การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในประเพณีไหลแพไฟ จังหวัดอุตรดิตถ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องปริซึมและทรงกระบอก

วิภาพร เวียงเงิน

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในประเพณีไหลแพไฟ จังหวัดอุตรดิตถ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องปริซึมและทรงกระบอก

วิภาพร เวียงเงิน

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ในประเพณีไหลแพไฟ จังหวัดอุตรดิตถ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องปริซึมและทรงกระบอก"

ของ วิภาพร เวียงเงิน

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล)

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

ชื่อเรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ในประเพณีไหลแพไฟ จังหวัดอุตรดิตถ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องปริซึมและทรงกระบอก

ผู้วิจัย วิภาพร เวียงเงิน

ประธานที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล

ประเภทสารนิพนธ์ การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. คณิตศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566

คำสำคัญ การเรียนรู้ STEM EDUCATION, ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์, ปริซึมและทรงกระบอก, ประเพณีไหลแพไฟ

บทคัดย่อ

การวิจัยวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION 2) พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก และ 3) ศึกษาผลการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในอำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 2 คน โดยวิธีการแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบบันทึกกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ชิ้นงานของนักเรียน และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยมีค่าความเชื่อมั่นที่ 0.879 ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (1) ขั้นระบุปัญหา ควรเป็นสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน (2) ขั้นรวบรวมข้อมูล ควรให้นักเรียนได้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง (3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ควรกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา (4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ควรกระตุ้นให้นักเรียนได้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการสร้างชิ้นงาน (5) ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา ควรมีการแสดงผลการทดสอบ โดยอาจให้นำเสนอชิ้นงานหน้าชั้นเรียนให้นักเรียนสามารถเห็นได้ชัดเจน (6) ขั้นนำเสนอผลการแก้ไขปัญหา ควรให้นักเรียนได้สะท้อนหรือตีความเกี่ยวกับการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เข้ามาแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงาน 2) นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้ โดยสามารถทำความเข้าใจปัญหาได้ดีที่สุด แต่มีความสามารถในการเตรียมความพร้อมที่จะดำเนินการแก้ปัญหาได้น้อยที่สุด และ 3) ผล

การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า ทั้งวงจรที่ 1 - 3 นักเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละอยู่ในระดับดี ร้อยละ 87.5, 75 และ 87.5 ตามลำดับ

Title USING STEM EDUCATION MANAGEMENT TO DEVELOP CREATIVE PROBLEM-SOLVING SKILLS IN THE UTTARADIT LAI PHAE FAI TRADITION OF GRADE 2 STUDENTS ON PRISMS AND CYLINDERS

Author Wipaporn Wiang-ngurn

Advisor Assistant Professor Dr. Sirinapa Kijkuakul

Academic Paper M.Ed. Independent Study in Mathematics Education, Naresuan University, 2023

Keywords STEM EDUCATION, Develop Creative Problem-Solving Skills, Prisms and Cylinders, Lai Phae Fai Tradition

ABSTRACT

This research aims to 1) study how to use STEM EDUCATION, 2) to develop the creative problem-solving skills of Mathayomsuksa 2 students in Prisms and Cylinders and 3) study the results of developing creative problem-solving skills of Mathayomsuksa 2 students in Prisms and Cylinders using STEM EDUCATION management. The target groups were 2 students studying in the 2nd semester of the 2022 academic year from one of the Educational Opportunity Expansion Schools in Tron District, Uttaradit Province with purposive sampling. The research instruments included activity form, reflective form, students' tasks, and a creative problem- solving skill test with the reliability level of 0.879. The data were analyzed through content analysis. The findings found that 1) the STEM EDUCATION approach needed 6 steps: (1) problem identification: it concerned the use of a situation that is relevant to students' everyday lives; (2) data gathering: students should be able to understand the various concepts involved in the situation; (3) process design for problem solving: this encouraged students to use mathematical concepts to solve problems; (4) planning and solving a problem, this enabled students to see the relationship between the mathematical concepts and tasks; (5) testing and improving the tasks, students needed to present them clearly in front of the class and (6) presenting solutions, this allowed students to reflect on how to use mathematical concepts to solve problems

or tasks. 2) Students can develop creative problem-solving skills by being able to understand the problem with the best ability but have the least ability to prepare to take an action, and 3) the results of developing creative problem-solving skills were found that in the 1st – 3rd cycles, the students had an average percentage in a good level of 87.5%, 75%, and 87.5% respectively.

ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการค้นคว้าอิสระสำเร็จสมบูรณ์ได้ อีกทั้งยังช่วยเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยสามารถก้าวข้ามอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในตลอดระยะเวลาที่ทำการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจาร์ ดร. วิเชียร ธำรงโสตถิสกุล อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีสิทธิ์ ปัญญายง อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และขอบคุณ นางนิตยา ใจคำ ครูชำนาญการพิเศษกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านป่าแดงห้วยหลวง จังหวัดเชียงราย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จนทำให้การค้นคว้าอิสระครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า

ขอขอบพระคุณ ดร.ปิยนาถ น่วมทอง ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านน้ำอ่าง (สำนักงานสลากกินแบ่งสงเคราะห์ที่ 163) จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวก และให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่งในการเก็บข้อมูล รวมทั้งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนบ้านน้ำอ่าง (สำนักงานสลากกินแบ่งสงเคราะห์ที่ 163) ที่ให้ความร่วมมือในการค้นคว้าอิสระครั้งนี้เป็นอย่างดี

กราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยเป็นกำลังใจที่สำคัญและคอยส่งเสริมสนับสนุนในทุก ๆ ด้านเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการศึกษาทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอนและมอบวิชาความรู้ให้นิสิตเป็นอย่างดี และขอบใจเพื่อนนิสิตปริญญาโทที่เป็นส่วนหนึ่งในการให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน

วิภาพร เวียงเงิน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

ประกาศคุณูปการ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาของปัญหา 1

คำถามของการวิจัย 5

จุดประสงค์ของการวิจัย 5

ขอบเขตการวิจัย 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 กลุ่มสาระ การเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 10

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEM EDUCATION 17

ทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 34

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 49
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย 49
รูปแบบการวิจัย 50
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 51
การเก็บรวบรวมข้อมูล 60
การวิเคราะห์ข้อมูล 60
บทที่ 4 ผลการวิจัย 68
ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก มีลักษณะอย่างไร 68
ตอนที่ 2 ผลพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION.... 102
บทที่ 5 บทสรุป 113
สรุป อภิปรายผลการวิจัย..... 113
ข้อเสนอแนะ 119
บรรณานุกรม..... 121
ภาคผนวก..... 129
ประวัติผู้วิจัย 186

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง 12

ตาราง 2 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง 14

ตาราง 3 แสดงการสอนบรูณาการแบบ STEM EDUCATION เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....17

ตาราง 4 แสดงคำถามวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....52

ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์แผนการจัดการเรียนรู้กับเวลา.....53

ตาราง 6 แสดงความสัมพันธ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเวลา.....55

ตาราง 7 แสดงการรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิง สร้างสรรค์.....62

ตาราง 8 แสดงรหัสและระดับคุณภาพตามความสอดคล้องพฤติกรรมทักษะการแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์.....63

ตาราง 9 แสดงผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) วงจรปฏิบัติที่ 1.....77

ตาราง 10 แสดงผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เรื่อง ปริมาตรของปริซึม (โครงประดับแพไฟ) วงจรปฏิบัติที่ 2.....89

ตาราง 11 แสดงผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนประดับแพไฟ) วงจรปฏิบัติที่ 3..... 100

ตาราง 12 สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของแต่ละองค์ประกอบการของวงจรปฏิบัติที่ 1..... 103

ตาราง 13 สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของแต่ละองค์ประกอบการของวงจรปฏิบัติที่ 2..... 105

ตาราง 14 สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของแต่ละองค์ประกอบการของวงจรปฏิบัติที่ 3..... 108

ตาราง 15 แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ 111

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย.....5

ภาพ 2 ลักษณะสำคัญ (Key features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา.....27

ภาพ 3 ระดับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 28

ภาพ 4 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....51

ภาพ 5 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 1 พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ).....70

ภาพ 6 ประเพณีไหลแพไฟ 71

ภาพ 7 ตัวอย่างการออกแบบแสดงความคิดเห็นของนักเรียนจากการออกแบบฐานของแพไฟเป็นรูปเรขาคณิต โดยกำหนดให้ฐานเป็นรูปทรงปริซึมและลอยน้ำได้ 73

ภาพ 8 ตัวอย่างการออกแบบฐานของแพไฟเป็นรูปเรขาคณิต โดยกำหนดให้ฐานเป็นรูปทรงปริซึมและลอยน้ำได้ 75

ภาพ 9 ตัวอย่างการคิดค้นหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมจากการค้นคว้าทางอินเตอร์เน็ต.....77

ภาพ 10 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 2 ปริมาตรของปริซึม...82

ภาพ 11 ตัวอย่างการคิดค้นหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องปริมาตรของปริซึมจากการเขียนแบบร่าง (โครงประดับแพไฟ) ได้อย่างสร้างสรรค์โดยใช้ โปรแกรม Power Point 84

ภาพ 12 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7 .1 84

ภาพ 13 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7.2.....85

ภาพ 14 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7.3.....85

ภาพ 15 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 2 86
ภาพ 16 ตัวอย่างการออกแบบออกแบบโครงประดับแพไฟ.....86
ภาพ 17 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 5 87
ภาพ 18 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 4 87
ภาพ 19 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 3 พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนประดับแพไฟ).....93
ภาพ 20 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1 94
ภาพ 21 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1 94
ภาพ 22 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1 95
ภาพ 23 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7 95
ภาพ 24 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7 95
ภาพ 25 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7 96
ภาพ 26 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7 96
ภาพ 27 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7 96
ภาพ 28 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7 97
ภาพ 29 ตัวอย่างการออกแบบออกแบบรูปทรงของเทียนไข 98
ภาพ 30 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1 98

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความเป็นนามธรรมสูง จนบางครั้งนักเรียนไม่สามารถมองเป็นรูปธรรมเพื่อสร้างความเข้าใจได้ โดยเฉพาะการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในเนื้อหา เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก เป็นเนื้อหาในสาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต ศึกษาเกี่ยวกับการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปทรงเรขาคณิตสามมิติ สมบัติของรูปและตำแหน่งในปริภูมิ เป็นวิชาที่ฝึกทักษะในด้านมิติสัมพันธ์ และการให้เหตุผลแบบต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน และเป็นพื้นฐานของหลายสาขาวิชา ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรมเข้าใจได้ยาก มีเนื้อหาที่ละเอียดเน้นทางด้านการคำนวณและทฤษฎี หากขาดความเข้าใจอย่างถ่องแท้จึงไม่สามารถเข้าใจได้ ซึ่งปัจจุบันครูมุ่งสอนเนื้อหานามธรรมมากกว่าการเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับคณิตศาสตร์ นักเรียนจึงไม่สามารถเรียนคณิตศาสตร์จากนามธรรมสู่รูปธรรมได้ ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงมีทัศนคติไม่ดีกับวิชาคณิตศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนขาดทักษะในการคิดคำนวณ และทักษะการคิดแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์ (จิระประภา คำภาเกะ, 2563) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ระบุไว้ว่าการส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญนั้นคือ การเตรียมนักเรียนให้มีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของโลกในปัจจุบัน ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จนั้น จะต้องเตรียมนักเรียนให้มีความพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ พร้อมที่จะประกอบอาชีพเมื่อจบการศึกษา หรือสามารถศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น

ในปัจจุบันการดำรงชีวิตแตกต่างจากสมัยอดีตกล่าวคือ สภาพบริบทในยุคปัจจุบันมีความก้าวกระโดดทางเทคโนโลยี มีวิถีชีวิตที่ใช้เทคโนโลยีเป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินชีวิต ดังนั้นการศึกษาที่ส่งเสริมทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตในอนาคต ซึ่งทักษะในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ พื้นฐานของทักษะที่สำคัญอีกหลายประการ จึงถือได้ว่าการคิดที่ครอบคลุมกระบวนการคิดขั้นสูงทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) การคิดอย่างสร้างสรรค์ (Creative Thinking) และการคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking) ที่จัดเป็นการคิดที่สำคัญสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งช่วยให้นักเรียนพัฒนาได้ตรงตามเป้าหมายและแผนการศึกษาแห่งชาติ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, น. 78-80) ซึ่งสอดคล้องกับ

วิสัยทัศน์ของแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560 – 2579 ที่กล่าวว่า คนไทยทุกคนต้องได้รับการศึกษาและเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ ดำรงชีวิตอย่างเป็นสุขและสอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และการเปลี่ยนแปลงของโลกศตวรรษที่ 21 เป็นนักคิด นักแก้ปัญหา ซึ่งความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) เป็นความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ แนวคิด หรือวิธีการ ที่รู้จักการคิดสร้างหรือจัดกระทำสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมาเอง เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการ โดยใช้หลักการสร้างสรรค์และหาแนวทางในการประดิษฐ์ขึ้น ทั้งนี้การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไม่ใช่กระบวนการในทางองค์ความรู้หรือเทคนิคสำหรับการแก้ปัญหา แต่เป็นการใช้ความเชี่ยวชาญของตนเองในการสร้างมิติของการปฏิบัติ และเป็นความพยายามต่อการใช้ศักยภาพทางสติปัญญาของมนุษย์ให้สามารถคิดค้นสิ่งใหม่ๆ ซึ่งผลจากความคิดสร้างสรรค์ยังเป็นหนทางสู่การเกิดนวัตกรรมและเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์อีกด้วย การแก้ปัญหาอย่าสร้างสรรค์จึงเป็นลักษณะที่มีคุณค่าต่อบุคคลและสังคมอย่างยิ่ง และสมควรที่จะต้องได้รับการส่งเสริมให้เกิดขึ้นในตัวบุคคล โดยเฉพาะทางการศึกษาจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดขึ้นในการเรียนการสอนเพื่อนำไปสู่ตัวนักเรียนและสร้างพัฒนาอนาคตต่อในสังคม (ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์, 2561, น. 60-61)

ในปัจจุบันการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในประเทศไทย ยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งจะเห็นได้จาก ผลการประเมินนักเรียนในระดับนานาชาติ ชื่อโครงการ Programme for International Student Assessment หรือ PISA ดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development) หรือ OECD จากผลการประเมินของ PISA 2003 ที่เน้นการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหา ที่พัฒนาขึ้นภายใต้กรอบโครงสร้างของการประเมินการแก้ปัญหาของ PISA อย่างเคร่งครัด (OECD PISA Collaborative Problem-Solving Expert Working Group, 2013) มีองค์ประกอบดังนี้ 1) แบบของปัญหา ที่ครอบคลุมปัญหา 3 แบบ ได้แก่ การตัดสินใจ การวิเคราะห์ระบบและออกแบบ และแก้ไขจุดขัดข้อง 2) บริบทปัญหา เป็นสถานการณ์ที่คาดว่านักเรียนจะพบในชีวิตจริง ทั้งการทำงาน การบันเทิง ในชุมชนและสังคม 3) กระบวนการแก้ปัญหา ที่บอกถึงความสามารถของนักเรียนที่จะเผชิญหน้ากับปัญหาและแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์ ซึ่งผลการประเมินพบว่า มีนักเรียนของไทยเพียง 3% เท่านั้นที่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาอยู่ที่ระดับสูงสุด ระดับ 3 และมีนักเรียนไทยกว่า 41% ที่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน 1) จากผลการประเมินของ PISA ในครั้งต่อมา ในปี ค.ศ. 2012 2015 และ 2018 ตามลำดับพบว่า ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาของนักเรียนมีแนวโน้มที่ดีขึ้น แต่ยังมีนักเรียนไทยที่มีระดับการแก้ปัญหาต่ำเป็นลัดส่วนที่สูง ซึ่งหมายความว่านักเรียนไทยนั้นมีสมรรถนะในการแก้ปัญหาอยู่ที่ระดับต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน

เหล่านี้ นักเรียนจะพบความยุ่งยากในการตัดสินใจ วิเคราะห์ หรือประเมินระบบ และไม่สามารถเผชิญหน้ากับปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ ดังนั้นนักเรียนในระดับนี้ถือว่าจัดเป็นกลุ่มเสี่ยงซึ่งยากที่จะพบความสำเร็จเมื่อเปลี่ยนไปอยู่ในโลกของการทำงานหรือในการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นและยังสะท้อนให้เห็นว่า ประเทศไทยมีความล้มเหลวในด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนขาดการคิดและการแก้ปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

จากบริบทของโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการเรียนการสอน เป็นโรงเรียนขยายโอกาสตั้งอยู่ในชุมชนแห่งหนึ่งในอำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งห่างจากตัวเมือง ประมาณ 25 กิโลเมตร ซึ่งชุมชนแห่งนี้มีแม่น้ำน่านไหลผ่านซึ่งเปรียบเสมือนเส้นเลือดใหญ่ที่หล่อเลี้ยงประชาชนชาวเมืองตรอนมาโดยตลอด เพราะอาชีพหลักของประชาชน คือ ทำการเกษตร คนในชุมชนจึงพร้อมใจกันจัดงานประเพณีไหลแพไฟ เป็นพิธีขอบคุณพืชพันธุ์ธัญญาหารและสายน้ำ รวมถึงแสดงวิถีชีวิตของชาวบ้านในอำเภอตรอน ซึ่งจัดเป็นประจำทุกปี ประเพณีไหลแพไฟที่ชาวบ้านยึดถือเป็นสิ่งที่ยึดเหนี่ยวจิตใจพวกเขาสืบต่อกันมาไม่ว่าสังคมจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร จะเห็นได้ว่าบริบทของชุมชนก็ยังคงให้ความสำคัญกับแม่น้ำ ลำคลองเป็นอย่างมาก เนื่องด้วยพื้นที่และอาชีพส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรม โดยในงานประเพณีไหลแพไฟ จะมีการประกวดแพไฟของชาวบ้านในแต่ละชุมชน เพื่อเป็นการขอขมาและระลึกถึงพระคุณพระแม่คงคา บูชารอยพระพุทธบาทและบูชาเทพเจ้า ตามคติความเชื่อและเพื่อรู้ถึงคุณค่าของน้ำหรือแม่น้ำลำคลอง อันเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต จากการสอบถามชาวบ้านในชุมชน พบว่าในสมัยก่อนชาวบ้านได้ทำแพไฟจากวัสดุธรรมชาติก็ คือ ไม้ไผ่ ทำแพไฟขนาดเล็ก ๆ และมีการจุดเทียนไว้ในแพไฟแล้วนำแพไฟไปลอยให้ไหลไปตามลำน้ำ และชาวบ้านมีความเชื่อหากแพไฟที่ทำขึ้นนอกจากจะให้มีความสวยงามแล้วแพไฟต้องลอยไปได้ไกล เทียนในแพไฟไม่ดับระหว่างลอย จะแสดงให้เห็นว่าการทำนายเกี่ยวกับการเกษตรในปีถัดไปจะเป็นไปด้วยความราบรื่นหรือการดำรงชีวิตในอนาคตอย่างมีความสุข ซึ่งหากพิจารณาตามหลักวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์แล้วนั้น แพไฟมีความไม่สมบูรณ์จึงทำให้ขาดสมดุล เกิดการจมก่อนจะลอยไปได้ไกล เอียง หรือคว่ำขณะลอยได้ และอีกปัญหาที่มักพบในขณะลอยแพไฟ ก็คือ เทียน ซึ่งเทียนมีขนาดเล็ก ตั้งได้ยาก ดับไว จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นดังกล่าวส่งผลต่อความเชื่อของชาวบ้านในชุมชนเป็นอย่างมาก ผู้ทำวิจัยจึงวิเคราะห์ได้ว่าการทำแพไฟนั้นควรมีลักษณะที่ไม่เล็กหรือใหญ่จนเกินไปให้มีความสมดุลกับเทียนหรือสิ่งของที่ตกแต่งภายในแพเพื่อไม่ให้เกิดการเอียงไปทางใดทางหนึ่งที่จะเป็นเหตุให้แพจมลง ซึ่งขนาดของเทียนที่กล่าวมานั้นพิจารณาตามหลักวิทยาศาสตร์ควรมีขนาดที่พอดีไม่เล็กหรือใหญ่เกินไปในพื้นที่ในแพ ตั้งง่าย เทียนที่มีขนาดพอดีจะทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศและหากมีขนาดใหญ่เกินไปจะส่งผลให้ไม่มีพื้นที่ให้อากาศเข้ามาเทียนจะดับง่ายและหากเล็กเกินไปก็จะส่งผลให้มีอากาศเข้ามาเกินไป เทียนก็จะดับง่ายเช่นกัน จะเห็นได้ว่าจะต้องคำนึงถึงขนาดพื้นที่ของแพเป็นหลักซึ่งต้องพิจารณาตามหลักของ

คณิตศาสตร์ในการคำนวณ จะทำให้เกิดความสมดุลระหว่างแพและเทียนทำให้เทียนสามารถดับช้าและแพไหลตามน้ำได้โดยไม่จมลง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สสวท. ซึ่งเป็นหน่วยงานของรัฐบาลที่จัดตั้งขึ้นเพื่อศึกษาวิจัย และพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศไทย จึงมุ่งหน้าขับเคลื่อนการพัฒนา “STEM” ซึ่งเป็นคำย่อของ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เป็นหนึ่งแนวคิดในการพัฒนานักเรียนให้เกิดทักษะดังกล่าวได้เป็นอย่างดี และเชื่อมโยงกับอาชีพได้ อีกทั้งเป็นกระบวนการที่จะช่วยยกระดับสมรรถนะของนักเรียนไทยในการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา ซึ่งสะเต็มศึกษาส่งเสริมการเรียนการสอนให้เป็นแบบบูรณาการทั้งสี่วิชาเข้าด้วยกัน โดยแต่ละวิชามีความสำคัญเหมือนกันและมีแนวคิดหลักของตนเอง ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ โดยต้องให้นักเรียนนำความรู้ ทุกแขนงสาขาวิชามาใช้ในการแก้ปัญหา เน้นการนำปัญหาที่มีอยู่จริงในชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจเป็นปัญหาเชิงการผลิต ปัญหาเชิงสิ่งแวดล้อม ปัญหาภัยพิบัติต่าง ๆ ที่กำลังเป็นประเด็นทางสังคม มาให้นักเรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณ และออกแบบชิ้นงาน ภายใต้เงื่อนไขทางสังคม เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาเหล่านั้นได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2555) อย่างไรก็ตาม สภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตามสภาพจริง ครูจำนวนมากยังคงใช้วิธีการสอนแบบอธิบายประกอบการยกตัวอย่างให้นักเรียนฟัง สิ่งที่นักเรียนได้เพียงแค่ท่องจำเท่านั้น แต่ไม่ได้ฝึกกระบวนการคิดเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ (กิตติ พัฒนตระกูลสุข, 2546, น. 54-58) จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยแสดงให้นักเรียนเห็นเป็นรูปธรรมจึงมีความสำคัญเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ที่มีการจัดการเรียนรู้ที่ยังคงเน้นรูปแบบ การบรรยายอันเนื่องมาจากระยะเวลาการเรียนการสอนที่มีจำนวนจำกัด แต่เนื้อหาในหลักสูตรที่นักเรียนต้องเรียนมีจำนวนมาก ผู้สอนจึงต้องจัดการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาสาระวิชาครบตามที่หลักสูตรได้กำหนดไว้

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ในประเพณีไหลแพไฟ จังหวัดอุตรดิตถ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก เพื่อเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่จะพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนให้ดีขึ้นทำให้นักเรียนสามารถที่จะนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งใน อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไปให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไป

คำถามของการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก มีลักษณะอย่างไร

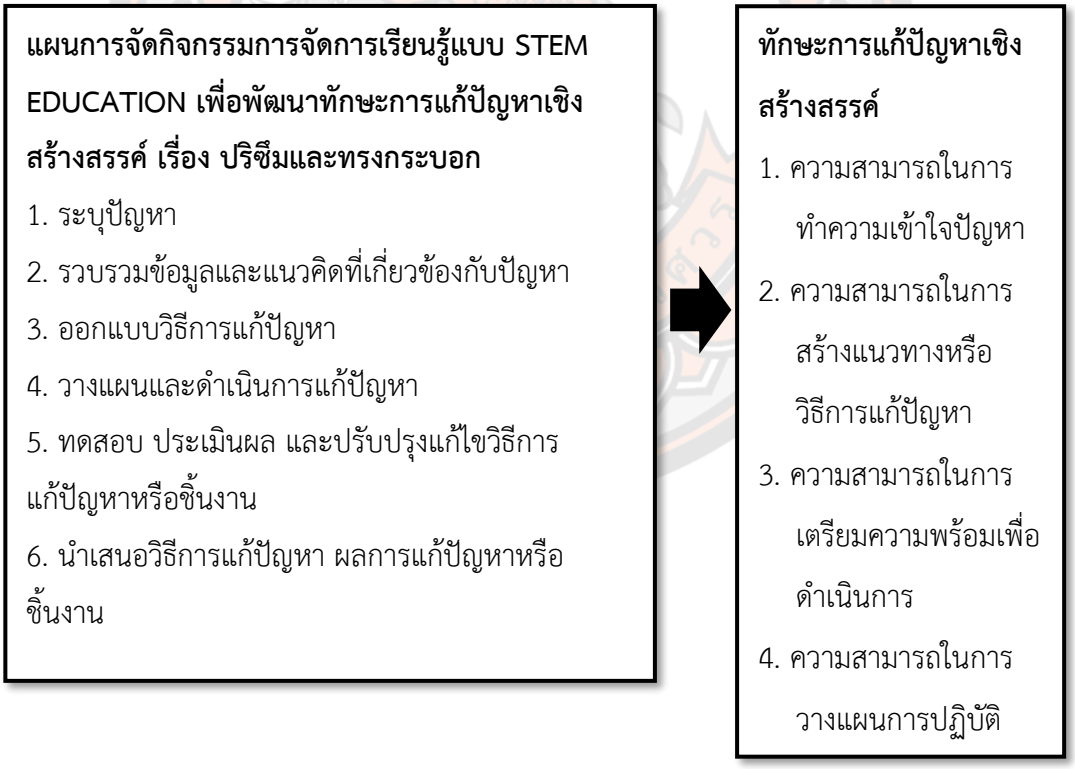
2. ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

จุดประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

2. เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

3. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION



ภาพ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

1. ผู้มีส่วนร่วมวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2565 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุตรดิตถ์ เขต 1 จำนวน 2 คน

2. สิ่งที่ศึกษา

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบ STEM

2.2 ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ระบุไว้ในสาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้ ตัวชี้วัด ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง และ ค 2.1 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริงจากแบบเรียนคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย 1) พื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม 2) พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก 3) การประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอก จำนวน 3 แผน 12 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก หมายถึง กิจกรรมที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด โดยใช้สถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์ และหาแนวทางแก้ไขปัญหาโดยนำสาระ/ทักษะกระบวน โดยการบูรณาการความรู้ใน 4 วิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และ คณิตศาสตร์ (M) โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริง โดยมีกระบวนการเรียนรู้ ตามแนวทาง STEM Education ที่อาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012 อ้างถึงในสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, น. 16-17) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหา ทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้ (1) การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง (2) การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือชิ้นงาน ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย

ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาที่มีกระบวนการคิดที่อาศัยความรู้ เนื้อหา บนหลักการทางคณิตศาสตร์ ผนวกกับจินตนาการและวิจารณญาณ ซึ่งสามารถคิดได้หลากหลายทิศทาง หลากหลายแง่มุม เพื่อนำไปสร้างองค์ความรู้หรือ

สิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ แตกต่างไปจากเดิม ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ตามแนวคิดของ OECD (2019) จากสถานการณ์ในบริบทของชุมชน วิเคราะห์ วางแผนและเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา มีการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน ร่วมกับข้อเท็จจริงที่มีอยู่ มาใช้ในการแก้ปัญหาประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่

องค์ประกอบที่ 1 ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Challenge) นักเรียนมีการตรวจสอบเป้าหมาย โอกาส หรืออุปสรรคในภาพรวมของปัญหา รวมถึงการสร้างความคิดเพื่อกำหนดทิศทางหลักในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 2 ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา (Generating Ideas) นักเรียนหา/สร้างแนวทางที่มีความเป็นไปได้ใหม่ๆ หลากหลายแนวทาง จากมุมมองความคิดเชิงสร้างสรรค์ จากนั้นจึงพิจารณาแนวทาง/แนวคิดที่ได้สร้างขึ้นและระบุแนวทางที่น่าสนใจที่อาจจะนำไปปรับ พัฒนา และนำไปใช้ดำเนินการแก้ปัญหาได้

องค์ประกอบที่ 3 ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ (Preparing for Action) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสำรวจหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มจะสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้จริง และเตรียมความพร้อมสำหรับการดำเนินการให้ประสบความสำเร็จ

องค์ประกอบที่ 4 ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ (Planning Your Approach) นักเรียนพิจารณาแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีการปฏิบัติจริงให้ได้ทิศทางตามที่ต้องการ เพื่อวางแผนองค์ประกอบ ขั้นตอน หรือเครื่องมือของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้มีความเหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ซึ่งวัดได้จากแบบบันทึกกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และชิ้นงานของนักเรียน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการนำกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา

2. ส่งเสริมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน ในรายวิชาคณิตศาสตร์ ที่สามารถนำทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ในประเพณีไหลแพไฟ จังหวัดอุตรดิตถ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึม และทรงกระบอก ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์

1.2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางคณิตศาสตร์

1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.4 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.5 ศาสตร์สาขาของสะเต็มศึกษา

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEM EDUCATION

2.1 ความสำคัญและนิยาม STEM EDUCATION

2.2 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

2.4 บทบาทของครูผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM EDUCATION

2.5 การวัดและประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM EDUCATION

3. ทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3.1 ความหมายของทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3.2 องค์ประกอบของทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3.3 กระบวนการในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3.4 การวัดและประเมินผลของทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์

คุณภาพนักเรียนเมื่อนักเรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.1 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนจริง ความสัมพันธ์ของจำนวนจริง สมบัติของจำนวนจริง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.3 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.4 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรและอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.5 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพหุนาม การแยกตัวประกอบของพหุนาม สมการกำลังสองและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

1.6 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคู่อันดับ กราฟของความสัมพันธ์ และฟังก์ชันกำลังสองและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.7 มีความรู้ความเข้าใจทางเรขาคณิตและใช้เครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตอื่น ๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิตตลอดจน นำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.8 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการหำความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติ และรูปเรขาคณิตสามมิติ

1.9 มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวยและทรงกลม และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.10 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของเส้นขนาน รูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการรูปสามเหลี่ยมคล้าย ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.11 มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการแปลงทางเรขาคณิต และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.12 มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.13 มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องทฤษฎีบทเกี่ยวกับวงกลม และนำความรู้ความเข้าใจใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

1.14 มีความรู้ความเข้าใจทางสถิติในการนำเสนอข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมายข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับแผนภาพจุด แผนภาพต้น-ใบ ฮิสโทแกรม ค่ากลางของข้อมูล และแผนภาพกล่องและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริงโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

1.15 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความน่าจะเป็นและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

2. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางคณิตศาสตร์

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเน ขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของ รูปเรขาคณิตความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในที่นี้ เน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียนได้แก่ความสามารถต่อไปนี้

2.1 การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์วางแผนแก้ปัญหา และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องการสื่อสารและการสื่อความหมาย ทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้รูป ภาษาและสัญลักษณ์ ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอ ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน

2.2 การเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง

2.3 การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้ง เพื่อนำ ไปสู่การสรุปโดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ

2.4 การคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิมหรือสร้างแนวคิดใหม่เพื่อปรับปรุงพัฒนาองค์ความรู้

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตาราง 1 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ค2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	<u>พื้นที่ผิว</u> - การหาพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอก - การนำความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา
ค2.1 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	<u>ปริมาตร</u> - การหาปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอก - การนำความรู้เกี่ยวกับปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา

3. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
คุณภาพนักเรียนเมื่อนักเรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.1 เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ การดำรงชีวิตของพืช การตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงของยีน หรือโครโมโซมและตัวอย่างโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมประโยชน์และผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดพลังงานในสิ่งมีชีวิต

3.2 เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของธาตุ สมบัติของสารละลาย สารบริสุทธิ์ สารผสม หลักการแยกสาร การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3.3 เข้าใจแรงลัพธ์และผลของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ แรงเสียดทาน การหมุนของวัตถุ โมเมนต์ของแรง แรงที่ปรากฏในชีวิตประจำวัน ความสัมพันธ์ระหว่างงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางไฟฟ้า หลักการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้านพลังงานไฟฟ้า และหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.4 เข้าใจสมบัติของคลื่น และลักษณะของคลื่นแบบต่าง ๆ เสียง การสะท้อน การหักเห และความเข้มของแสง

3.5 เข้าใจตำแหน่งของกลุ่มดาวฤกษ์บนท้องฟ้า สมบัติและองค์ประกอบของดาวเคราะห์แต่ละดวงในระบบสุริยะ และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก ความสำคัญและประโยชน์ในการใช้งานของเทคโนโลยีอวกาศสมบัติและประโยชน์ของบรรยากาศแต่ละชั้นที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

3.6 เข้าใจระบบโลก โครงสร้างของโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาบนโลกและใต้ผิวโลกกระบวนการเกิดซากตึกตำบรรพ์ การเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ กระบวนการเกิดธรณีพิบัติภัย และปรากฏการณ์เรือนกระจกที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

3.7 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี ได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม ประยุกติใช้ความรู้ ทักษะและทรัพยากรเพื่อออกแบบและสร้างผลงานสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน หรือการประกอบอาชีพ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมทั้งเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัยรวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

3.8 นำข้อมูลปฐมภูมิเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ ประเมิน นำเสนอข้อมูลและสารสนเทศได้ตามวัตถุประสงค์ ใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง และเขียนโปรแกรมอย่างง่ายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีสารสนทศและการสื่อสารอย่างรู้เท่าทันและรับผิดชอบต่อสังคม

3.9 ตั้งคำถาม หรือกำหนดปัญหาที่เชื่อมโยงกับพยวนหลักฐาน หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มี

3.10 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบจากพยานหลักฐานใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการแปลความหมายและลงข้อสรุป และสื่อสารความคิดความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบหลากหลายรูปแบบ หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างเหมาะสม

3.11 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในสิ่งที่จะเรียนรู้ มีความคิดสร้างสรรค์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาตามความสนใจของตนเอง โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ แสดงความคิดเห็นของตนเอง รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้น หรือโต้แย้งจากเดิม

3.12 ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดคัน เข้าใจผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบของการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ต่อสิ่งแวดล้อมและต่อบริบทอื่น ๆ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

3.13 แสดงถึงความชาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า มีส่วนร่วมในการพิทักษ์ ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางวิทยาศาสตร์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะ การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และ ศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตาราง 2 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว2.1 ม.1/10 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และแบบจำลอง	- เมื่อทำให้อุณหภูมิของของเหลวลดลงจนถึงระดับหนึ่ง ของเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งเรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดเยือกแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิเดียวกับจุดหลอมเหลวของของแข็งนั้น

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 2.2 ม.2/4 วิเคราะห์แรงพยุงและการจมการลอยของวัตถุ ในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์	- เมื่อวัตถุอยู่ในของเหลว จะมีแรงพยุงเนื่องจาก ของเหลวกระทำต่อวัตถุโดยมีทิศขึ้นในแนวดิ่ง การจมหรือการลอยของวัตถุขึ้นกับน้ำหนักของ วัตถุและแรงพยุง ถ้าน้ำหนักของวัตถุและแรงพยุงของของเหลวมีค่าเท่ากัน วัตถุจะลอยนิ่งอยู่ใน ของเหลว แต่ถ้าน้ำหนักของวัตถุมีค่ามากกว่า แรงพยุงของของเหลววัตถุจะจม
ว4.1 ม.2/4 ทดสอบ ประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไขพร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา	- การทดสอบและประเมินผลเป็นการตรวจสอบชิ้นงาน หรือวิธีการว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหาข้อบกพร่อง และดำเนินการปรับปรุงให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ - การนำเสนอผลงานเป็นการถ่ายทอดแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานและชิ้นงานหรือวิธีการที่ได้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเขียนรายงานการทำแผ่นนำเสนอผลงาน การจัดนิทรรศการ
ว4.2 ม.2/4 ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างปลอดภัย มีความรับผิดชอบ สร้างและแสดงสิทธิในการเผยแพร่ผลงาน	- การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีความรับผิดชอบ เช่น ตระหนักถึงผลกระทบในการเผยแพร่ข้อมูล

5. ศาสตร์สาขาของสะเต็มศึกษา

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้ให้ศาสตร์ของสะเต็มศึกษาไว้มากมาย ดังนี้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 50 อ้างถึงใน จุฑารัตน์ เกาะหวาย, 2563, น. 22 - 23) ได้กล่าวถึงจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชาไว้ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจ กระตือรือร้น รู้สึกท้าทาย และเกิดความมั่นใจในการเรียนรู้ ซึ่งจะส่งผลให้ประสบความสำเร็จในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้น

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ โดยใช้กระบวนการทางเทคโนโลยีที่เรียกว่าการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงไม่ได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือไอซีทีเท่านั้น

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่เกี่ยวเนื่องกับความคิดสร้างสรรค์ ส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

คณิตศาสตร์ (M) ประการแรก เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (mathematical thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดรูปแบบ การระบุ

รูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์ เด็กสามารถถ่ายทอดความคิดหรือเข้าใจความคิดรวบยอด โดยการสื่อสารผ่านภาษาทางคณิตศาสตร์ได้ เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า เป็นต้น ประการสุดท้ายคือการส่งเสริมคณิตศาสตร์ขั้นสูง (higher-level mathematical thinking) จากกิจกรรมการเล่นหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559, น. 13-14 อ้างถึงใน จุฑารัตน์ เกาะหวาย, 2563 หน้า 23 - 24) สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงความรู้และบูรณาการความรู้จากศาสตร์ 4 วิชาดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science) หมายถึง ความรู้และกฎความเป็นจริงที่อยู่ในธรรมชาติรอบตัว ทั้งที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ คน สัตว์ พืช สิ่งของ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้การสืบค้นทดลอง พิสูจน์ และเรียนรู้เพื่อหาความจริงที่เกิดขึ้นในโลก

เทคโนโลยี (Technology) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมาใช้ประโยชน์ให้ดีขึ้นด้วยการใช้ความรู้ ความคิด และเทคนิคต่าง ๆ หรืออาจเป็นการพัฒนาและนำสิ่งต่าง ๆ มาแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ในการทำงานและในชีวิตประจำวัน เช่น การหาข้อมูลคอมพิวเตอร์ การพิมพ์บนคอมพิวเตอร์แทนการเขียน ทำให้บันทึกข้อความได้รวดเร็วเป็นระเบียบและสามารถเก็บข้อมูลได้

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) หมายถึง การออกแบบ แก้ปัญหาและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา สร้างสรรค์ และอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ซึ่งวิศวกรรมศาสตร์มักควบคู่ไปกับเทคโนโลยี

คณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึง หลักการในการใช้สมการและวิธีต่าง ๆ ในการคำนวณ เพื่อแก้ปัญหา หาผลลัพธ์ และหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับจำนวน ตัวเลข พื้นผิว เรขาคณิตโครงสร้าง

จากแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาของนักวิชาการทางการศึกษาหลายท่าน พบว่า สะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบสหวิทยาการที่ไม่ใช่การสอนแบบแยกส่วน แต่เป็นลักษณะบูรณาการของศาสตร์ทั้ง 4 ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยผนวกกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อให้นักเรียนได้กระบวนการการนำความรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ นักวิชาการทางการศึกษาแต่ละท่านอธิบายจุดเด่นของแต่ละวิชาแตกต่างกันออกไป ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดของนักวิชาการทางการศึกษามาจัดทำองค์ประกอบของการสอนบรูณาการแบบสะเต็ม เรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 3 แสดงการสอนบรูณาการแบบ STEM EDUCATION เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
- ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง - ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	- อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และแบบจำลอง - วิเคราะห์แรงพยุงและการจม การลอยของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์	- การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้ หลากหลายวิธี เช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพ การเขียนผังงาน - ใช้โปรแกรม PowerPoint ในการออกแบบได้	ทดสอบ ประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไขพร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEM EDUCATION

1. ความสำคัญและนิยาม STEM EDUCATION

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นกรอบแนวคิดการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการศาสตร์หรือสาขาวิชาทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยปัจจุบันเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เป็นที่รู้จักมากที่สุดรูปแบบหนึ่ง เนื่องจากเป็นนโยบายเพื่อขับเคลื่อนประเทศโดยเฉพาะด้านการศึกษา (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) โดยถูกกำหนดให้เป็นเป้าหมายการจัดการศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบัน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ทั้งนี้เพราะการเร่งรัดพัฒนาองค์ความรู้ กรอบแนวคิดและนวัตกรรมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ หรือที่บัญญัติศัพท์ว่าสะเต็ม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ได้ถูกผลักดันให้เป็นแผนปฏิบัติการในระดับชาติ ดังจะเห็นได้จากการนำเสนอรายงานข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษา นโยบายเชิงรุกเพื่อพัฒนาเยาวชนและกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของคณะกรรมาธิการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสารสนเทศต่อประธานสภานิติบัญญัติแห่งชาติ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) และการประกาศนโยบายโดยรัฐบาล ทั้งนี้ความคาดหวังคือ การมุ่งสร้างกำลังคน (ด้านสะเต็ม) เพื่อผลักดันประเทศออกจากกับดักรายได้ปานกลาง (Middle Income Trap) (Jitsuchon, 2012, Pasuk, & Pornthep, 2012) เพื่อยกระดับประเทศเข้าสู่ประเทศไทย 4.0

ที่มุ่งเน้นการพัฒนาประเทศด้วยนวัตกรรม (Maesincee, 2016) ผ่านการพัฒนากลุ่มทักษะขั้นสูงที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิตของพลเมืองในปัจจุบันและอนาคต เช่น ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (ธารทิพย์ ขัวนา, 2562) การเตรียมพร้อมสมรรถนะสำคัญเพื่อตัดสินใจและแก้ปัญหาที่ซับซ้อนทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ความเคลื่อนไหวเกี่ยวกับสะเต็มและสะเต็มศึกษามีความเป็นสากล เป็นประเด็นที่หลายประเทศให้ความสนใจ โดยมีการกำหนดเป้าหมายด้านการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความรู้และทักษะในสาขา สะเต็ม ยกตัวอย่างเช่น อังกฤษ ออสเตรเลีย สิงคโปร์ ญี่ปุ่น เกาหลี (Fan, & Ritz, 2014; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) ตัวอย่างของประเทศที่มีความเคลื่อนไหวด้านสะเต็มและสะเต็มศึกษาอย่างชัดเจนคือประเทศสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดให้สะเต็มเป็นแกนของมาตรฐานการศึกษาที่ประกาศในระดับประเทศ ด้วยการประกาศใช้มาตรฐานการศึกษา Next Generation Science Standards (NGSS) (NGSS Lead States, 2013; Moore et al., 2015) ทั้งนี้นโยบายของรัฐบาลกลางสหรัฐอเมริกาต้องการให้แต่ละมลรัฐนำไปปฏิบัติ มีการกำหนดกรอบการดำเนินงานครอบคลุมทั้งระบบ ตั้งแต่การกำหนดนิยามที่ครอบคลุมคำว่า สะเต็ม การกำหนดอาชีพในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ สะเต็ม การทำวิจัยและพัฒนาจนถึงการป้อนกำลังคนด้านสะเต็มเข้าสู่ภาควิชาชีพ (Feder, Ferrini-Mundy, & Heller-Zeisler, 2011)

จากความสำคัญของสะเต็มศึกษาและความจำเป็นในการพัฒนานักเรียน หลายหน่วยงานได้ริเริ่มโครงการเพื่อสร้างกิจกรรมและการดำเนินงานตามนโยบายสะเต็มศึกษาเพื่อให้ครูสามารถนำไปจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งหวังให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจด้านเนื้อหา ทักษะและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้ ทั้งนี้มีการสร้างกิจกรรมสะเต็ม (สะเต็มศึกษาประเทศไทย, 2558) หรือต้นแบบแนวทางการเรียนรู้และจากนั้นก็ทำการอบรมขยายผลเพื่อให้ครูนำไปใช้ โดยกรอบแนวคิดของการดำเนินงานของแต่ละหน่วยงาน มีจุดเน้นที่แตกต่างกัน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเน้นกิจกรรมที่มีการบูรณาการสาขาวิชาทั้ง 4 ในระดับที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ ระดับภายในสาขาวิชา (Disciplinary) ต่างพหุสาขาวิชา (Multidisciplinary) (สหสาขาวิชา) (Interdisciplinary) และข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) (สะเต็มศึกษาประเทศไทย, 2558) โครงการเพาะพันธุ์ปัญญาได้เน้นกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาขั้นสูงผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานฐานวิจัย (Research-based Learning) (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2559) ในขณะที่สำนักงานคณะกรรมการพัฒนานโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ได้เน้นการใช้ประเด็นของเทคโนโลยีเพื่ออนาคตกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและเป็นสื่อในการเรียนรู้จากสถานการณ์จริงไปสู่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เช่น รถไฟฟ้าความเร็วสูง กระทรวงพลังงานร่วมกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ออกแบบกิจกรรมสะเต็มที่เน้นพลังงาน เป็นต้น

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งเป็นองค์กรหลักที่ดำเนินการพัฒนาด้านสะเต็มศึกษา โดย ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. มนตรี จุฬาวัฒนทล ในฐานะประธานคณะกรรมการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้นำเสนอแนวคิดการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาเป็นวิสัยทัศน์ของ สสวท. (Chulawattanatorn, 2012) ผ่านเอกสารกรอบความคิด “การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ หรือสะเต็มศึกษา (Science, Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education)” ซึ่งนับได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการกำหนดวิสัยทัศน์เชิงนโยบายของสะเต็มศึกษาในประเทศไทย เนื้อหาเอกสารว่าด้วยการนำเสนอและแนะนำให้รัฐบาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาดังนี้ 1) ส่งเสริมความร่วมมือของหน่วยงานระดับชาติและนานาชาติในการให้ความสำคัญและกำหนดเป้าหมายเกี่ยวกับสะเต็มร่วมกัน 2) ก่อตั้งศูนย์สะเต็มศึกษา 3) ยกย่องเชิดชูบุคลากรด้านสะเต็มและสะเต็มศึกษา 4) กระตุ้นให้นักการศึกษาและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องตระหนักในความสำคัญของสะเต็มศึกษา 5) รวบรวมและนำเสนอสื่อและแหล่งเรียนรู้เกี่ยวกับสะเต็มเพื่อให้นักเรียนและประชาชนทั่วไปสามารถเข้ามาใช้ได้ เช่น การตั้งแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ และ 6) สร้างหอเกียรติยศสะเต็ม (STEM Hall of Fame) เพื่อเชิดชูบุคลากรใน สายอาชีพสะเต็มเพื่อสร้างแรงบันดาลใจให้กับนักเรียนในการเติบโตไปประกอบอาชีพสาขาสะเต็มในอนาคตซึ่งในปัจจุบันได้มีหน่วยงานทั้งสถาบันอุดมศึกษา มูลนิธิ รวมถึงภาคเอกชนให้ความสนใจในการร่วมพัฒนาการจัดการศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษา (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560)

จากความสำคัญ STEM EDUCATION ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความสำคัญของ STEM EDUCATION เป็นการนำความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์มาบูรณาการใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าสิ่งต่าง ๆ การสร้างหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน โดยอาศัยการจัดการเรียนรู้ด้วยครูหลายสาขาร่วมมือกัน

นิยามของสะเต็ม

กรอบแนวคิดและนวัตกรรมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์หรือที่บัญญัติศัพท์ว่าสะเต็ม (Science, Technology, Engineering, and Mathematics, STEM) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ซึ่งเป็นแนวคิดในการเร่งรัดพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันด้านเศรษฐกิจที่ส่งผลรวมถึงชีวิตและสิ่งแวดล้อมของสังคมและประเทศ โดยเป็นที่ยอมรับและตระหนักในความสำคัญอย่างกว้างขวาง องค์ความรู้และกรอบแนวคิดสะเต็มจึงนับว่าเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ จากการศึกษาและงานวิจัย พบว่า ประเทศใดที่ประชากรมีระดับพื้นฐานความรู้สะเต็มอยู่ในระดับสูง จะส่งผลให้ประเทศนั้นมีความได้เปรียบทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นประเทศต่าง ๆ ได้เริ่มส่งเสริม

ให้มีการพัฒนาการเรียนการสอนสะเต็ม เป็นประเด็นสำคัญในการพัฒนาวิทยาศาสตร์ศึกษาในศตวรรษที่ 21

คำว่า “สะเต็ม” เป็นคำทับศัพท์ที่มาจากอักษรภาษาอังกฤษ “STEM” ซึ่งเป็นชื่อย่อของศาสตร์หรือสาขาวิชาการทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดย Oxford Dictionary ได้ให้ความหมายว่า STEM เป็นคำย่อเชิงวิชาการที่มุ่งเน้นการเรียนการสอนที่ใช้ความเชื่อมโยงระหว่างสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เมื่อพิจารณาความหมายของแต่ละศาสตร์จะมีคำอธิบายและลักษณะดังนี้

1. S ย่อมาจากคำว่า Science หรือ วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาหลักของหลักสูตรการศึกษาในหลาย ๆ ประเทศโดยเฉพาะระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน อย่างไรก็ตามวิทยาศาสตร์ยังหมายรวมถึงการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกทั้งที่เกิดจากมนุษย์และเกิดขึ้นเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ การได้มา ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาความเป็นไปของธรรมชาติสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา เนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ และวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน ซึ่งมีความสอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน ควรให้สอดคล้องกับ 5 ลักษณะสำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ ได้แก่ 1) นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) นักเรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐาน 3) นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามข้อมูล 4) นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายของตนกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือคำอธิบายอื่น ๆ และ 5) นักเรียนสื่อสารและให้เหตุผล ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีบทบาทในการลงมือปฏิบัติมากหรือน้อยได้ตามระดับการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้เหมาะสมกับศักยภาพ และพัฒนาการทางการเรียนรู้ของนักเรียน (Olson, & Loucks-Horsley, 2000)

2. T ย่อมาจาก Technology หรือ เทคโนโลยี หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่มนุษย์สร้างขึ้นจากพื้นฐานความเป็นธรรมชาติของสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ซึ่งมักจะทำให้มนุษย์มีความสะดวกสบายหรือปลอดภัยมากขึ้น เทคโนโลยีเป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยเทคโนโลยี มีนัย 3 ประการ คือ 1) เทคโนโลยีในฐานะศาสตร์แขนงหนึ่งที่เป็นความรู้และแนวปฏิบัติเพื่อการออกแบบ และนำเทคโนโลยีไปใช้ 2) เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเฉพาะ และ 3) เทคโนโลยีด้านการจัดการเรียนการสอน โดยไม่ว่าจะมองจากนัยใด เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ

มักจะต้องผ่านกระบวนการออกแบบทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Technological design หรือ Technological design process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

ปัจจุบันการเรียนการสอนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจะเน้นไปที่การพัฒนาความรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technological literacy) ให้กับนักเรียน โดยมุ่งพัฒนาความสามารถในการใช้ จัดการ ประเมินและเข้าใจเทคโนโลยี ปรัชญาหนึ่งของเทคโนโลยีศึกษา คือ การสอนให้นักเรียนเกิดการแก้ปัญหา การแก้ปัญหาถือเป็นทักษะสำคัญในการดำรงชีวิต และนักเรียนจะได้ใช้ทักษะนี้มากในชีวิตประจำวัน ทักษะการแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับความสามารถในการหาทางออกของปัญหาที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ การมีเหตุผล และประสบการณ์ในอดีตของการเข้าถึงข้อมูล โดยวิธีการแก้ปัญหาประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลักพื้นฐาน คือ ความรู้ในประเด็นนั้น การพิจารณาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด และการหาทางแก้ไขปัญหา สำหรับกระบวนการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีศึกษา เช่น การวิจัยและพัฒนา วิธีการทางวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม การประดิษฐ์และนวัตกรรม

3. E ย่อมาจากคำว่า Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ เป็นการประยุกต์ความรู้ ทักษะ กระบวนการและความเชี่ยวชาญในเชิงวิทยาศาสตร์ เศรษฐกิจ สังคมและการนาความรู้ไปสู่การปฏิบัติจริง วิศวกรรมศาสตร์ใน สะเต็มจึงหมายถึงศาสตร์ด้านกระบวนการ มากกว่าจะเป็นศาสตร์อย่างวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2559) โดยเน้นการออกแบบ การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา การใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ออกแบบผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบหรือสร้างบางสิ่งขึ้นมาโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วิศวกรรมศาสตร์เป็นแนวคิดที่พัฒนาและประยุกต์มาจากการรวมกันของศาสตร์ที่สำคัญ ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาสู่การออกแบบ การแก้ปัญหา การสร้าง การจำลอง จนพัฒนาเป็นเครื่องมือ วิธีคิด ระบบ รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น ตึก สะพาน เขื่อน เป็นต้น ในการศึกษาระดับขั้นพื้นฐาน วิศวกรรมศาสตร์ถือว่าเป็นการเตรียมเยาวชนเพื่อการเป็นวิศวกรหรือการคิดอย่างนักวิศวกรในอนาคต ซึ่งเน้นกระบวนแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและสร้างสรรค์ วิศวกรรมศาสตร์ไม่ได้เป็นวิชาหลักที่ปรากฏในหลักสูตรระดับการศึกษาทั้งในสหรัฐอเมริกาและประเทศไทย แต่จะเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ และสามารถใช้วิธีการได้อย่างหลากหลายในการพัฒนานวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาใหม่ๆ ทั้งในการทางานและชีวิตประจำวัน เป้าหมายของการเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษาคือ การเรียนรู้เกี่ยวกับการออกแบบหรือแก้ปัญหา และเรียนรู้ว่าจะออกแบบหรือแก้ปัญหาอย่างไร

4. M ย่อมาจาก คำว่า Mathematics หรือ คณิตศาสตร์ หมายถึง ภาษาของจำนวน รูปร่าง และปริมาณ คณิตศาสตร์เป็นวิชาสำคัญอย่างยิ่งวิชาหนึ่ง ที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบระเบียบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม การเรียนรู้คณิตศาสตร์มี 3 เรื่องหลัก คือ 1) กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical thinking) ได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ 2) ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือ ความเข้าใจความคิดรวบยอด ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ และ 3) การส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ขั้นสูง (higher-level mathematical thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจาวัน

อย่างไรก็ตาม สะเต็มเป็นมากกว่าประเด็นทางการศึกษาเพราะในชีวิตจริงนั้นสะเต็มมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตของมนุษย์โดยเฉพาะการทำงานในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงได้ให้นิยามของสะเต็มว่า เป็นองค์ความรู้วิชาการของศาสตร์ทั้ง 4 ที่มีความเชื่อมโยงกันในโลกของความเป็นจริงที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน (สะเต็มศึกษาประเทศไทย, 2558) แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการศึกษาเพื่อให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจแนวคิดของศาสตร์ที่มาบูรณาการรวมทั้งการนำความเข้าใจเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต แก้ปัญหา ตัดสินใจและประกอบอาชีพไม่ใช่เรื่องใหม่ในวงการศึกษา มีความพยายามเรียกร้องให้สถานศึกษา หลักสูตร มาตรฐานเตรียมนักเรียนให้พร้อมกับโลกในอนาคตมานานแล้ว (Taranate et al., 2022) นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อกล่าวถึงสะเต็ม มักจะมีการให้น้ำหนักในประเด็นของการประกอบอาชีพ เนื่องจากคำว่าสะเต็มนั้นปรากฏครั้งแรกในแบบฟอร์มสำหรับการกรอก VISA ด้านอาชีพ คือกลุ่มอาชีพสะเต็ม ดังนั้นหลายประเทศนอกจากจะเน้นการจัดการศึกษาด้านความรู้และเทคโนโลยีเกี่ยวกับสะเต็มแล้ว ยังเน้นความสำคัญของกำลังคนในด้านสะเต็ม อีกด้วย (Rothwell, 2013) โดยสรุปเมื่อกล่าวถึงสะเต็ม นิยามจึงครอบคลุมถึงองค์ความรู้ นวัตกรรม การสร้างสรรค์ การแก้ปัญหาที่ต้องใช้องค์ความรู้ วิธีปฏิบัติ วิธีการคิดของศาสตร์ทั้ง 4 มาบูรณาการกัน รวมไปถึงการประกอบอาชีพและความสำคัญในภาคแรงงาน ซึ่งจะช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ (Rothwell, 2013) โดยคาดว่าสะเต็มจะช่วยทำให้ประเทศหลุดพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง (Middle income trap) (Jitsuchon, 2012; Pasuk, & Pornthep, 2012) โดยหากจะสกัดแนวคิดสำคัญของการพัฒนาสะเต็มศึกษาเพื่อระบุปัจจัยหลักในการพัฒนาสะเต็มศึกษา พบว่ามี 2 ปัจจัย คือ (1) รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว สะเต็มศึกษาที่สะท้อนแนวคิดการพัฒนา “การรู้เรื่องสะเต็ม

(STEM Literacy)” ของนักเรียน และ (2) การพัฒนาวิชาชีพครูเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจและศักยภาพที่จะจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งหัวใจของการพัฒนาทั้งกิจกรรมการเรียนรู้และการพัฒนาวิชาชีพครูคือ การระบุลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการบูรณาการทั้งการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) และการรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) เข้าด้วยกัน ซึ่ง เขมวดี พงศานนท์ (2557 อ้างถึงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558, น. 202 - 203) อธิบายความหมายแต่ละสวนไว้ดังนี้

การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) หมายถึง กระบวนการหาความรู้ความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับเนื้อหาในสาระวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องสามารถคิดวิเคราะห์ได้ (ฟสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลก อวกาศ ดาราศาสตร์) ความสามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาระวิชา และมีทักษะปฏิบัติเชิงวิทยาศาสตร์

การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) หมายถึง ทักษะความชำนาญการความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี ครอบคลุมไปถึงการพัฒนาองค์กรในต่าง ๆ

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) หมายถึง การรู้และเข้าใจความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์ในศาสตร์การคำนวณแนวคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เพื่อสร้างคำอธิบายและทำนายปรากฏการณต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงบทบาทของคณิตศาสตร์ และสามารถใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการวินิจฉัยและตัดสินใจ

การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) หมายถึง ทักษะความเข้าใจในการพัฒนาโดยปะกอบด้วยความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ หรือ การได้มาของเทคโนโลยีโดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรม Koehler, Faraclas, Giblin, Moss, & Kazerounian (2013) อธิบายวาสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด การรู้เรื่องทางเทคนิค (Technical Literacy) หมายถึง ทักษะที่สามารถนำเนื้อหาความรู้มาใช้งานให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้นและเกิดความคล่องตัวรวดเร็วซึ่งเกิดจากความเข้าใจในเนื้อหาสาระที่เกิดเป็นองค์ความรู้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและสามารถตัดสินใจในสถานการณ์ปัญหาอย่างผู้มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี Roberts (2013) อธิบายว่า สะเต็มศึกษาคือวิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นหนึ่งเดียว การหลอมรวมทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ

(Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies)

จากนิยามของ STEM ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า กรอบแนวคิดและนวัตกรรมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ นำองค์ความรู้วิชาการของศาสตร์ทั้ง 4 ที่มีความเชื่อมโยงกันในโลกของความเป็นจริงที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน

วิทยาศาสตร์ (Science : S) หมายถึง ความรู้และกฎความเป็นจริงที่อยู่ในธรรมชาติรอบตัว ทั้งที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต

เทคโนโลยี (Technology : T) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมาใช้ประโยชน์ให้ดีขึ้นด้วยการใช้ความรู้ ความคิด และเทคนิคต่าง ๆ หรืออาจเป็นการพัฒนาและนำสิ่งต่าง ๆ มาแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ในการทำงานและในชีวิตประจำวัน เช่น การหาข้อมูลคอมพิวเตอร์ การพิมพ์บนคอมพิวเตอร์แทนการเขียน ทำให้บันทึกข้อความได้รวดเร็วเป็นระเบียบและสามารถเก็บข้อมูลได้

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering : E) หมายถึง การออกแบบ แก้ปัญหาและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา สร้างสรรค์ และอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ซึ่ง วิศวกรรมศาสตร์มักควบคู่ไปกับเทคโนโลยี

คณิตศาสตร์ (Mathematics : M) หมายถึง หลักการในการใช้สมการและวิธีต่าง ๆ ในการคำนวณ เพื่อแก้ปัญหา หาผลลัพธ์ และหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับจำนวน ตัวเลข พื้นผิวเรขาคณิต โครงสร้าง

2. ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความมุ่งหมายที่สอดคล้องกับนิยามของสะเต็ม โดยออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ใช้ฐานแนวคิดที่สอดคล้องและต่อยอดจากตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางวิทยาศาสตร์เป็นหลัก และอาจจะมีการเชื่อมโยงระหว่างมาตรฐานหรือตัวชี้วัดในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์หรือต่างกลุ่มสาระหรือต่างวิชา ซึ่งสอดคล้องกับระดับการบูรณาการขั้นสูง คือ ข้ามสาขาวิชา โดยรูปแบบของกิจกรรมจะเน้นการออกแบบกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) เพื่อให้นักเรียนได้นาความรู้และทักษะไปใช้อย่างมีความหมาย จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัย และประสบการณ์วิชาการรับใช้สังคมของผู้เขียน จึงนำเสนอกรอบในการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งมีลักษณะสำคัญที่จำเป็น (Key features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 6 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน ตามบริบทเนื้อหาและระดับความรู้ในแต่ละชั้นของนักเรียน (สะเต็มศึกษาประเทศไทย, 2558) โดยมุ่งเน้นการรู้เรื่องสะเต็ม (STEM Literacy) เป็นเป้าหมายหลัก (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2558; Zollman, 2012)

2. การออกแบบกิจกรรม อ้างอิงตามกรอบการพัฒนาแนวคิดแบบ “ความก้าวหน้าในการเรียนรู้” (learning progression) (Duschl, & Bismack, 2016) ทั้งในมิติเนื้อหาและกระบวนการ รวมทั้งใช้หลักการของการจัดหลักสูตรแบบเกลียว (spiral curriculum) โดยนักเรียนจะเพิ่มพูนความรู้จากระดับพื้นฐานไปสู่ระดับสูงตามลำดับพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละช่วงวัย หรือระดับการรู้คิด (Cognitive demand)

3. การเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงกับนักเรียน บริบทที่จำเป็นสำหรับนักเรียน และเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยอาจจะยึดกรอบแนวคิดบริบทตาม PISA OECD รวมทั้งประเด็นที่ผู้สอนต้องการเน้น ซึ่งอาจจะเป็นนโยบายของสถานศึกษา หรือเป็นประเด็นเร่งด่วน เช่น นโยบายดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หรือความเข้าใจเรื่องพลังงานในภาพรวมของประเทศ

4. นักเรียนผ่านประสบการณ์การเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (ธารทิพย์ ขัวนา, 2562) ที่เน้นการพัฒนาทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะของวิชาแกน

วงค์ณภา แก้วไกรษร และนันทรัตน์ แก้วไกรษร (2561) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหา ในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรม เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 5 ประการ ดัง ได้แก่ 1) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องในสะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้ 2) มีการท้าทายนักเรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด 3) มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบแอกทีฟ (active learning) ของนักเรียน 4) ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และ 5) สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนหรือการประกอบอาชีพในอนาคต

สุทธิดา จำรัส (2560, น. 19 อ้างถึงใน ปิยาภรณ์ ขาวทอง, 2564, น. 21-22) ได้สรุปแนวคิดและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน ตามบริบทเนื้อหาและระดับความรู้ในแต่ละ ชั้นของนักเรียน (สะเต็มศึกษาประเทศไทย, 2558) โดยมุ่งนั้นการรู้เรื่องสะเต็ม (STEM Literacy) เป็นเป้าหมายหลัก (สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, 2558; Zollman, 2012)

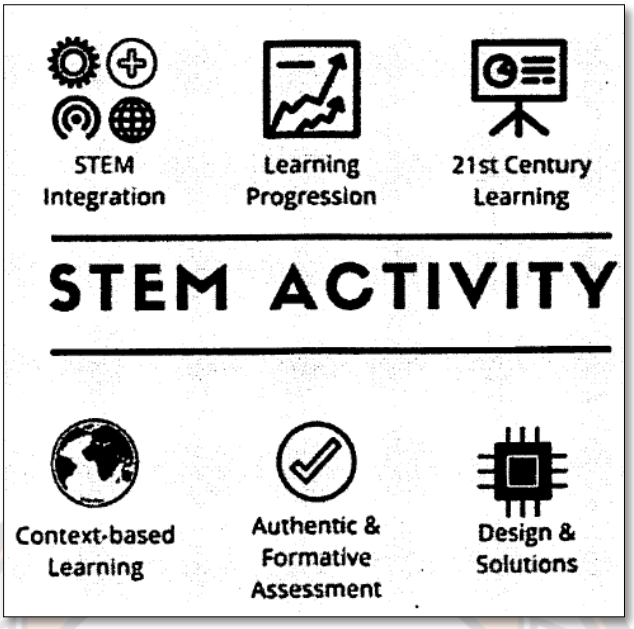
2. การออกแบบกิจกรรม อ้างอิงตามกรอบการพัฒนาแนวคิดแบบ "ความก้าวหน้าในการเรียนรู้" (learning progression) (Duschl, & Bismack, 2016) ทั้งในมิติเนื้อหาและกระบวนการ รวมทั้งใช้หลักการของการจัดหลักสูตรแบบเกลียว (spiral curriculum) โดยนักเรียนจะเพิ่มพูนความรู้จากระดับพื้นฐานไปสู่ระดับสูงตามลำดับ พัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละช่วงวัย หรือระดับการรู้คิด (Cognitive demand)

3. การเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงกับนักเรียน บริบทที่จำเป็นสำหรับนักเรียน และเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมายโดยอาจจะยึดกรอบแนวคิดบริบทตาม PISA OECD รวมทั้งประเด็นที่ผู้สอนต้องการเน้น ซึ่งอาจจะเป็นนโยบายของสถานศึกษา หรือเป็นประเด็นเร่งด่วน เช่น นโยบายดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หรือความเข้าใจเรื่องพลังงานในภาพรวมของประเทศ

4. นักเรียนผ่านประสบการณ์การเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (ธารทิพย์ ขัวนา, 2562) ที่นั้นการพัฒนาทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะของวิชาแกน

5. กิจกรรมเน้นการออกแบบและแก้ปัญหา โดยการลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การรังสรรค์ชิ้นงานโครงการตามแนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-based Learning) ที่นั้นกระบวนการออกแบบ หรือ แนวคิดการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) ที่นั้นกระบวนการแก้ปัญหา

6. เน้นการวัดผลตามสภาพจริง (Authentic assessment) และการประเมินเพื่อพัฒนานักเรียน (Formative assessment ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมสะเต็มคือ โครงการหรือชิ้นงาน (Project/artifact) หรือ การแก้ปัญหาจากคำอธิบายลักษณะสำคัญ 6 ประการข้างตัน สรุปเป็นแผนภาพเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา ดังภาพ 2



ภาพ 2 ลักษณะสำคัญ (Key features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

จากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า เป็นแนวทางการจัดการศึกษาให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหา ในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

3. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

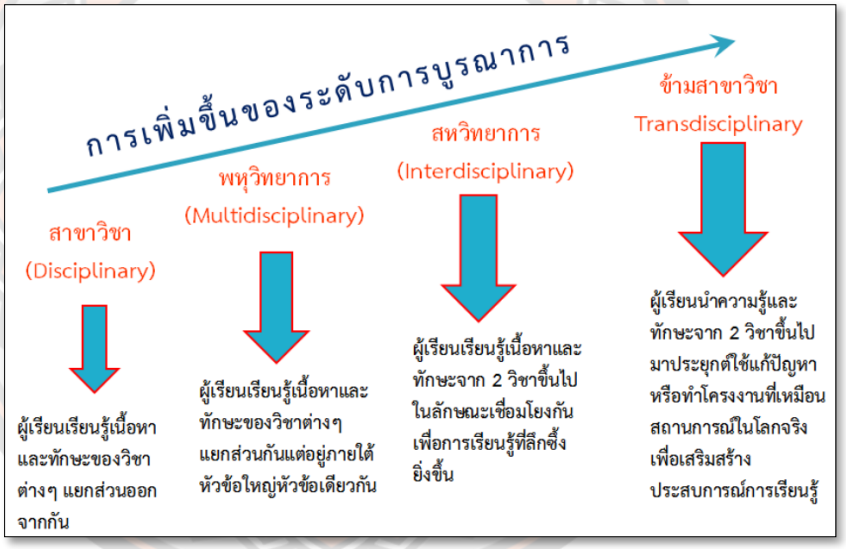
ประสาท เนืองเฉลิม (2561) กล่าวถึง สะเต็มศึกษาว่าเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่มีการมุ่งเน้นให้นักเรียนได้รู้จักการประยุกต์ใช้ความรู้ต่าง ๆ โดยการบูรณาการ ซึ่งส่งเสริมนักเรียนให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้ากับชีวิตจริง ทั้งนี้สามารถแบ่งการบูรณาการออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาของวิชาแต่ละวิชาแบบแยกกัน ซึ่งครูผู้สอนแต่ละรายวิชาจะสอนนักเรียนตามรายวิชาของตน

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาต่าง ๆ แยกกัน แต่ครูผู้สอนในแต่ละวิชาจะมีหัวข้อหลักที่ร่วมกันกำหนดขึ้น และมีการกล่าวถึงความเกี่ยวข้องกันของแต่ละวิชา ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนเห็นถึงความเกี่ยวข้องหรือสอดคล้องกันของเนื้อหาความรู้วิชาต่าง ๆ กับสิ่งรอบตัว

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน ซึ่งจะมีกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์ของทุกวิชา เพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักถึงความเชื่อมโยงกันของแต่ละวิชา

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือกำหนดปัญหา เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ตั้งแต่ 2 วิชาขึ้นไปในการแก้ปัญหา และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้



ภาพ 3 ระดับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

ที่มา: Varquez et al., 2013

สุมินตรา จีนเมือง, และธิติยา บงกชเพชร (2563) ได้กล่าวเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ว่าเป็นขั้นตอนที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยประกอบด้วย 6 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนหรือผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งทักษะการตั้งคำถามด้วยหลัก 5W1H ดังต่อไปนี้

Who เป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับบุคคลที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหา

What เป็นการตั้งคำถามว่าปัญหานั้นคืออะไร

When เป็นการตั้งคำถามว่าปัญหานั้นจะเกิดขึ้นเมื่อไร

Where เป็นการตั้งคำถามว่าสถานการณ์นั้น ๆ จะเกิดขึ้นที่ใด

Why เป็นการตั้งคำถามเพื่อให้มีการวิเคราะห์ถึงเหตุผลของปัญหา

How เป็นการตั้งคำถามเพื่อให้มีการวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหานั้น ๆ ว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้อย่างไร

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการค้นหาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ จากการสำรวจ สอบถามข้อมูลจากผู้รู้ หรือสืบค้นจากแหล่งการเรียนรู้ โดยในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหา เป็นการศึกษาความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และความรู้อื่น ๆ หลังจากค้นหาและรวบรวมข้อมูลแล้วจึงนำมาวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาอาจจะมีได้เกิน 1 วิธี แล้วจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหา โดยประเด็นที่นำมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจนั้นจะอยู่ภายใต้กรอบของปัญหา

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการนำข้อมูลจากการรวบรวม มาประยุกต์ใช้โดยการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ ซึ่งจะช่วยสื่อสารแนวคิดการแก้ปัญหาของผู้แก้ปัญหาให้ผู้อื่นได้เข้าใจมากยิ่งขึ้นโดยผ่านการร่างภาพ หรือ การอธิบาย

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่มีการวางลำดับการลงมือสร้างชิ้นงานหรือวิธีการของการแก้ปัญหา แล้วจึงสร้างชิ้นงาน หรือวิธีการ

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน คือการตรวจสอบชิ้นงาน ว่าใช้งานได้จริงหรือไม่ เกิดข้อผิดพลาดอย่างไร จากนั้นจึงปรับปรุงจนกระทั่งได้วิธีการหรือชิ้นงานที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ได้ทำการออกแบบไว้

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการหาวิธีการนำเสนอชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้แก้ปัญหาสร้างขึ้น

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem–based Learning: PBL) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการสร้างความรู้จากกระบวนการทำงานกลุ่ม เพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์เกี่ยวกับชีวิตประจำวันที่มีความสำคัญต่อนักเรียน มุ่งพัฒนานักเรียนในด้านทักษะและกระบวนการเรียนรู้ สามารถเรียนรู้โดยการชี้นำตนเอง สร้างองค์ความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยการแก้ปัญหา สิ่งสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ ปัญหา เพราะปัญหาที่ดีจะเป็นสิ่งกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจใฝ่หาความรู้ ในการเลือกศึกษาปัญหาที่มีประสิทธิภาพ จะต้องคำนึงถึงพื้นฐานความรู้ ความสามารถของผู้ของนักเรียน ประสบการณ์

ความสนใจ และภูมิหลังเพราะคนเรามีแนวโน้มที่สนใจเรื่องใกล้ตัวมากกว่าเรื่องไกลตัว สนใจสิ่งที่มีความหมาย มีความสำคัญต่อตนเองและเป็นเรื่องที่ตนเองใคร่รู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา จัดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่นักเรียนอยากรู้ อยากเรียนเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา ปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ต้องสามารถอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการหลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ นักเรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าหาคำตอบ นักเรียนแต่ละกลุ่ม สรุปผลงานของกลุ่มตนเองและประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสม หรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย นักเรียนทุกกลุ่ม ทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) หรือโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (Instructional Strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางการบูรณาการแบบนี้ ตัวอย่างเช่น พิจารณาการใช้กระติบข้าวเป็นหัวข้อในการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ครูสามารถจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา โดยกำหนดเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา เช่น การใช้กระติบข้าวในร้านอาหารที่มักมีการบรรจุข้าวในถุงพลาสติกก่อนบรรจุลงในกระติบข้าว เพื่อป้องกันข้าวเหนียวติดค้างที่กระติบซึ่งจะทำความสะอาดได้ยาก ดังนั้นนักเรียนจะต้องออกแบบกระติบข้าวหรือวิธีการที่จะทำให้กระติบข้าวมีสมบัติลดการติดของข้าวเหนียวเพื่อลดการใช้ถุงพลาสติก หลังจากที่ผู้สอนนำเ สนอปัญหาดังกล่าวแล้วนักเรียนต้องกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดและทักษะทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) เป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้นักเรียนได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการค้นคว้า การสำรวจตรวจสอบหรือการทดลองที่เน้นทักษะการคิดอย่างมีระบบคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลที่มีประจักษ์

พยานสนับสนุนการจัดการเรียนรู้แนวทางนี้จะเป็นวิธีที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามที่เกิดจากสิ่งที่สนใจ หรือเกิดจากการอภิปรายร่วมกันในกลุ่มมีการกำหนดขอบเขตการศึกษา และวิธีที่ใช้ในการตรวจสอบ เช่น การทำการทดลอง การค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือต่าง ๆ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแนวทางนี้จะช่วยเพิ่มความสามารถด้านต่าง ๆของนักเรียนได้แก่ การมีทักษะทางสังคม มีความคิดสร้างสรรค์ (Taranate et al., 2022)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้วิจัยเป็นฐาน (Research-based learning) เป็นกระบวนการพัฒนานักเรียนให้สามารถใช้กระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้คิดค้นคำตอบและตัดสินใจในการเรียนรู้ของตนเองและเป็นการจัดให้นักเรียนได้เรียนรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้ใหม่หรือค้นหาคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผล โดยอาศัยกระบวนการตรวจสอบในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับ เรื่องที่ศึกษาวิจัยในการดำเนินการสืบค้น พิสูจน์ทดสอบ เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล (ลัดดา ภู่เกียรติ, 2552, น. 146)

สำหรับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเลือกใช้ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่มีการมุ่งเน้นให้นักเรียนได้รู้จักการประยุกต์ใช้ความรู้ต่าง ๆ โดยการบูรณาการ ซึ่งส่งเสริมนักเรียนให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี เข้ากับชีวิตจริง ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนระบุปัญหาหรือเข้าใจข้อจำกัดของสถานการณ์เพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหา หลังจากทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปัญหาแล้วจากนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์สรุปเป็นข้อความสั้นๆ โดยการตั้งคำถามเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ปัญหานั้น และคำถามต้องมีความสอดคล้องกับสถานการณ์หรือปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ และแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อหาวิธีการที่หลากหลาย จากนั้นจึงนำ ข้อมูลที่ได้รวบรวมมาวิเคราะห์ภายใต้ความสอดคล้องกับกรอบของปัญหาหรือ ความต้องการ แล้วจึงสรุปเป็นแนวคิด หรือวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนประยุกต์ใช้ข้อมูล โดยขั้นตอนนี้สามารถช่วยสื่อสารแนวคิดในการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะได้วางแผนการดำเนินงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาตามที่ออกแบบไว้ โดยกำหนดเป้าหมายหรือผู้รับผิดชอบงานในแต่ละขั้นตอน จากนั้นจึงลงมือดำเนินการตามขั้นตอนที่วางแผน เพื่อที่นำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะทดสอบและประเมินวิธีการในการสร้างหรือการแก้ปัญหาว่าสามารถใช้ในการแก้ปัญหา

ได้หรือไม่ มีข้อผิดพลาดอย่างไร และควรปรับปรุงอย่างไร แล้วจึงปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพหรือเหมาะสมในการแก้ปัญหาให้มากที่สุด และในการทดสอบการทำงานของชิ้นงาน ควรกำหนดประเด็นหรือวัตถุประสงค์ในการทดสอบ

ขั้นที่ 6 นำเสนอผลการแก้ปัญหา วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำชิ้นงานหรือการนำ วิธีการในการแก้ปัญหามาทำการนำเสนอ โดยจะต้องนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย

4. บทบาทของครูผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM EDUCATION

จำรัส อินทลาภาพร และคณะ (2558, น. 64-65) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวาเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ความสามารถกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน

3. จัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ

4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริงและท้าทายกระบวนการคิดของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดหาคาตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

6. เป็นโค้ช (Coach)

7. เป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor)

8. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด

9. ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของนักเรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลายและให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลอง โดยใช้การสื่อสารเชิงบวก

อภิญญา สิงต์โต (2563) กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

1. ครูต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความน่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ

2. ครูต้องเตรียมพร้อมล่วงหน้าเป็นอย่างดี ในเรื่องความรู้ที่นำมาสอน ลำดับการถ่ายทอดความรู้ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้พร้อมสำหรับนักเรียนทำกิจกรรม

3. ระหว่างจัดกิจกรรมต้องคอยตั้งคำถามที่สร้างความสนใจให้นักเรียน และนำไปสู่การอภิปรายข้อมูลได้ และเป็นคำถามที่เหมาะแก่นักเรียนในแต่ละวัย

4. ครูต้องคอยตั้งคำถามที่นำปสู่การคิด วิเคราะห์ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปสู่การแก้ปัญหา และสร้างสรรค์ผลงาน

5. ครูต้องมีความรู้ความเข้าใจในข้อมูลของแต่ละสาขาวิชาที่นำมาบูรณาการเข้าด้วยกันได้

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2558, น. 163 – 164) ได้กล่าวถึงลักษณะของครูสะเต็มศึกษาไว้ว่าความสำเร็จของการสอนสะเต็มศึกษาเกิดจากกระบวนการสอนที่ทำให้นักเรียนสนใจ ได้ลงมือปฏิบัติ และโรงเรียนสร้างเงื่อนไขสนับสนุนการสอนสะเต็มศึกษา สรุปคือ ความสามารถของครู กระบวนการ และสภาพแวดล้อม หรือกล่าวคือ เกิดที่โรงเรียนโดยครูเป็นแกนหลักของความสำเร็จซึ่งครูต้องรู้เนื้อหาอย่างลุ่มลึกและเข้าใจการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของนักเรียน งานหลักของครูคือการออกแบบกระบวนการที่มีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนอย่างต่อเนื่อง เป็นพลวัตตามพัฒนาการของนักเรียนให้นักเรียนได้เรียนรู้แบบลงมือทำ (Active Learning) จากแรงบันดาลใจ สรุปง่ายคือครูที่สอนสะเต็มศึกษาต้องรู้จริงในศาสตร์ ในกระบวนการกับนักเรียนและเพื่อประเมินเพื่อพัฒนาได้และในการพัฒนาครูให้รู้ลึกในศาสตร์สะเต็มศึกษาและรู้กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนจึงสำคัญมาก ครูต้องทำงานเป็นทีมของสาระวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ อีกทั้งต้องรู้เทคโนโลยี และเข้าใจกระบวนการคิดแบบวิศวกรด้วย

จากคู่มือหลักสูตรอบรมครูสะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557, น. 5) ได้กล่าวไว้ว่า ผู้เข้ารับการอบรมครูสะเต็มศึกษาต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีสมรรถนะด้านการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และมีสมรรถนะด้านการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษา

จากแนวคิดเกี่ยวกับบทบาทครูผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM EDUCATION ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ครูจัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนานมีชีวิตชีวาเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ความสามารถ กระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยใช้สถานการณ์ที่ใกล้ตัวกับนักเรียนจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติบูรณาการทั้ง 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและครูควรใช้คำถามที่ช่วยกระตุ้นความคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียนอยู่ตลอด

5. การวัดและประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM EDUCATION

Eppes et al. (2020) ได้เสนอวิธีการวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based Learning) ในการสอนคณิตศาสตร์ ผู้สอนสามารถประเมินนักเรียนดังนี้ คือ

1.1 การตั้งคำถามในแบบทดสอบ

1.2 การปฏิบัติการทดลอง

1.3 การรายงานผลการทดลอง

1.4 การศึกษาตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

2. ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) ผู้สอนสามารถประเมินกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของนักเรียน ดังนี้ คือ

2.1 การระดมความคิด

2.2 การพัฒนาโมเดลต้นแบบ

2.3 การทำงานเป็นทีม

สรุปได้ว่า ในการวัดและประเมินผลตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรใช้การประเมิน คือ ระหว่างเรียน และประเมินหลังเรียน การประเมินระหว่างเรียน ผู้สอนทำได้โดยการใช้คำถาม การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน การประเมินตนเองและการประเมินจากเพื่อนและการบันทึกข้อมูลงานที่ทำเสร็จตามเป้าหมายที่กำหนด ส่วนการประเมินหลังเรียน ผู้สอนสามารถประเมินจากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

1. ความหมายของทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

พันธ์ยุทธ น้อยพินิจ, วนินทร สุภาพ, และจักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม (2562) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการแสวงหาคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่จากการคิดที่มีระบบ มีแบบแผน โดยประยุกต์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างความคิดที่หลากหลาย และความคิดวิจารณญาณในการเลือกและประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ตลอดจนสามารถวางแผนการแก้ปัญหาและลงมือแก้ปัญหาด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง จนกระทั่งสามารถหาคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างรอบคอบและบรรลุเป้าหมายในที่สุด

ทรงยศ สกุลยา, และวนินทร สุภาพ (2563) กล่าวถึง การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไว้ว่าเป็นกระบวนการแสวงหาคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่าง จากการคิดที่มีระบบแบบแผน ที่

เกิดจากความคิดสร้างสรรค์และความคิดวิจารณญาณในการเลือกและประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ตลอดจนสามารถวางแผนการแก้ปัญหาและลงมือแก้ปัญหาด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง จนสามารถหาผลลัพธ์และวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างรอบคอบและสมบูรณ์ ดังนั้นความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จึงเป็นความสามารถในการใช้กระบวนการแสวงหาคำตอบ และวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากเดิม โดยอาศัยความคิดสร้างสรรค์และความคิดวิจารณญาณในการเลือกและประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ตลอดจนสามารถวางแผนการแก้ปัญหาและลงมือแก้ปัญหาจนกระทั่งบรรลุตามจุดมุ่งหมาย

สุมินตรา จีนเมือง, และธิติยา บงกชเพชร (2563) ได้กล่าวถึง การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ว่า เป็นทักษะที่สำคัญของมนุษย์ ผู้ที่มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา จะสามารถเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ ในสังคมได้อย่างเข้มแข็ง การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการที่มุ่งแก้ปัญหา และค้นหาคำตอบ โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ และความคิดเชิงวิจารณญาณ วิธีการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหามีความแปลกใหม่ สามารถวิเคราะห์และประเมินได้อย่างเหมาะสม ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เกิดจากการปรับตัวของมนุษย์ ที่ต้องแก้ปัญหาในการดำเนินชีวิต ความสามารถและทักษะการแก้ปัญหา เป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างยิ่ง สำหรับบุคคล ทั้งในการเรียนและการทำงาน คนที่มีทักษะในการแก้ปัญหา จะมีโอกาสประสบความสำเร็จได้สูงกว่าผู้ที่ขาดทักษะในการแก้ปัญหา ทักษะการแก้ปัญหา เป็นทักษะที่สามารถเรียนรู้ ฝึกฝนได้ โดยการปลูกฝังให้เกิดทักษะการแก้ปัญหา สามารถทำได้หลากหลายเทคนิควิธีการ อาจเป็นการแยกฝึกทักษะการแก้ปัญหาโดยฝึกเป็นการเฉพาะ หรืออาจแทรกไปในการเรียนในชั้นเรียนก็ได้ แล้วแต่ผู้สอนจะเลือกเทคนิควิธีการ

จากความหมายของทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่นักวิชาการข้างต้นที่กล่าวมา ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการหาคำตอบ และวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากเดิม โดยอาศัยความคิดสร้างสรรค์ และความคิดวิจารณญาณในการเลือกและประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ตลอดจนสามารถวางแผนแก้ปัญหาและลงมือแก้ปัญหาจนกระทั่งบรรลุตามจุดมุ่งหมาย

2. องค์ประกอบของทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

รุจิราพร รามศิริ (2556 อ้างถึงใน ปิยาภรณ์ ขาวทอง, 2564, น. 43) ได้ศึกษากระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักการศึกษา คือ Osbom (1963; Torrance, 1965; Isaken, & Treffinger, 1991; Breck, 1992) แล้วสังเคราะห์ทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้เป็น 5 ทักษะ ได้แก่

1. ทักษะการค้นพบความจริง (Fact Finding Skills) หมายถึง ความสามารถในการค้นหาข้อมูลจากสถานการณ์หรือข้อเท็จจริงที่มีอยู่ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2. ทักษะการค้นพบปัญหา (Problem Finding Skills) หมายถึง ความสามารถในการค้นพบปัญหาแท้จริงที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหานั้น และพิจารณาระบุสาเหตุของปัญหา

3. ทักษะการค้นพบแนวคิด (Idea Finding Skills) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาหาแนวทางและวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ให้มากที่สุด

4. ทักษะการค้นพบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Finding Skills) หมายถึงความสามารถในการเสนอเกณฑ์หรือแสดงเหตุผลในการตัดสินเลือกแนวทางและวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด เหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่สุด สามารถนำทางเลือกและวิธีการที่เลือกไว้ไปใช้แก้ปัญหา รวมถึงตรวจสอบคำตอบที่ได้

5. ทักษะการสร้างสรรค์ความรู้ (Creating New Knowledge Skills) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หรือข้อมูลมาสร้างเป็นความรู้ใหม่

Treffinger, Isaksen, & Dorval (2010 อ้างถึงใน ปิยาภรณ์ ขาวทอง, 2564, น. 43-44) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไว้ 4 องค์ประกอบหลัก และ 8 ขั้นตอนที่เฉพาะเจาะจง ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Challenge) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบเป้าหมาย โอกาส หรืออุปสรรค ความท้าทายในภาพรวม รวมถึงการสร้างความคิด มุ่งเน้น และทำความคิดให้กระจ่างชัดเพื่อกำหนดทิศทางหลักในการแก้ปัญหา โดยอาจใช้เพียงขั้นตอนเดียวหรือใช้ทั้ง ชั้นตอนในการทำความเข้าใจกับปัญหาซึ่งขึ้นอยู่กับเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และทิศทางที่บุคคลต้องการบรรลุ ซึ่งขั้นตอนทั้ง 3 มีดังนี้

1. ขั้นตอนการสร้างโอกาส (Constructing Opportunities) เป็นการระบุโอกาสในภาพรวม โอกาสที่เป็นประโยชน์ และเป้าหมาย พิจารณาโอกาสและอุปสรรคที่เป็นไปได้ และระบุเป้าหมายที่ต้องการบรรลุ

2. ขั้นตอนการสำรวจข้อมูล (Exploring Data) เป็นการสำรวจข้อมูลจากหลายแหล่งด้วยมุมมองที่แตกต่างกัน และมุ่งเน้นไปที่ข้อมูลที่สำคัญที่สุดของงานหรือสถานการณ์ที่กำลังเผชิญเพื่อพิจารณาว่าอะไรที่รู้อยู่แล้ว อะไรที่จำเป็นต้องรู้หรือต้องการรู้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นหัวใจของเรื่อง

3. ขั้นตอนการวางกรอบของปัญหา (Framing Problems) เป็นการสร้างแนวทางหรือประเด็นที่ก่อให้เกิดปัญหาขึ้นซึ่งอาจมีความหลากหลายและจำนวนมาก จากนั้นจึงมุ่งเน้นไปที่การคิดหาแนวคิดที่สร้างสรรค์เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาและอะไรเป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา (Scene Rating Ideas) ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยเพียงขั้นตอนเดียว ซึ่งเกี่ยวข้องกับการหา/สร้างแนวทางที่มีความเป็นไปได้ใหม่ๆ หลาย ๆ แนวทาง จากมุมมองความคิดเชิงสร้างสรรค์ของคนหลายคนและจากการระดมสมอง

ซึ่งมีทั้งคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดเริ่ม จากนั้นจึงพิจารณาแนวทาง/แนวคิดที่ได้สร้างขึ้นและระบุแนวทางที่น่าสนใจหรือมีแนวโน้มที่อาจจะนำไปปรับ พัฒนา และนำไปใช้ดำเนินการแก้ปัญหาได้

องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ (Preparing for Action) เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มจะสามารถดำเนินการแก้จริง และเตรียมความพร้อมสำหรับการดำเนินการให้ประสบความสำเร็จ ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถพัฒนาแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหานั้นให้มีความแข็งแกร่งมากยิ่งขึ้น และทำการพิจารณาเลือกแนวทางหรือวิธีการที่สามารถสร้างโอกาสในการแก้ปัญหาได้ประสบความสำเร็จสูงที่สุด โดยอาจใช้เพียงขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งหรือทั้งสองขั้นตอนดังนี้

1. การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา (Developing Solutions) เป็นการประยุกต์ใช้กลยุทธ์และเครื่องมือเพื่อวิเคราะห์ พัฒนา และปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ เพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดและแก้ปัญหาได้จริง

2. การสร้างการยอมรับ (Building Acceptance) เป็นการพิจารณาแนวทางหรือวิธีการที่สนับสนุน ลด เอาชนะอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้เพื่อให้การแก้ปัญหาบรรลุผลสำเร็จ และวางแผนเลือกวิธีการเฉพาะเพื่อดำเนินการปฏิบัติและประเมินผลลัพธ์และประสิทธิภาพของวิธีการนั้น

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning Your Approach) เป็นการพิจารณาแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีการปฏิบัติจริงให้ได้ทิศทางตามที่ต้องการ ซึ่งขั้นตอนนี้จะถูกใช้เมื่อจำเป็นต้องมีการตัดสินใจว่าจะใช้ CPS หรือเพื่อการตรวจสอบกำกับติดตามเพื่อการจัดการ และเพื่อปรับเปลี่ยนกิจกรรมตามการใช้ CPS โดยมี 2 ขั้นตอนย่อยดังนี้

1. การประเมินภาระงาน (Appraising Tasks) เป็นการพิจารณาว่าวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ได้เลือกจากขั้นตอนการสร้างการยอมรับนั้น มีแนวโน้มในการจัดการกับปัญหาได้หรือไม่มีพันธะ ข้อจำกัด และเงื่อนไขใดที่ต้องพิจารณาหรือไม่ เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (คนที่เกี่ยวข้อง ผลลัพธ์ที่ปรารถนา บริบทแวดล้อมในการทำงาน และวิธีการที่สามารถใช้ได้)

2. การออกแบบกระบวนการแก้ปัญหา (Designing Process) เป็นการใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับภาระงานและความต้องการของบุคคล เพื่อวางแผนองค์ประกอบ ขั้นตอน หรือเครื่องมือของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้มีความเหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

องค์ประกอบของการแก้ปัญหาเป็นส่วนสำคัญที่เด็กต้องได้รับการส่งเสริมและพัฒนาเพื่อนำไปสู่ความสมารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวเกี่ยวข้องกับพัฒนาการและความสมารถตามวัย กาฝึกฝนให้เด็กอยู่ในสถานการณ์ที่ให้เด็กเกิดความอยากรู้อยากเห็น มีความท้าทาย กระตุ้นให้เด็กต้องการค้นคว้า เรียนรู้ และฝึกปฏิบัติ ตลอดจนครูจำต้องมีบทบาทที่จะอำนวยความสะดวก และสนับสนุนให้เด็กได้คิดแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อนำไปสู่

ผลของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ที่เป็นสิ่งแปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม หลากหลายและมีคุณค่าเกิดประโยชน์

ธนูศักดิ์ มูลตองคะ, และอภิชาติ เนียมวงษ์ (2563) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ที่ประกอบด้วย ความสามารถทั้ง 6 ด้าน แต่ละด้านเริ่มต้นจากกิจกรรมแบบไดเวอร์เจนด์ (Divergent Activity) และสิ้นสุดด้วยกิจกรรมแบบคอนเวอร์เจนต์ (Convergent Activity) ดังนี้

1. ความสามารถในการค้นพบเป้าหมาย (Objective Finding Ability) หมายถึง ความพยายามในการระบุสถานการณ์ปัญหาให้มีรูปแบบที่ท้าทายมากยิ่งขึ้น ความสามารถในการค้นพบข้อเท็จจริง (Fact Finding Ability) หมายถึง ความพยายามในการระบุข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับบริบทของสถานการณ์ปัญหา ข้อค้นพบ และระบุข้อมูลที่สำคัญที่ไม่ได้มีอยู่ในสถานการณ์ปัญหาแต่มีความสำคัญ

2. ความสามารถในการค้นหาปัญหา (Problem Finding Ability) หมายถึง ความพยายามในการระบุปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมด แล้วนำปัญหาเหล่านั้นมาเรียงลำดับตามความสำคัญ

3. ความสามารถในการค้นพบแนวคิด (Idea Finding Ability) หมายถึง ความพยายามในการระบุวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายและมีความเป็นไปได้สำหรับแก้สถานการณ์ปัญหา

4. ความสามารถในการค้นพบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Finding Ability) หมายถึง การใช้รายการวิธีการแก้ปัญหาจากการค้นพบแนวคิด โดยเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาอีกครั้ง

5. ความสามารถในการค้นพบการยอมรับ (Acceptance Finding Ability) หมายถึง ความพยายามในการเพิ่มความสามารถการวางแผนการปฏิบัติ และนำวิธีการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้

จากการศึกษาองค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทำให้ผู้วิจัย ได้นำแนวคิดของ Treffinger, Isaksen, & Dorval (2010) เห็นความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่

องค์ประกอบที่ 1 ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Challenge) นักเรียนมีการตรวจสอบเป้าหมาย โอกาส หรืออุปสรรคในภาพรวมของปัญหา รวมถึงการสร้างความคิดเพื่อกำหนดทิศทางหลักในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 2 ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา (Generating Ideas) นักเรียนหา/สร้างแนวทางที่มีความเป็นไปได้ใหม่ๆ หลายๆ แนวทาง จากมุมมองความคิดเชิงสร้างสรรค์ จากนั้นจึงพิจารณาแนวทาง/แนวคิดที่ได้สร้างขึ้นและระบุแนวทางที่น่าสนใจที่อาจจะนำไปปรับ พัฒนา และนำไปใช้ดำเนินการแก้ปัญหาได้

องค์ประกอบที่ 3 ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ (Preparing for Action) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสำรวจหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มจะสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้จริง และเตรียมความพร้อมสำหรับการดำเนินการให้ประสบความสำเร็จ

องค์ประกอบที่ 4 ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ (Planning Your Approach) นักเรียนพิจารณาแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีการปฏิบัติจริงให้ได้ทิศทางตามที่ต้องการเพื่อวางแผนองค์ประกอบขั้นตอนหรือเครื่องมือของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้มีความเหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปสู่บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งวัดได้จากแบบบันทึกกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และชิ้นงานของนักเรียน

3. กระบวนการในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

Davis (1983 อ้างถึงใน จุฑารัตน์ เกาะหวาย, 2563, น. 44-45) ได้กล่าวถึง กระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ ตามที่มูลนิธิเพื่อการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ (The Creative Education Foundation) ใช้อยู่ในปัจจุบัน เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ กระบวนการนี้จะเริ่มต้นด้วยการมีปัญหาที่ยุ่งเหยิง (Mess) กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แบ่งออกเป็นขั้นๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การค้นหาความจริง (Fact finding) เมื่อเกิดปัญหาที่ทำให้มีความวิตกกังวลจำเป็นต้องพยายามหาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อทำให้ทราบว่าปัญหานั้น คืออะไร

ขั้นที่ 2 การค้นหาปัญหา (Problem finding) จากขั้นที่ 1 เมื่อได้ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาแล้วในขั้นนี้จะพิจารณาถึงมูลเหตุและแนวทางที่เป็นไปได้ โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในหลายๆ แนวทางให้ได้มากที่สุด จากนั้นจึงนำแนวทางทั้งหมดมาคัดเลือกหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดเพียง 1 หรือ 2 แนวทาง แล้วตั้งเป็นประเด็นปัญหาเพื่อค้นหาวิธีการแก้ไขต่อไปในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 3 การค้นหาความคิด (Idea Finding) เมื่อได้ประเด็นปัญหาจากขั้นที่ 2 แล้ว ในขั้นนี้เป็นการระดมความคิดเพื่อหาวิธีการที่จะแก้ปัญหาตามประเด็นที่ตั้งไว้อย่างอิสระ โดยไม่มีการประเมินความเหมาะสมในขั้นนี้

ขั้นที่ 4 การค้นหาคำตอบ (Solution finding) ในขั้นนี้เป็นขั้นตอนของการพิจารณาคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดจากวิธีการที่หามาได้ในขั้นที่ 3 โดยเริ่มแรกจะต้องหาหลักเกณฑ์ในการเลือก เช่น ความประหยัด ความรวดเร็ว เป็นต้น เมื่อได้หลักเกณฑ์ที่เหมาะสมแล้ว จึงนำหลักเกณฑ์ดังกล่าวไปพิจารณาคัดเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 5 การค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ (Acceptance finding) ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเอาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดจากขั้นที่ 4 มาพิสูจน์ให้เห็นว่าสามารถนาไปใช้ได้จริง รวมทั้งการเผยแพร่ความคิดนั้นให้ผู้อื่นลองปฏิบัติเพื่อให้เป็นที่ยอมรับ

สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554, น. 25 อ้างถึงใน จุฑารัตน์ เกาะหวาย, 2563, น. 45-46) ได้สังเคราะห์แนวคิดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และสามารถสรุปเป็นขั้นตอนซึ่งมีทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปัญหา คือ การทำความเข้าใจ ทำความรู้จักกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาโดยศึกษารายละเอียดของสถานการณ์อย่างรอบด้าน เพื่อระบุปัญหาที่จะต้องแก้ไขสำรวจข้อมูลจากแหล่งข้อมูล กำหนดกรอบของปัญหา ประกอบด้วย 1) เห็นความสำคัญ คือ ระบุและอธิบายความสำคัญของปัญหาทั้งในความคิดของตนเองและผู้อื่น รวมถึงมีความคิดที่เหมาะสมต่อปัญหา 2) การสำรวจข้อมูล คือ การสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อทำความเข้าใจกับสถานการณ์อย่างรอบด้าน 3) การระบุปัญหา คือ การตัดสินว่าปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดนั้นมีปัญหาใดที่เป็นปัญหาที่แท้จริงและต้องนำมาแก้ไข และความคิดใดเป็นความคิดที่เหมาะสมต่อการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 การคิดวิธีการแก้ปัญหา คือ การใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการหาวิธีแก้ปัญหาให้มากที่สุด โดยไม่มีการตัดสินว่าความคิดใดที่ผิดหรือถูก ยึดมั่นว่าความคิดที่ได้เป็นความคิดที่สำคัญสำหรับการแก้ปัญหา รวมถึงการสร้างวิธีการแก้ปัญหาใหม่จากวิธีการแก้ปัญหาเดิม

ขั้นที่ 3 การเลือกและเตรียมการ คือ การประเมินวิธีการแก้ปัญหาด้วยเกณฑ์ที่สร้างขึ้นจนได้วิธีที่ดีที่สุด จากนั้นจึงพิจารณาสิ่งสนับสนุนและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการแก้ปัญหาและการวางแผนใหม่โดยมีขั้นตอน คือ 1) การเลือกวิธีการแก้ปัญหา โดยการสร้างเกณฑ์คัดเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดทำการประเมินวิธีการแก้ปัญหาและเลือกวิธีการแก้ปัญหา 2) การคาดการณ์ผลกระทบเป็นการระบุสิ่งสนับสนุนและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการแก้ปัญหา ระบุทรัพยากรที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 การวางแผนการแก้ปัญหา คือ การวางแผนการแก้ปัญหา เป็นการประกันความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหา ตรวจสอบ ติดตาม ปรับปรุงกิจกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้ ความสามารถและข้อจากัดของบุคคล บริบท เงื่อนไขทรัพยากร และอุปสรรค ซึ่งมีขัน้ ตอน คือ 1) การประเมินทรัพยากร คือ การระบุแนวทางและทรัพยากรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา 2) การออกแบบกระบวนการ เป็นการวางขั้นตอนและกิจกรรมการแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มพร้อมกับระบุขั้นตอนการทำงานให้เกิดประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 5 การลงมือปฏิบัติ คือ การนำแผนที่วางไว้ ไปปฏิบัติจริง การกำกับและติดตามการแก้ปัญหาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ หรือเป้าหมายที่วางไว้ มีการสังเกตและบันทึกพฤติกรรมการแก้ปัญหา เมื่อเป็นไปตามที่วางแผนไว้จึงให้การเสริมแรงตนเอง ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย 1) การลงมือปฏิบัติเป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนสังเกต และสะท้อนและปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหา 2) การเผชิญปัญหา คือ การจัดการกับความรู้สึกของตนเองระหว่างการแก้ปัญหาประกอบด้วยการสังเกตและบันทึกพฤติกรรมของตน เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ พร้อมกับการควบคุมและเสริมแรงตนเอง

กัญญารัตน์ โคจร (2554, น. 148-149 อ้างถึงใน จุฑารัตน์ เกาะหวาย, 2563, น. 46-47) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (CPS) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ CPS จะเน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ทำกิจกรรมและฝึกการคิดสร้างสรรค์ควบคู่ไปกับการคิดอย่างมีเหตุผล ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engaging) เป็นขั้นตอนการเร้าความสนใจให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้น ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน และเป็นการสำรวจทบทวนมโนทัศน์ ความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนสำหรับการเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่

ขั้นที่ 2 สำรวจตรวจสอบทำความเข้าใจปัญหา (Problem Exploring) สำรวจและทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาให้ครอบคลุมทุกด้าน และกำหนดขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจน

ขั้นที่ 3 สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา (Solution Creating) เป็นขั้นที่เน้นการฝึกทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้นักเรียน โดยการสร้างทางเลือก แนวคิดของการตอบ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Plan Executing) เป็นการจัดกิจกรรมในขั้นตอนการฝึกคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยการคิดออกแบบ วางแผน ลงมือปฏิบัติตามแผน เก็บรวบรวมข้อมูล หลักฐาน และนำมาสร้างมโนทัศน์ คำอธิบายของสถานการณ์ปัญหาด้วยตัวเอง

ขั้นที่ 5 การตรวจสอบ ยอมรับ และขยายองค์ความรู้ (Concept Examining) เป็นการทำกิจกรรมสำรวจ ตรวจสอบคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้นกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบัน รวมทั้งแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ คำอธิบายที่สร้างขึ้นกับเพื่อน ๆ ในห้องเรียน

จากแนวคิดของนักวิชาการเกี่ยวกับกระบวนการในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ผู้วิจัยได้นำแนวคิด ของ กัญญารัตน์ โคจร มาปรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทำกิจกรรมและฝึกทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ระหว่างการทำกิจกรรม

4. การวัดและประเมินผลของทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2543 อ้างอ้างถึงใน จุฑารัตน์ เกาะหวาย, 2563, น. 49) ได้แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไว้ 3 ข้อ โดยยึดหลักการให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของทอร์แรนซ์ ดังนี้

1. การให้คะแนนความคล่องแคล่วในการคิดพิจารณาจากคาตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน

2. การให้คะแนนความยืดหยุ่นในการคิดพิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบให้กับนักเรียนแต่ละคน โดยคำนึงถึงวิธีการคิดที่แตกต่างกัน ต่อสิ่งเร้าหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยให้คะแนนคำตอบเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 1 คะแนน

3. การให้คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่คาตอบของนักเรียนทั้งหมดที่มีความถี่จากกลุ่มตั้งแต่ 2 - 4.99 เปอร์เซ็นต์ จะได้ 1 คะแนน ถ้าเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกับกลุ่มเลยจะได้ 2 คะแนน ถ้าความถี่เกินกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะไม่ถือเป็นความคิดริเริ่ม หรือให้คะแนนตามสัดส่วนของความถี่ของคำตอบ ตามวิธีการของ Cropley (1996) คำตอบใดที่กลุ่มตัวอย่างตอบซ้ำกันมาก ๆ ก็ให้คะแนนน้อย หรือไม่ได้เลย ถ้าคำตอบยิ่งซ้ำกับคนอื่นน้อยหรือไม่ซ้ำคนอื่นเลย ก็จะได้คะแนนมากขึ้น

ปริญญา พวงจันทร์ (2557) ได้กล่าวว่า กระบวนการของความคิดสร้างสรรค์และการคิดแก้ปัญหามีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดและผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นผลผลิตใหม่นั้น นับเป็นผลลัพธ์สุดท้ายของกระบวนการแก้ปัญหา ด้วยเหตุนี้การประเมินผลผลิตของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ จึงสามารถนำหลักเกณฑ์การประเมินผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์มาอธิบายไปด้วยกัน การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นทักษะการ คิดในระดับสูงนั้น เครื่องมือควรมีลักษณะดังนี้

1. ปัญหาที่ถามควรเป็นปัญหาสำคัญที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้บ่อย ๆ
2. วัดทักษะรวม ไม่ใช่วัดแยกเป็นส่วน ๆ
3. มีทางเลือกในการตีความหรือการตัดสินใจแก้ปัญหา
4. เป็นคำถามเปิดสำหรับให้อธิบายเหตุผล
5. เป็นคำถามในเชิงเชื่อมโยงความคิดหรือการสรุปทั่วไป
6. วัดทักษะการคิดขั้นสูง เช่น ให้วางแผน ให้บอกกระบวนการแก้ปัญหา ให้คิดต่อไปว่าทำอย่างไรจึงจะทำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เป็นต้น

ศศิธร ศรีวงษ์ญาติดี, และเนาวนิตย์ สงคราม (2560) ได้เสนอแนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในทิศทางเดียวกันว่า การประเมินการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สามารถพิจารณาได้จากการสังเกตและการใช้คำถาม ในขณะที่เด็กปฏิบัติกิจกรรมทั้งกิจกรรมรายบุลคลและกลุ่ม ด้วยการบันทึกภาพ พฤติกรรม และการสัมภาษณ์ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมและผลงาน การประเมินผลงาน โดยทำการประเมินเป็นระยะต่อเนื่องเพื่อพัฒนาการความก้าวหน้า ในการแสดงออกของการปฏิบัติกิจกรรมที่แสดงถึงการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ การสัมภาษณ์ที่มีการเตรียมคำถามให้เด็กได้แสดงความคิดเห็นต่อการแสดงออก และต่อผลงานที่สังเกตจากการใช้ภาษา การเรียบเรียงคำพูด และการประยุกต์ใช้ต่อสิ่งที่เด็กแสดง ออกในทางสร้างสรรค์และนำเสนอผลงานของตนเองด้วยความภูมิใจ

พันทิพา อมรฤทธิ์ (2559) กล่าวว่าการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1. การประเมินความสามารถในการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้แบบวัดความสามารถใน การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 1) ความสามารถในการทำความเข้าใจต่อปัญหา ค้นหาข้อมูลและความจริง 2) ความสามารถในการสะสมและรวบรวมแนวคิดและแนวการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 3) ความสามารถในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อย่างเหมาะสม 4) ความสามารถในการประเมินผลงานเพื่อการวางแผน ในกระบวน การแก้ปัญหา

2. การประเมินผลงานสื่อทรัพยากร ทางการศึกษาแบบเปิดเชิงสร้างสรรค์จากแนวคิดเกี่ยวกับแนวทางการวัดและประเมิน ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักการศึกษาต่าง ๆ ที่ได้เสนอกันไว้ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การวัดและประเมินความสามาร ถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ แบ่งเป็น 2 วิธี คือ 1) การใช้แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์และการใช้คำถามในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม 2) การใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และการประเมินผลงาน จะทำการประเมินเป็นระยะต่อเนื่องเพื่อดูพัฒนาการความก้าวหน้าในการแสดงออกของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

จากการศึกษาการวัดและประเมินผลของทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้นำแนวทางการวัดและประเมินผลของทักษะแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของ ศศิธร ศรีวงษ์ญาติดี มาปรับการประเมินให้เหมาะสมกับกิจกรรม มีการสังเกตและการใช้คำถาม ในขณะที่เด็กปฏิบัติกิจกรรมทั้งกิจกรรมรายบุคคล ด้วยการบันทึกภาพ การสัมภาษณ์ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมและชิ้นงาน การประเมินชิ้นงาน โดยทำการประเมินเป็นระยะต่อเนื่องเพื่อดูพัฒนาการความก้าวหน้าในการแสดงออกของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

จิระประภา คำภาเกะ (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกโดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ทดสอบสมมติฐาน โดยใช้นักเรียนของโรงเรียนราษฎร์บำรุงธรรม จำนวน 23 คน สรุปผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์ หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่า

ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยเรียงตามลำดับได้ดังนี้ ด้านสื่อการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการร่วมกิจกรรม และได้รับข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติม ดังนี้ อยากให้ครูจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยมีเกมคณิตศาสตร์แบบนี้ทุกครั้งที่เรียน สื่อการสอนที่ครูเตรียมมามีความน่าสนใจ สนุกสนาน และกิจกรรมทำให้นักเรียนได้รับความรู้เพิ่มเติม

ปิยาภรณ์ ขาวทอง (2564) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง รูปหลายเหลี่ยมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิด สะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรมแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ วิธีวิเคราะห์ข้อมูล คือ การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและสถิติบรรยาย ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า แนวการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ควรใช้สถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับรูปหลายเหลี่ยมที่มีแนวทางการแก้ไขได้หลายแนวทาง และสามารถบูรณาการความรู้กับสะเต็มศึกษาได้ ครูจัดเตรียมอุปกรณ์ สื่อของจริงที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวันและแหล่งพื้นที่ในชุมชนที่นักเรียนสามารถลงพื้นที่จริงได้ อีกทั้งครูควรกระตุ้นให้นักเรียนประยุกต์ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาโดยใช้คำถามปลายเปิดและเปิดโอกาสให้นักเรียนเขียนแนวทางการแก้ปัญหาของตนและแลกเปลี่ยนแนวทางการแก้ปัญหากับสมาชิกในกลุ่ม ผลการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เมื่อพิจารณาระดับความสามารถตามองค์ประกอบพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาอยู่ในระดับดีมาก ร้อยละ 45.83 ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาและการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการอยู่ในระดับดี ร้อยละ 50.00 และ 41.67 ตามลำดับ และความสามารถในการการวางแผนการปฏิบัติอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 41.67

นิสา คีรีรมย์ (2565) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามรูปแบบ 3CM (Cool-Critical-Creative-Meaningful) ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง เศษส่วนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามรูปแบบ 3CM (Cool-Critical-Creative-Meaningful) ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และ 2) เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามรูปแบบ 3CM ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง เศษส่วน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/1 จำนวน 35 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ โดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 11 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามรูปแบบ 3CM เรื่อง เศษส่วน จำนวน 3 แผน ใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าผลการศึกษาค้นคว้าอิสระ พบว่า

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามรูปแบบ 3CM (Cool-Critical-Creative-Meaningful) เรื่อง เศษส่วน มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้น ได้แก่ ชั้นที่ 1 สร้างแรงจูงใจและกระตุ้นการเรียนรู้ (COOl) ขั้นที่ 2 วิพากษ์ วิจารณ์ และวิเคราะห์ (Critical) ชั้นที่ 3 สร้างสรรค์แนวคิด (Creative)และขั้นที่ 4 ยืนยันและสะท้อนผล (Meaningful) มีประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ การเลือกใช้บทเรียนบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ควรเป็นบทเรียนที่ดึงดูดหรือกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้มากกว่าการสอนแบบปกติ การออกแบบสถานการณ์ปัญหาให้เชื่อมโยงกับบริบทชีวิตจริงนักเรียนและหมาะสมกับวัยของนักเรียน การยกตัวอย่างในสถานการณ์ใหม่ที่สร้างสรรค์และประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาใหม่ได้ การกระตุ้นให้นักเรียนร่วมทำกิจกรรมกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ และการสะท้อนผลหลังการจัดการเรียนรู้

2. นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาความสามารถรายด้าน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการค้นพบความจริงและความสามารถในการค้นพบปัญหาอยู่ในระดับดีมาก สำหรับความสามารถในการค้นพบแนวคิด ความสามารถในการค้นพบวิธีการแก้ปัญหา และความสามารถในการสร้างสรรค์ความรู้อยู่ในระดับดี

ธนูศักดิ์ มูลตองคะ, และอภิชาติ เนียมวงษ์ (2563) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษางานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 2) ศึกษาพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 34 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ของโรงเรียนปิยะมหาราชาลัย จังหวัดนครพนม ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sam pling) โดยในกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มเพื่อเป็นกลุ่มเป้าหมายในการศึกษาพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นกลุ่มละ 4 คน ซึ่งแต่ละกลุ่มมีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ป่านกลาง และต่ำ โดยผู้วิจัยใช้เวลาในการทดลองทั้งสิ้น 16 คาบเรียนคาบเรียนละ 50 นาที และใช้แผนการวิจัยแบบ One - Group Posttest - Only Design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 2, แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร 3) แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบ Z (Z-Test for Population Proportion) และวิเคราะห์พฤติกรรมตามแบบของอัทซท์และอมอร์-ทอมัส ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม ศึกษา มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.5 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาแสดงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสี่ด้าน ได้แก่ ด้านการทำความเข้าใจปัญหา ด้านการวางแผนการแก้ปัญหา ด้านการดำเนินการแก้ปัญหาและด้านการตรวจสอบ

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Tati & Riandi (2017) ได้ศึกษา การสำรวจผลของการเรียนรู้ทาง STEM ผ่านโครงการออกแบบโมเดลเรือต่อการอ่านเขียนทาง STEM ของนักเรียน มีวัตถุประสงค์คือ การวิเคราะห์ผลของการใช้โครงการออกแบบโมเดลเรือเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ STEM โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งเสริมทักษะอ่านเขียนทาง STEM ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 56 คน ในโรงเรียนมัธยมจังหวัด Kuningan- West Java ประเทศอินโดนีเซีย วิธีการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง โดยมีกลุ่มทดลองก่อนและหลังการทดลองแบบไม่สุ่ม จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 28 คน และกลุ่มควบคุม 28 คน ใช้การเรียนรู้ด้วยโครงงานด้วยวิธี STEM และกลุ่มควบคุมใช้การเรียนรู้ด้วยโครงงานโดยไม่ใช้วิธีการ STEM เครื่องมือทดสอบผลการเรียนรู้ STEM ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้วย STEM ซึ่งประกอบด้วยความรู้ วิทยาศาสตร์ การรู้คณิตศาสตร์ และความรู้ด้านวิศวกรรม เทคโนโลยี การวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ามี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งมีความแตกต่างกันมากกว่า 0.8 ความแตกต่างของ การใช้การจัดการ

เรียนรู้ STEM ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เกิดจากกิจกรรมวิศวกรรมการออกแบบ ซึ่งต้องการให้นักเรียนใช้ความรู้จากทุกสาขาของ STEM ความท้าทายที่ต้องเผชิญในการเรียนรู้ STEM ผ่านกิจกรรมวิศวกรรมการออกแบบเป็นวิธีการให้นักเรียนได้ปฏิบัติ ดังนั้น การฝึกปฏิบัติแบบบูรณาการ STEM ในการแก้ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่ให้การตอบสนองเชิงบวกต่อการใช้ STEM ผ่านการเรียนรู้ผ่านโครงการออกแบบเรือจำลอง

Wahyudi (2019) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการเรียนรู้แบบ 3CM ด้วยการเรียนแบบผสมผสานที่เพิ่มความสามารถในการคิดเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกแบบการทดลองเป็นก่อนและหลังการเรียนรู้ตามรูปแบบ 3CM ผลการวิจัย พบว่าก่อนเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ 3CM นักเรียนจะได้รับการทดสอบเพื่อดูความสามารถในการเริ่มต้น ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าก่อนการทดสอบความสามารถในการคิดเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนอยู่ในระดับป่านกลางและอ่อน ร้อยละ 92.59 คือ 25 คนจาก 27 คน มีเพียงร้อยละ 7.41 หรือ 2 คนเท่านั้นที่มีความคิดเชิงสร้างสรรค์ หลังจากการเรียนรู้ตามรูปแบบ 3CM เป็นเวลา 10 สัปดาห์ นักเรียนจะได้รับการทดสอบหลังเรียนเพื่อดูผลของการเรียนรู้และประสิทธิผลของการเรียนรู้แบบ 3CM พบว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 40.74 หรือ 11 คน จำนวนนักเรียนที่อยู่ในระดับป่านกลางและอ่อน ลดลงเหลือร้อยละ 59.62 หรือ 16 คน ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะเห็นได้ว่าความแตกต่างของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยการเรียนรู้แบบ 3CM ช่วยเพิ่มความสามารถในการคิดเชิงสร้างสร้างสรรค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสิ่งนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดอย่างเป็นระบบ เริ่มต้นด้วยการวิพากษ์วิจารณ์ปัญหาตามบริบทที่น่าสนใจ และจบด้วยการให้เหตุผลที่สอดคล้อง ทำให้มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นักเรียนได้

Rehmat and Hartley (2020) ศึกษาการสร้างความตระหนักในวิศวกรรมผ่านการใช้วิธีการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาสำหรับการผสมผสานทาง STEM โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้วิธีการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) ในการผสมผสานทาง STEM โดยเฉพาะในการสร้างความตระหนักในวิศวกรรม กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนกลุ่มควบคุมหรือกลุ่มการเรียนรู้แบบดั้งเดิม (traditional learning group: TL) จำนวน 46 คน และกลุ่มทดลองหรือกลุ่มการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem-based learning group: PBL) จำนวน 52 คน จะเห็นได้ว่าตัวอย่างนักเรียนในสองกลุ่มกลุ่มจะแตกต่างกันเนื่องจากนักเรียนบางคนไม่ได้มีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ในงานวิจัย อย่างไรก็ตาม ทุกห้องเรียนมีความหลากหลายเท่ากันตามที่เกี่ยวข้องกับลักษณะประชากรและระดับความสำเร็จทางการเรียนรู้ ผลจากการศึกษาพบว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน PBL เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีประโยชน์สำหรับการผสมผสานทาง STEM และการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน PBL สามารถเป็นประโยชน์ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน

การศึกษาระดับ K-12 และบางครั้งอาจเหมาะสมสำหรับนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการต่าง ๆ นอกจากนี้ การผสมผสานรวมกันของเนื้อหาทาง STEM สามารถกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์และมีผลต่อการใช้จินตนาการของนักเรียนในการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ PBL นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ผสมผสาน PBL สามารถให้ประสบการณ์ที่เป็นระบบและมีความหมายในโลกจริงซึ่งสามารถเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนสำหรับอนาคตได้

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION มีส่วนสำคัญในการเรียนรู้ของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ส่งเสริมให้นักเรียนแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ละขั้นตอน โดยใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลายและมีความเหมาะสมกับสภาพปัญหาที่นักเรียนจะแก้ไขได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาแนวการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ ในประเพณีไหลแพไฟ จังหวัดอุตรดิตถ์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยดำเนินการตามขั้นตอนวิธีวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในอำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 2 คน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

จากบริบทของโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการเรียนการสอน เป็นโรงเรียนขยายโอกาสตั้งอยู่ในชุมชนแห่งหนึ่งในอำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งเป็นอำเภอหนึ่งที่อยู่ห่างจากตัวเมือง ประมาณ 25 กิโลเมตร ซึ่งชุมชนแห่งนี้มีแม่น้ำน่านไหลผ่านซึ่งเปรียบเสมือนเส้นเลือดใหญ่ที่หล่อเลี้ยงประชาชนชาวเมืองตรอนมาโดยตลอด เพราะอาชีพหลักของประชาชน คือ ทำการเกษตร คนในชุมชนจึงพร้อมใจกันจัดงานประเพณีไหลแพไฟ เป็นพิธีขอบคุณพืชพันธุ์ธัญญาหารและสายน้ำ รวมถึงแสดงวิถีชีวิตของชาวบ้านในอำเภอตรอน ซึ่งจัดเป็นประจำทุกปี ประเพณีไหลแพไฟที่ชาวบ้านยึดถือเป็นสิ่งที่ยึดเหนี่ยวจิตใจพวกเขาสืบต่อกันมาไม่ว่าสังคมจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร แต่สิ่งที่เขายึดมั่นยังคงอยู่และยังคงถ่ายทอดกันต่อไปจากรุ่นสู่รุ่น จากสภาพบริบทที่กล่าวมาจะทำให้มองเห็นสิ่งแวดล้อมในการดำรงชีวิตของนักเรียนเป็นสังคมแห่งวัฒนธรรม สังคมแห่งการหล่อหลอมจากรุ่นสู่รุ่น เมื่อนักเรียนจบการศึกษาออกไปยังคงต้องใช้ชีวิตกับสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ ซึ่งเป็นวิถีชีวิตที่แตกต่างไปจากสังคมในเมืองใหญ่ ๆ

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยการวิจัยดังกล่าวเน้นการศึกษาด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยมีขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่เป็นวงจรต่อเนื่องกัน ตามแนวคิดของ Kemmis (1996, อ้างถึงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 149-151) ดังนี้

ขั้นวางแผน (Plan)

1. ผู้วิจัยสำรวจสภาพปัญหาในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และวิเคราะห์สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2. ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

3. ผู้วิจัยวางแผนและสร้างเครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก จำนวน 3 แผน แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

4. ผู้วิจัยเตรียมกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ได้แก่ เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ในการทำกิจกรรม เครื่องมือในการสังเกตการณ์

ขั้นปฏิบัติ (Act)

ผู้วิจัยนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้น โดยผู้วิจัยจะดำเนินกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เพื่อนำผลไปปรับปรุงการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำต่อเนื่องจนครบ 3 วงจร

ขั้นสังเกต (Observe)

ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยและผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พร้อมทั้งมีการบันทึกเทปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เครื่องบันทึกวิดีโอ เพื่อใช้ประกอบการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย พร้อมกับการมอบหมายให้นักเรียนทำแบบบันทึกกิจกรรมและชิ้นงานในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เมื่อครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้วนักเรียนจะทำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เพื่อประเมินทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียน

ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ผู้วิจัยประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดย ผู้วิจัยสะท้อนผลการปฏิบัติหลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ เพื่อให้ได้แนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อ ๆ ไปให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จนครบ 3 วงจร แล้วจึงรวบรวมข้อมูลเพื่อสรุปผลในภาพรวมในการวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

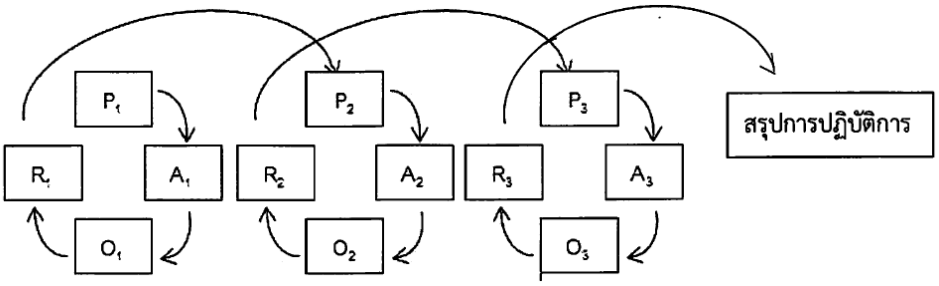
ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยมีลักษณะทำซ้ำเป็นวงจร ทั้งหมด 3 วงจร แบ่งได้ดังนี้

วงจรที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ)

วงจรที่ 2 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปริมาตรของของปริซึม (โครงประดับแพไฟ)

วงจรที่ 3 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนไฟประดับ)

แผนของวงจรปฏิบัติการถัดไปจนครบทั้งหมด 3 วงจรเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังภาพ 4



ภาพ 4 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วน ตามคำถามของการวิจัย รายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงคำถามวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

คำถามวิจัย	เครื่องมือ
1. การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก มีลักษณะอย่างไร	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ชิ้นงานของนักเรียน
2. ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เปลี่ยนแปลงหรือไม่	แบบบันทึกกิจกรรม แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก จำนวน 3 แผน รวมใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) จำนวน 4 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปริมาตรของของปริซึม (โครงประดับแพไฟ) จำนวน 4 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนไฟประดับ) จำนวน 4 ชั่วโมง

ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์แผนการจัดการเรียนรู้กับเวลา

วงจรปฏิบัติการที่	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	แบบบันทึกกิจกรรม	จำนวน (ชั่วโมง)
1	1	พื้นที่ผิวของปริซึม		4
2	2	ปริมาตรของปริซึม		4
3	3	พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก		4
		รวม		12

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.2.1 แบบบันทึกกิจกรรม

1.2.2 แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2.3 ชิ้นงานของนักเรียน

1.2.4 แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นไปตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลาง สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยศึกษารายละเอียดดังต่อไปนี้ มาตรฐาน ตัวชี้วัด กระบวนการจัดการเรียนรู้รวมถึงคู่มือการออกแบบกิจกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. ศึกษาเนื้อหาเรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก จากหนังสือเรียน คู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเว็ปไซต์

3. ศึกษาแนวคิดหลักการเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

4. ศึกษาสภาพบริบทในโรงเรียน และชุมชนของนักเรียนเพื่อสร้างกิจกรรมในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

5. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

6. จัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบSTEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก จำนวน 3 แผน โดยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง ดังนี้

ตาราง 6 แสดงความสัมพันธ์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเวลา

วงจรปฏิบัติการ	แผนการจัดการเรียนรู้	บูรณาการ				สถานการณ์	ชิ้นงาน	เวลา (ชั่วโมง)
		คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม			
1	เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม	**สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต** ค2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	**สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ** ว 2.2 ม.2/4 วิเคราะห์แรงพยุงและการจม การลอยของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์	**สาระที่ 4 เทคโนโลยี** ว4.1 ม.1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	**สาระที่ 4 เทคโนโลยี** ว4.1 ม.2/4 ทดสอบประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้กรอบเงื่อนไข พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา	ฐานแพไฟ	ออกแบบฐานแพไฟโดยการร่างแบบใน Power Point และสร้างชิ้นงาน	4

วงจรปฏิบัติการ	แผนการจัดการเรียนรู้	บูรณาการ				สถานการณ์	ชิ้นงาน	เวลา (ชั่วโมง)
		คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม			
2	เรื่อง ปริมาตรของปริซึม	**สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต** ค2.1 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	**สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ** ว 2.2 ม.2/4 วิเคราะห์แรงพยุงและการจม การลอยของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์	**สาระที่ 4 เทคโนโลยี** **สาระที่ 4 เทคโนโลยี** ว4.1 ม.1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	**สาระที่ 4 เทคโนโลยี** ว4.1 ม.2/4 ทดสอบประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้กรอบเงื่อนไข พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา	โครงประดับแพไฟ	โมเดลแพไฟ	4

วงจรปฏิบัติการ	แผนการจัดการเรียนรู้	บูรณาการ				สถานการณ์	ชิ้นงาน	เวลา (ชั่วโมง)
		คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม			
3	เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก	**สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต** ค2.1 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	**สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ** ว 2.1 ม.1/10 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และแบบจำลอง	**สาระที่ 4 เทคโนโลยี** ว4.1 ม.1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	**สาระที่ 4 เทคโนโลยี** ว4.1 ม.2/4 ทดสอบประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้กรอบเงื่อนไขพร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา	เทียนไฟประดับ	โมเดลแพไฟที่สมบูรณ์	4

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยพิจารณาเพื่อรับข้อเสนอแนะ

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาชโรงเรียน จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบถึงความสอดคล้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

9. ปรับปรุงแก้ไขให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยและผู้เชี่ยวชาญ

10. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขเรียบร้อยแล้วไปใช้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนต่อไป โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

2.2. แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยขณะที่ดำเนินกิจกรรมโดยผู้ร่วมสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งเป็นครูประจำการกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ผู้วิจัยและผู้ร่วมสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะทำการจดบันทึกบรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนในแต่ละวงจรว่าเป็นอย่างไร มีความเหมาะสมหรือไม่ สามารถช่วยส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้หรือไม่ อย่างไร และควรแก้ไขปรับปรุงอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการและหลักการสร้างแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2. กำหนดขอบเขตของการสังเกต ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยสามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ได้จริงหรือไม่ อย่างไร โดยพิจารณาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละชั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีปัญหาและอุปสรรคอย่างไร และมีแนวทางการแก้ไขปรับปรุงอย่างไร

3. สร้างแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4. นำแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระตรวจเพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำ

2.3 แบบบันทึกกิจกรรม

แบบบันทึกกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อ

เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนเขียนบันทึกทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใบกิจกรรมการเรียนรู้จะเป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งแต่ละใบกิจกรรมการเรียนรู้ มีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

2.3.1 ศึกษาค้นคว้าเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก วิเคราะห์เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในแบบบันทึกกิจกรรมสำหรับการพัฒนาและประเมินทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ สร้างแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีข้อคำถามสอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ กำหนดเกณฑ์การประเมินทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ในแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาระดับคุณภาพที่สอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของ สสวท. (2555, น. 93)

2.3.2 นำแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระและผู้เชี่ยวชาญตรวจเพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสม และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำ

2.3.3 จัดทำแบบบันทึกกิจกรรม

2.3.4 นำแบบบันทึกกิจกรรมใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

2.4 แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION ซึ่งแบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยชนิดไม่จำกัดคำตอบซึ่งทำการทดสอบหลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ครบทุกวงจร โดยแบบทดสอบจะใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง 1 สถานการณ์และสถานการณ์ที่เกี่ยวกับการคำนวนเรื่องของพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกโดยให้นักเรียนเลือกสถานการณ์ ในการทำแบบทดสอบ 1 สถานการณ์ที่นักเรียนสนใจ แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ มีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

2.4.1 ผู้วิจัยศึกษาเอกสารตำราทางวิชาการ งานวิจัย ทั้งต่างประเทศ และในประเทศที่เกี่ยวข้องกับทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เพื่อกำหนดกรอบการศึกษาองค์ประกอบของคุณลักษณะของนักเรียนที่มีทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

2.4.2 ผู้วิจัยสร้างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามแนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

2.4.3 นำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

2.4.4 ปรับปรุงแก้ไขแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

2.4.5 จัดทำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้กลุ่มเป้าหมาย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก จำนวน 3 แผน รวมใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 15 ชั่วโมง ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ปฐมนิเทศและชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนที่เข้าร่วมวิจัยทราบเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

2. ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามรูปแบบของการวิจัยปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการรวมใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง

3. ในขณะทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์การคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ รวมถึงสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ทำการบันทึกข้อมูลในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วทำการวิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับแนวทางการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ และหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นผู้วิจัยนำผลที่ได้ไปปรับปรุงในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรถัดไป

4. หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละกิจกรรม ผู้วิจัยทำการสะท้อนผลจากแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยร่วมกับผู้มีส่วนร่วมในการทำวิจัยสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วทำการวิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับแนวทางการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ และหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นผู้วิจัยนำผลที่ได้ไปปรับปรุงในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรถัดไป

5. นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมทั้งหมดไปวิเคราะห์ผลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ มาวิเคราะห์ โดยการวิเคราะห์นั้นจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ 2 ข้อดังนี้

1. เพื่อศึกษาแนวการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ผู้วิจัยได้ทำ

การวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อสิ้นสุดกระบวนการในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และทำการวิเคราะห์โดยภาพรวมเมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ครบทั้ง 3 แผน รวม 15 ชั่วโมง

1.1 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือ แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 ผู้วิจัยทำการจัดระเบียบเนื้อหาของข้อมูลตามประเด็นที่ ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ข้อมูลในประเด็นดังต่อไปนี้

1.2.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้หรือไม่อย่างไร

1.2.2 ปัญหาหรืออุปสรรคที่ค้นพบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

1.2.3 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในครั้งต่อไปโดยประเด็นเหล่านี้จะแสดงถึงความเกี่ยวข้องต่อการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

1.3 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยนำข้อมูลที่ได้จากผู้ร่วมสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาจัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน เพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล

1.4 การรายงานผลการวิจัยใน 4 ขั้นตอน ได้แก่

1.4.1 ขั้นวางแผน ผู้วิจัยรายงานแผนการจัดการเรียนรู้ตามแบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ที่ได้วางแผนไว้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1.4.2 ขั้นปฏิบัติ ผู้วิจัยรายงานขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ซึ่งมีทั้งหมด มี 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

1.4.3 ขั้นสังเกต ผู้วิจัยรายงานผลที่ได้จากการจัดหมวดหมู่ของข้อมูล

1.4.4 ขั้นสะท้อนผล ผู้วิจัยรายงานการสะท้อนปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไขปัญหาของแต่ละขั้นตอนของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

1.5 ผู้วิจัยตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) แบบการใช้แหล่งข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง แหล่งข้อมูลที่ได้มาจากผู้วิจัย ผู้ร่วมสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องของข้อมูลว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

2. เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อสิ้นสุดกระบวนการในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และทำการวิเคราะห์โดยภาพรวมเมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ครบทั้ง 3 แผน รวม 12 ชั่วโมง จากนั้นนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาพิจารณาตรวจสอบถึงความสอดคล้องของข้อมูล โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 รวบรวมข้อมูลจากแบบบันทึกกิจกรรม และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยตรวจและศึกษาจากร่องรอยของการปฏิบัติ รวมถึงการตอบคำถามโดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงการรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

องค์ประกอบทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	
	แบบบันทึกกิจกรรม	แบบวัดทักษะความสมารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา	√	√
2. ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา	√	√
3. ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ	√	√
4. ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ	√	√

2.2 นำข้อมูลมาจัดระเบียบในประเด็นเกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ Treffinger, Isaksen, & Dorval (2010) ได้แก่ 1) ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Challenge) 2) ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา (Generating Ideas) 3) ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ (Preparing for Action) และ 4) ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ (Planning Your Approach)

2.3 ทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) พิจารณาคำตอบและการสังเกตการปฏิบัติงานของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยการวิเคราะห์การเขียนตอบของนักเรียนจากแบบบันทึกกิจกรรมและแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

2.4 หาข้อสรุปของการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกโดยทำการเปรียบเทียบกับแนวทางในการประเมินความคิดสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยหาข้อมูลเกี่ยวกับการประเมินในองค์ประกอบของการสร้างความคิดที่หลากหลาย การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และการประเมินและปรับปรุงความคิด

2.5 ทำการตรวจสอบข้อมูลงานวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อหาความน่าเชื่อถือของงานวิจัย โดยทำการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) และการตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5.1 การตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ใช้การตรวจสอบแบบ Method triangulation เป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ โดยใช้เครื่องมือวิจัยที่แตกต่างกัน เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันหรือไม่ จากเครื่องมือวิจัยคือ ใบกิจกรรม ชิ้นงานของนักเรียน และแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ความคิดสร้างสรรค์ในการจัดการเรียนรู้

2.5.2 การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) โดยนำข้อมูลและผลการวิเคราะห์ให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยและครูประจำการตรวจสอบ โดยผู้วิจัยได้สรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

1) ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบบันทึกกิจกรรม และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ วิเคราะห์ข้อมูล

2) นำผลมาจัดระเบียบข้อมูล

ตาราง 8 แสดงรหัสและระดับคุณภาพตามความสอดคล้องพฤติกรรมทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	รหัส	ระดับเกณฑ์/การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรม
1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา (C)	ระบุปัญหาในสถานกรณ์ที่กำหนดให้ พร้อมทั้ง	(CPSA)	ระดับ ดี : นักเรียนระบุปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล	- นักเรียนคิด วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาสามารถนำเอาความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการวิเคราะห์ สร้าง

องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	รหัส	ระดับเกณฑ์/การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรม
	อธิบายเหตุผล (PS)			แนวทาง และนำไปแก้ปัญหา ปฏิบัติภารกิจตามคำชี้แจงได้ถูกต้อง
		(CPSB)	ระดับ พอใช้ : นักเรียนอธิบายปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้แต่ไม่มีการอธิบายเหตุผล	- นักเรียนคิด วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา สามารถนำเอาความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการวิเคราะห์ สร้างแนวทาง และนำไปแก้ปัญหา ปฏิบัติภารกิจตามคำชี้แจงได้บางส่วน
		(CPSC)	ระดับ ปรับปรุง : นักเรียนไม่สามารถอธิบายปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	- นักเรียนไม่สามารถคิด วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาได้ และปฏิบัติภารกิจไม่สำเร็จตามคำสั่ง
2. ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา (G)	แสดงวิธีการคิด การดำเนินการต่าง ๆ การใช้แนวคิดเกี่ยวกับปริซึมและทรงกระบอกมาใช้ในการออกแบบ	(GPSA)	ระดับ ดี : ออกแบบหรือร่างแบบชิ้นงานโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการออกแบบชิ้นงานได้สมบูรณ์	- นักเรียนออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการออกแบบชิ้นงาน

องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	รหัส	ระดับเกณฑ์/การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรม
	ปรับปรุงชิ้นงาน (PS)			ได้สมบูรณ์ตามที่ออกแบบไว้
		(GPSB)	ระดับ พอใช้ : ออกแบบหรือร่างแบบชิ้นงานโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการออกแบบชิ้นงานได้ไม่สมบูรณ์	- นักเรียนออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการออกแบบชิ้นงานได้ไม่สมบูรณ์ตามที่ออกแบบไว้
		(GPSC)	ระดับ ปรับปรุง : ไม่สามารถออกแบบหรือร่างแบบชิ้นงานโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการออกแบบชิ้นงานได้	- นักเรียนไม่ออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการออกแบบชิ้นงาน
3. ความสามารถในการเตรียมความพร้อม	สำรวจหาวิธีการแก้ปัญหาในการปฏิบัติ	(APSA)	ระดับ ดี : เขียนอธิบายแนวคิด การออกแบบชิ้นงานและปรับปรุงแบบจำลองโดยใช้ปริซึม	- นักเรียนมีการปรับปรุงการเขียนอธิบายแนวคิดในบางส่วนของชิ้นงาน

องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	รหัส	ระดับเกณฑ์/การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรม
เพื่อดำเนินการ (A)	กิจกรรม และสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้จริง (PS)		และทรงกระบอกเป็นส่วนประกอบให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น เขียนอธิบายแนวคิดในการปรับปรุงชิ้นงานได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์	เช่น การเขียนแบบรูปทรงแพไฟ ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้นสร้างชิ้นงานสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ
		(APSB)	ระดับ พอใช้ : เขียนอธิบายแนวคิด การออกแบบชิ้นงานและปรับปรุงแบบจำลองโดยใช้ปริซึมและทรงกระบอกเป็นส่วนประกอบให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น เขียนอธิบายแนวคิดในการปรับปรุงชิ้นงานได้ แต่ไม่สมบูรณ์	- นักเรียนมีการปรับปรุงการเขียนอธิบายแนวคิดในบางส่วนของชิ้นงาน เช่น การเขียนแบบรูปทรงแพไฟ ให้มีความชัดเจน สร้างชิ้นงานสำเร็จได้แต่ไม่มีประสิทธิภาพ
		(APSC)	ระดับ ปรับปรุง : ไม่เขียนอธิบายแนวคิด การออกแบบชิ้นงานและไม่ปรับปรุงแบบจำลองให้สมบูรณ์	- นักเรียนไม่มีการปรับปรุงหรือเขียนอธิบายแนวคิดของชิ้นงานให้มีความชัดเจนและไม่สร้างชิ้นงานให้สำเร็จ
4. ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ (P)	พิจารณาแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติจริงให้มีความ	(PPSA)	ระดับ ดี :เขียนอธิบายแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติจริงมีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนเพื่อนำไปสู่การสร้างโมเดลแพไฟที่สมบูรณ์บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	- นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามขั้นตอนที่วางแผนการปฏิบัติไว้สร้างโมเดลแพไฟให้มี

องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	รหัส	ระดับเกณฑ์/การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรม
	เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้			ความสมบูรณ์ บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
		(PPSB)	ระดับ พอใช้ :เขียนอธิบายแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติจริงได้บางส่วนสร้างโมเดลแพไฟไม่สมบูรณ์ ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	- นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามขั้นตอนที่วางแผนการปฏิบัติไว้ได้บางส่วนสร้างโมเดลแพไฟไม่สมบูรณ์และไม่บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
		(PPSC)	ระดับ ปรับปรุง :ไม่เขียนอธิบายแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติจริง ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้	- นักเรียนไม่เขียนอธิบายแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามขั้นตอนที่วางแผนการปฏิบัติไว้ไม่สามารถสร้างโมเดลแพไฟให้สมบูรณ์ได้และไม่บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION โดยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ในการศึกษาครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2565 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุตรดิตถ์ เขต 1 จำนวน 2 คน ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการสำรวจและศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริง จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็นวงจร 3 วงจร คือวงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปริมาตรของของปริซึม (โครงประดับแพไฟ) และวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนไฟประดับ) เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 เพื่อตอบคำถามวิจัยดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก มีลักษณะอย่างไร
2. ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ตอนที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก มีลักษณะอย่างไร

ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) และดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ที่มีการทำวิจัยเป็นวงจรแบบเกลียวหรือวงจร PAOR จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ แต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ใช้เวลาทั้งหมดรวม 12 ชั่วโมง โดยทำการวิจัยเชิงคุณภาพแบบ Action Research โดยในส่วนท้ายของแต่ละวงจรปฏิบัติการ จะทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เพื่อหาแนวทางการพัฒนา

หรือปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไปจนสิ้นสุดทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งแต่ละวงจรปฏิบัติการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

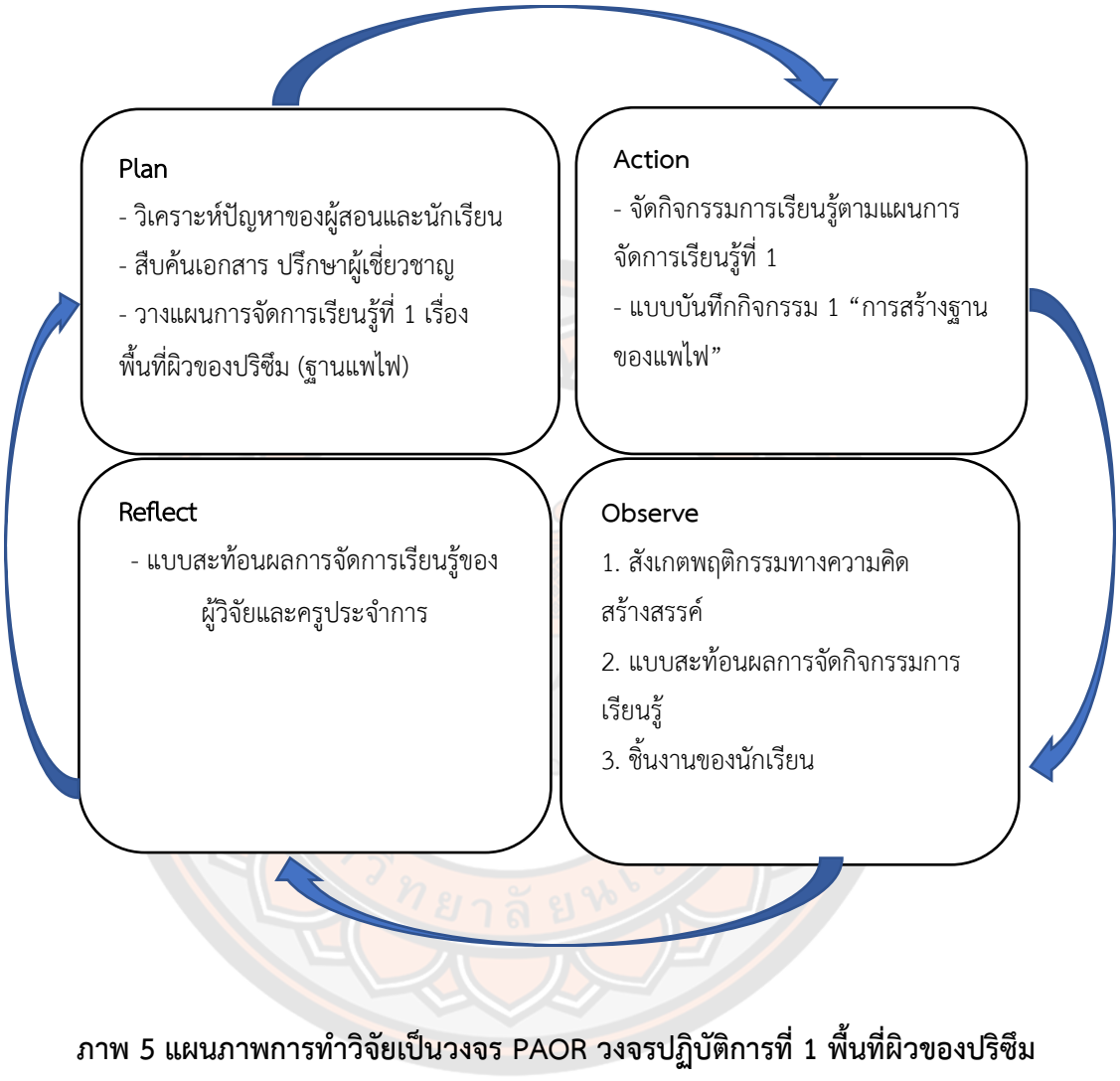
วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ)

ขั้นวางแผน (Plan: P)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) รวมทั้งได้เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผล ได้แก่ แบบบันทึกกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และชิ้นงานของนักเรียน

เมื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และเตรียมเครื่องมือสะท้อนผลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดเตรียมสื่อที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ และจัดสภาพแวดล้อมของห้องเรียนให้เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากนั้นดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) มีระยะเวลารวมทั้งสิ้น จำนวน 4 ชั่วโมง ให้ผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาช่วยตรวจสอบ และนำคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้ในห้องเรียนจริง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) ได้ดำเนินการวิจัยเป็นวงจร PAOR ดังภาพ 5



ภาพ 5 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 1 พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ)

ขั้นปฏิบัติ (Act: A)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนสามารถบอกความหมายของปริซึมได้ หาพื้นที่ผิวของปริซึมแบบต่าง ๆ ได้ ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ สืบค้นหาวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมได้ นำความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมมาเขียนแบบร่าง (ฐานแพไฟ) ได้อย่างสร้างสรรค์โดยใช้ โปรแกรม Power Point ได้ สามารถสร้างฐานแพไฟให้ลอยน้ำได้ ตรวจสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาได้ มีรายละเอียดในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา

เป็นขั้นเตรียมความพร้อมของนักเรียน โดยผู้วิจัยเล่าประวัติความเป็นมาของประเพณีไหลแพไฟ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ และให้นักเรียนมีส่วนร่วมโดยผู้วิจัยกล่าวถึง เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) และ “การสร้างแพไฟ” ผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำเสนอประวัติความเป็นมาของประเพณีไหลแพไฟ จากลิ้งค์ https://www.museumthailand.com/th/3970/storytelling/

ภาพ 6 ประเพณีไหลแพไฟ

ที่มา: https://www.museumthailand.com/th/3970/storytelling

โดยผู้วิจัยใช้คำถามดังนี้

ผู้วิจัย: “การสร้างแพไฟนั้นต้องมีส่วนประกอบอะไรบ้าง” พบว่า เป็นกิจกรรมที่สร้างความสนใจให้กับนักเรียนเป็นอย่างมาก

นักเรียน: นักเรียนพยายามที่จะยกมือแข่งกันตอบคำถาม (เรียนทั้งสองคนตอบถูกต้อง) อาจเป็นเพราะว่า เป็นกิจกรรมที่นักเรียนเคยพบเจอหรือเคยเห็นจากในท้องถิ่นของตน ประเด็นคำถาม

ผู้วิจัย: “โดยทั่วไปแพที่นักเรียนเคยเห็นมีฐานเป็นเรขาคณิตรูปใด”

นักเรียน: (นักเรียนทั้งสองคนตอบคำถามถูกต้อง)

ผู้วิจัย: ตั้งประเด็นคำถาม “หากต้องการสร้างแพไฟให้สวยงาม นักเรียนสามารถออกแบบฐานแพไฟให้เป็นรูปใดได้อีกบ้าง”

นักเรียน: นักเรียนทั้งสองคนมีคำตอบที่แตกต่างกัน

นักเรียน: รูปสี่เหลี่ยม (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

นักเรียน: หกเหลี่ยม (นักเรียน No.2, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: หากนักเรียนได้รับมอบหมายให้สร้างแพไฟเพื่อเป็นตัวแทนของโรงเรียนในการจัดแสดงแพไฟในเทศกาลดังกล่าว โดยนักเรียนจะต้องใช้งบประมาณในการสร้างที่ประหยัด คุ้มค่า และสามารถนำแพไปใช้แสดงได้จริงนักเรียนจะมีวิธีในการออกแบบแพไฟอย่างไรบ้าง

นักเรียน: นักเรียนทั้งสองคนมีคำตอบที่เหมือนกันคือ ไม่แน่ใจว่าฐานที่ใช้ทำให้แพนั้นลอยน้ำได้หรือไม่ (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: กำหนดสถานการณ์ปัญหา และแจกแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง “การสร้างฐานของแพไฟ” พร้อมตั้งประเด็นคำถามว่า เรือที่นำมาใช้สามารถลอยน้ำได้อย่างไร

นักเรียน: นักเรียนทั้งสองตอบลักษณะเดียวกันคือ แรงพยุง (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: ให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ดังกล่าวพร้อมระบุปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มากที่สุดลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1

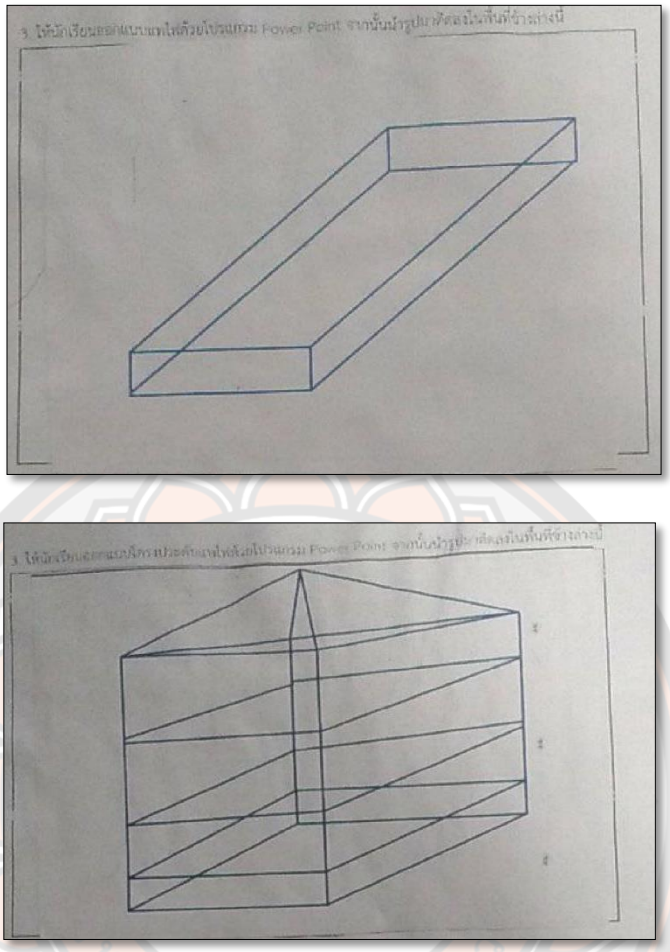
นักเรียน: เมื่อนำไปสร้างจริงจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

นักเรียน: ไม่รู้ว่าจะออกแบบโครงประดับแพไฟเป็นรูปใด (นักเรียน No.2, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: กำหนดประเด็นปัญหาที่สำคัญคือ “ให้นักเรียนออกแบบฐานของแพไฟเป็นรูปเรขาคณิต โดยกำหนดให้ฐานเป็นรูปทรงปริซึมและลอยน้ำได้”

นักเรียน: ออกแบบเป็นฐานสี่เหลี่ยม (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

นักเรียน: ออกแบบฐานหกเหลี่ยม (นักเรียน No.2, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)



ภาพ 7 ตัวอย่างการออกแบบแสดงความคิดเห็นของนักเรียนจากการออกแบบฐานของแพไฟเป็นรูปเรขาคณิต โดยกำหนดให้ฐานเป็นรูปทรงปริซึมและลอยน้ำได้

จากการสังเกตการตอบคำถามข้างต้น พบว่า นักเรียนมีความรู้ และความเข้าใจ เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) เป็นอย่างดี แต่นักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในการนำรูปทรงปริซึมไปใช้ประโยชน์ได้ และโดยเฉพาะนักเรียนทั้งสองคนมีคำตอบแตกต่างกันเช่นนี้ อาจเป็นเพราะว่า (นักเรียนทั้งสองคนตอบคำถามถูกต้อง) อาจเป็นเพราะรูปสี่เหลี่ยมเป็นรูปที่นักเรียนพบเจอได้มากในชีวิตประจำวัน นักเรียนจินตการถึงฐานที่ใช้ทำให้แพไฟลอยไม่ออก และอาจไม่เคยมีใครสังเกตถึงฐานที่ทำให้แพไฟนั้นลอยได้ และผู้วิจัยพบว่า นักเรียนทั้งสองสามารถตอบคำถามได้ อาจจะเนื่องด้วยพบการเรียนวิทยาศาสตร์ในเรื่องของแรงพยุงจึงตอบคำถามได้ แต่นักเรียนยังไม่เคยทำกิจกรรมในลักษณะนี้ จึงทำให้นักเรียนทั้งสองคนใช้เวลาในการตอบคำถามค่อนข้างนาน

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

หลังจากครูผู้สอนได้แจกแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 ครูผู้สอนให้นักเรียนสืบค้นความหมายของรูปทรงปริซึม และวิธีการหาพื้นที่ผิวของปริซึมในแต่ละรูปแบบลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 จากนั้นตอบคำถามดังนี้

ผู้วิจัย: “รูปทรงปริซึมหมายถึงอะไร”

นักเรียน: นักเรียนทั้งสองคนตอบถูกว่ารูปทรงปริซึมหมายถึงรูปทรงเรขาคณิต 3 มิติ มีพื้นที่หน้าตัดหัวและท้ายเป็นรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม ฯลฯ และมีพื้นที่หน้าตัดด้านข้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมเสมอ

ผู้วิจัย: “รูปทรงปริซึมมีคุณสมบัติอย่างไร และมีกี่ประเภท อะไรบ้าง”

นักเรียน: นักเรียนทั้งสองตอบเพียงคุณสมบัติของปริซึมว่าเป็นรูปทรงสามมิติที่มีหน้าตัดหัวท้ายเป็นรูปเหลี่ยม พื้นที่หน้าตัดหัวท้ายมีขนาดเท่ากัน แต่เขียนแตกต่างกันออกไปตามความคิดเห็นของนักเรียน

ผู้วิจัย: “การหาพื้นที่ผิวของปริซึมมีวิธีการอย่างไร”

นักเรียน: นักเรียนทั้งสองตอบถูกว่า การหาพื้นที่ผิวของปริซึม = 2 (พื้นที่ฐาน) + พื้นที่ผิวข้าง

ผู้วิจัย: ให้นักเรียนออกแบบฐานของแพไฟ และวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของแพไฟที่นักเรียนสร้างในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1

นักเรียน: รูปสี่เหลี่ยม (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

นักเรียน: รูปหกเหลี่ยม (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

นักเรียน: ตอบเหมือนกันตรงที่การวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียที่มีลักษณะคล้าย ๆ กัน เช่น มีข้อดีคือ สร้างง่าย พื้นที่เยอะ และมีข้อเสียคือ เวลาสร้างนานและใช้อุปกรณ์เยอะ เป็นต้น (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนออกแบบฐานของแพไฟด้วยโปรแกรมออกแบบ Power Point จากนั้นให้นักเรียนพิมพ์แบบแล้วนำมาติดลงในแบบบันทึกกิจกรรม พร้อมทั้งให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาพื้นที่ผิวของแพไฟด้วยสูตรการคำนวณดังนี้

พื้นที่ผิวของปริซึม = 2 (พื้นที่ฐาน) + พื้นที่ผิวข้าง

ผู้วิจัยแจกอุปกรณ์ให้กับนักเรียน ได้แก่ ฟิวเจอร์บอร์ด คัดเตอร์ กรรไกร ไม้บรรทัด ไม้เมตร ปืนกาว จากนั้นครูให้นักเรียนสร้างฐานของแพไฟ

ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายเกี่ยวกับรูปทรงของฐานแพไฟของแต่ละคน จากนั้นให้นักเรียนบันทึกแนวคิดของเพื่อนลงในใบกิจกรรมที่ 1 โดยเขียนเพิ่มให้ได้หลายแนวคิดที่สุด อาจจะมีรูปแบบฐานของแพไฟในหลาย ๆ รูปแบบ ซึ่งผู้วิจัยสามารถใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการระดมความคิด เทคนิคการอภิปรายรอบวง หรือเทคนิคการพิจารณาคุณลักษณะ เป็นต้น และบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ภาพ 8 ตัวอย่างการออกแบบฐานของแพไฟเป็นรูปเรขาคณิต โดยกำหนดให้ฐานเป็นรูปทรงปริซึมและลอยน้ำได้

ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

หลังจากที่นักเรียนออกแบบฐานของแพไฟด้วยโปรแกรมออกแบบ Power Point แล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างฐานของแพไฟตามที่ออกแบบ ในระหว่างที่สร้างฐานของแพไฟ ผู้วิจัยให้นักเรียนบันทึกปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างแพไฟพร้อมทั้งระบุแนวทางแก้ไขของนักเรียนลงในแบบบันทึกกิจกรรม โดยครูคอยให้ความช่วยเหลือ หรือคำปรึกษาตามที่นักเรียนต้องการ

โดยพบว่าปัญหา/อุปสรรคที่เกิดขึ้นของนักเรียนมีลักษณะที่คล้ายกันแต่อาจจะเขียนแตกต่างกันออกไปคือ เรือเอียงเพราะสร้างสูง ฐานของเรือไม่สมดุล ทำให้เรือ และมีแนวทางแก้ไขไปในลักษณะเดียวกัน คือ วัดขนาดของแพใหม่ ให้มีขนาดที่เท่ากัน รวมทั้งมีนักเรียนบางคนมีแนวทางแก้ไขโดยการเพิ่มขนาดพื้นที่สร้างให้ใหญ่ขึ้น

จากนั้นครูให้นักเรียนนำเสนอปัญหาและอุปสรรคของการทำงานหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นตอนนี้ ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของผลงานโดยการนำไปลอยน้ำ จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายผลของการทดสอบดังนี้

ผู้วิจัย: นักเรียนดาคว่าฐานแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

นักเรียน: นักเรียนทั้ง 2 คน ตอบว่าได้ และให้เหตุผลไปในทิศทางเดียวกันคือ เพราะการออกแบบฐานมีความสมดุล

ผู้วิจัย: ประเด็นคำถามคือ กรณีที่ฐานแพไฟของนักเรียนลอยน้ำได้ นักเรียนคิดว่าสอดคล้องกับเพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใด

นักเรียน: นักเรียนทั้ง 2 คน ตอบไปในแนวทิศทางเดียวกันคือ หลักของแรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุจมในของเหลวนั้นมีทิศตรงกับแรงโน้มถ่วงของโลกของโลก

ผู้วิจัย: ตั้งประเด็นคำถามว่า กรณีที่ฐานแพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร

นักเรียน: วิธีในการแก้ไขปัญหาของนักเรียนเป็นการออกแบบรูปทรงฐานของเรือและคำนวณน้ำหนักเรือร่วมด้วยเพื่อให้เรือสามารถลอยน้ำได้

ผู้วิจัย: ให้นักเรียนปรับแก้ไขฐานของแพไฟและนำมาทดสอบอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

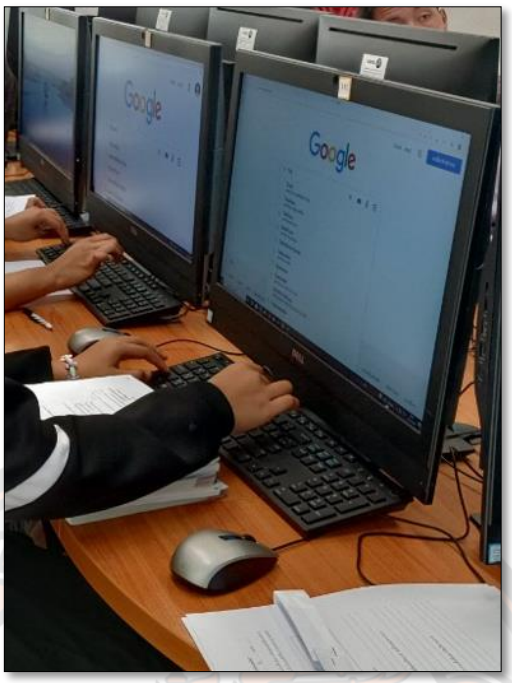
นักเรียนต้องนำเสนอผลการทดสอบ อธิบายถึงหลักการสร้างฐานแพไฟของตนเอง และผลการทดลองของฐานแพไฟของตนเอง หลังจากนั้นครูสรุปคะแนนที่ได้จากการสร้างฐานแพไฟของนักเรียน

นอกจากนี้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปในประเด็นต่อไปนี้ ได้แก่ ความหมายของปริซึม คุณสมบัติของปริซึม วิธีการหาพื้นที่ผิวปริซึม และการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

ขั้นสังเกต (Observe: O)

ผู้วิจัยสังเกตการปฏิบัติและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือสะท้อนผล ได้ผลการสังเกตดังนี้

“นักเรียนยังไม่เข้าใจการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ นักเรียนส่วนมากไม่รู้จักปริซึม (Prism) หาพื้นที่ผิวของปริซึมไม่ได้ และการแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมนั้นยังมีความยากอยู่ นักเรียนคนที่ 2 ที่ไม่สามารถออกแบบเรือแพไฟจากความคิดของตัวเองได้มีการดูตัวอย่างจากเพื่อนคนที่ 1 และจากอินเตอร์เน็ต”



ภาพ 9 ตัวอย่างการคิดค้นหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมจากการค้นคว้าทางอินเตอร์เน็ต

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ผู้วิจัยได้พบปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ปัญหาดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) วงจรปฏิบัติที่ 1

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ)	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางแก้ไขปรับปรุง
ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา	1. นักเรียนใช้เวลาอย่างจำกัดในการทำกิจกรรม 2. นักเรียนมีปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและเข้าใจ	นักเรียนยังไม่เข้าใจการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เพื่อพัฒนาทักษะการ	ครูผู้สอนให้คำแนะนำและชี้แจงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ)	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางแก้ไขปรับปรุง
	3. นักเรียนเขียนอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของพื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) ได้	แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	เพิ่มเติมขณะที่ทำกิจกรรม
ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมเกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) 2. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลและสรุปความรู้ความเข้าใจจากคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้อง ครบถ้วน 3. นักเรียนออกแบบ ฐานแพไฟได้	นักเรียนไม่รู้จักปริซึมในบางรูปแบบ	ครูผู้สอนอธิบายถึงปริซึมเพิ่มเติม โดยมีสื่อการสอนที่ทำให้นักเรียนเห็นภาพปริซึมตามด้วย
ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมออกแบบฐานแพไฟ 2. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลและสรุปความรู้ความเข้าใจจากคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้อง ครบถ้วน 3. นักเรียนออกแบบฐานแพไฟได้	นักเรียนหาพื้นที่ผิวของปริซึมไม่ได้ ไม่แน่ใจในการออกแบบ	ครูผู้สอนยกตัวอย่างการหาพื้นที่ผิวของปริซึมเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1. นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม 2. นักเรียนมีความเข้าใจและปฏิบัติภารกิจในกิจกรรมตามคำชี้แจงได้ถูกต้อง	การแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมนั้นยังมีความยากอยู่	ครูผู้สอนยกตัวอย่างวิธีการแก้ปัญหาเรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมเพื่อให้นักเรียนนึกภาพประกอบตาม
ขั้นที่ 5 การทดสอบประเมินผล และปรับปรุง	1.นักเรียนปรับปรุงชิ้นงานตามคำแนะนำ	นักเรียนไม่สามารถออกแบบเรือแพไฟ	ครูผู้สอนยกตัวอย่างรูปแรขาคณิตในแบบต่าง ๆ พร้อมหาตัวอย่างของ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ)	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหาที่พบในชั้นเรียน	แนวทางแก้ไขปรับปรุง
แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	2. นักเรียนปรับปรุงชิ้นงานตามคำแนะนำ และนำเสนอชิ้นงานให้ ครู นักเรียนกลุ่มอื่น 3. นักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนนำมาใช้ และความรู้ที่ได้	จากความคิดของตัวเองได้	เรือแพที่มีลักษณะทางเรขาคณิตศาสตร์มาให้นักเรียนเห็นภาพ
ขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	1.นักเรียนนำเสนอชิ้นงานตามคำแนะนำ 2. นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา และปรับปรุงชิ้นงานตามคำแนะนำ และนำเสนอชิ้นงานให้ ครู นักเรียนกลุ่มอื่น 3. นักเรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	นักเรียนไม่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้ชัดเจน แก้ปัญหาไม่ตรงประเด็น	ครูผู้สอนเสนอวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสม พร้อมยกตัวอย่างจากสถานการณ์จริง ที่ให้นักเรียนสามารถเข้าใจวิธีการอย่างง่าย

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นการสังเกตการณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุง แก้ไขในวงจรปฏิบัติการวงจรต่อไป ซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขคือ แบบ สังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

แนวทางการปรับปรุงแก้แก้ไขเพื่อให้การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวงจรถัดไปมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยก่อนที่นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมทุกคน ในการถ่ายทอดประสบการณ์ต่าง ๆ เช่น ผู้วิจัยควรให้นักเรียนดูเรือแพไฟ และไม่ควรใช้ภาพนิ่ง แต่ควรใช้สื่อวีดีทัศน์แทน เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการลอยตัวของเรือไฟมากยิ่งขึ้น ควรกระตุ้นให้นักเรียน

ได้คิดคำนึงถึงการออกแบบฐานแพไฟให้เหมาะสมกับชิ้นงานของนักเรียน เพื่อให้เกิดผลสำเร็จต่อชิ้นงานของนักเรียน ควรใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด และเข้าใจว่าการออกแบบรูปทรงฐานของเรือ ควรคำนวณน้ำหนักของเรือร่วมด้วยเพื่อให้แพไฟนั้นสามารถลอยน้ำได้ ผู้วิจัยควรหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรค ได้แก่

1. ขั้นการระบุปัญหา ในชั้นนี้ผู้วิจัยควรนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาโดยเสนอสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะความคิดสร้างสรรค์ก่อนจะนำเข้าสู่การออกแบบและแก้ไขปัญหา เพราะจะช่วยให้นักเรียนได้มองเห็นรูปปริซึมที่เกี่ยวข้องกับเรือแพไฟนั้น ๆ ควรคำนึงถึงประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคนที่มีไม่เท่ากัน บางคนอาจไม่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรือแพไฟ ผู้วิจัยอาจปรับเปลี่ยนกิจกรรมจากการสนทนา ถามและตอบ เป็นการเปิดวีดีทัศน์ การไหลเรือไฟ การออกแบบเรือแพไฟ รวมทั้งขั้นตอนการออกแบบต่าง ๆ แล้วตามด้วยคำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นความคิด ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนได้เชื่อมโยงประสบการณ์เดิมหรือสร้างประสบการณ์ใหม่ไปพร้อมกัน และนักเรียนมีความสับสนในแก้ไขปัญหา หรือการคำนวนการแก้ไขการลอยตัวของแพไฟ ผู้วิจัยควรอธิบายหรือยกตัวอย่างให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ผู้วิจัยควรอธิบายเนื้อหาให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับแพไฟอย่างละเอียดถึงการออกแบบการลอยตัว ว่าควรมีการออกแบบหรือคำนวนน้ำหนักของเรือที่ลอยให้เกิดความสมดุลได้อย่างไร เนื่องจากนักเรียนบางคนไม่สามารถที่จะเรียนรู้ได้ด้วยตนเองจากการตอบคาม จึงไม่เข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบเรือแพไฟ ไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ผู้วิจัยต้องพยายามให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการทำให้เรือแพไฟลอยตัวให้มากที่สุด นักเรียนจะได้สามารถดำเนินกิจกรรมด้วยตัวเองได้ไม่ผิดพลายจนทำให้เสียเวลาและไม่รู้จะเริ่มต้นทำกิจกรรมอย่างไร

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนใช้เวลานานเกินกำหนดในการออกแบบเรือแพไฟ ผู้วิจัยควรกำหนดระยะเวลาในการออกแบบให้ชัดเจนและเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการออกแบบเพื่อให้นักเรียนจะได้วางแผนสำหรับดำเนินการในขั้นถัดไปตามแบบที่นักเรียนเขียนไว้ในกระบวนการออกแบบ

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เน้นย้ำเรื่องการใช้เวลาในการสร้างชิ้นงาน และควรเตรียมอุปกรณ์ให้เพียงพอในแต่ละคน เนื่องด้วยอุปกรณ์บางอย่างต้องสลับกันใช้ ทำให้การดำเนินกิจกรรมค่อนข้างเสียเวลานาน

5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน หลังจากที่นักเรียนทดสอบแล้ว นักเรียนใช้เวลาปรับปรุงนานเกินกำหนด ผู้วิจัยควรกำหนดเวลาให้ชัดเจน และเน้นย้ำให้นักเรียนเร่งมือในการปรับปรุงชิ้นงานในเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยควรเน้นย้ำให้นักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์ในการลอยของแพไฟอีกครั้งเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้เห็นผลของการทดสอบเรือแพไฟว่า

มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปทางคณิตศาสตร์อย่างไร การคำนวนพื้นที่ผิวปริซึมส่งผลต่อการลอยของเรือแพไฟหรือไม่ ถ้าเกิดเรือจม จะมีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไร

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน การนำเสนอผลงานของนักเรียนยังไม่มีความน่าสนใจ ไม่สามารถนำเสนอได้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้วิจัยจะต้องตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบเกี่ยวกับวิธีการออกแบบเรือแพไฟ การแก้ปัญหาการจมของเรือแพไฟ ผู้วิจัยควรแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการนำเสนอและให้นักเรียนได้มีเวลาในการเตรียมตัวนำเสนอผลงานของตนเอง เนื่องจากนักเรียนยังไม่สามารถสะท้อนแนวความคิดจากกิจกรรม ไปสู่แนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงต้องให้นักเรียนได้สะท้อนวิธีการ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในการคำนวนการทำให้เรือแพไฟลอยตัว

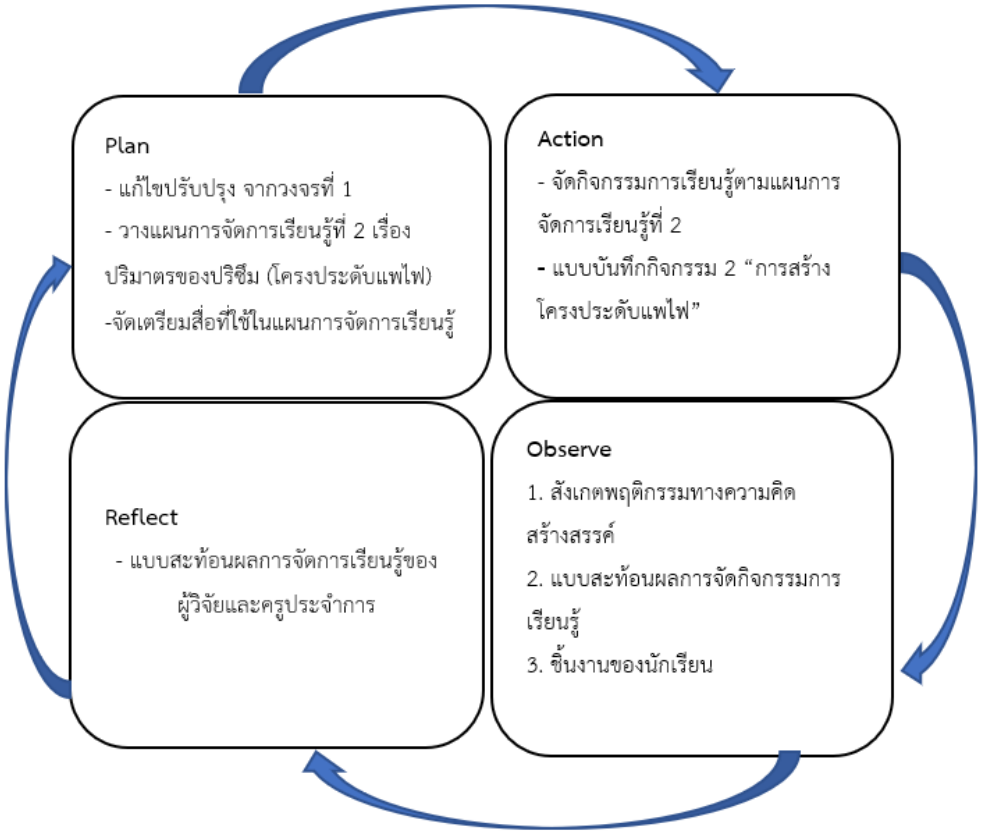
วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปริมาตรของปริซึม (โครงประดับแพไฟ)

ขั้นวางแผน (Plan: P)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ปริมาตรของปริซึม (โครงประดับแพไฟ) รวมทั้งได้เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผล ได้แก่ แบบบันทึกกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และชิ้นงานของนักเรียน

เมื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และเตรียมเครื่องมือสะท้อนผลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดเตรียมสื่อที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ และจัดสภาพแวดล้อมของห้องเรียนให้เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากนั้นดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 โดยใช้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ปริมาตรของปริซึม (โครงประดับแพไฟ) ระยะเวลารวมทั้งสิ้น จำนวน 4 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปริมาตรของปริซึม (โครงประดับแพไฟ) ได้ดำเนินการวิจัยเป็นวงจร PAOR ดังภาพ 10



ภาพ 10 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 2 ปริมาตรของปริซึม (โครงประดับแพไฟ)

ขั้นปฏิบัติ (Act: A)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนสามารถบอกความหมายของปริมาตรได้ หาปริมาตรของปริซึมแบบต่าง ๆ ได้ ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ สืบค้นหาวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องปริมาตรของปริซึมได้ นำความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมมาเขียนแบบร่าง (ฐานแพไฟ) ได้อย่างสร้างสรรค์โดยใช้โปรแกรม Power Point ได้ สามารถสร้างโครงประดับแพไฟได้อย่างสร้างสรรค์และลอยน้ำได้ ตรวจสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาได้ มีรายละเอียดในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา

ผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำเสนอภาพประเพณีไหลแพไฟของอำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ จากนั้นใช้ประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นนักเรียนดังนี้

ผู้วิจัย: จากภาพแพไปทำจากวัสดุอะไร

นักเรียน: ฐานเรือทำมาจากไม้ ส่วนโครงของเรือทำจากเหล็ก (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

นักเรียน: ฐานเรือทำมาจากไม้ ส่วนโครงของเรือก็ทำมาจากไม้ (นักเรียน No.2, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: แพไฟขนาดใหญ่สามารถลอยนำได้อย่างไร

นักเรียน: นักเรียนทั้งสองคนตอบไปในทิศทางเดียวกันว่า เพราะน้ำมีแรงพยุงเรือทำให้เรือสามารถลอยน้ำได้ แต่อาจมีลักษณะการเขียนที่แตกต่างกันออกไปตามความคิดเห็นของแต่ละคน

ผู้วิจัย: ตั้งประเด็นคำถามเกี่ยวกับประสบการณ์นักเรียนได้ไปร่วมงานประเพณีไหลแพไฟของอำเภอตรอน นักเรียนเคยเห็นแพล่มหรือคว่ำระหว่างล่องตามแม่น้ำหรือไม่ และให้ดูตัวอย่างภาพประกอบ พร้อมให้นักเรียนคิดว่าการที่เรือล่มหรือจมเกิดจากสาเหตุใด

นักเรียน: ตอบเป็นเสียงเดียวกันว่าน้ำหนักของเรือที่ลอยอยู่บนน้ำไม่เท่ากัน ทำให้เรือเอียงและจมลงน้ำในที่สุด (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: หากนักเรียนต้องสร้างเรือ หรือแพไฟ ให้ลอยน้ำได้นักเรียนต้องพิจารณาอะไรบ้าง

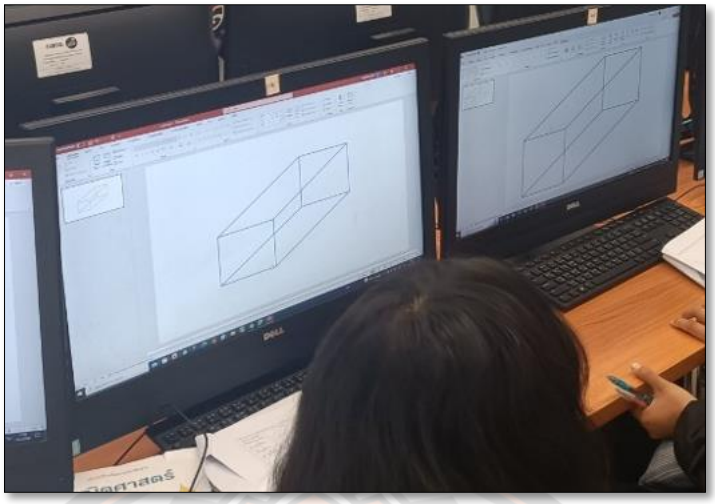
นักเรียน: ต้องออกแบบให้เรือทั้งลำมีความสมดุลกันไปเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

นักเรียน: ออกแบบให้หัวและท้ายมีความสมดุลกัน (นักเรียน No.2, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: กำหนดสถานการณ์ปัญหาว่า ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ตกแต่งที่จะใช้ประดับแพไฟ รวมถึงเทียนไขบนแพไฟ โดยในคาบเรียนนี้ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ตกแต่ง ให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ดังกล่าวพร้อมระบุปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มากที่สุดลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 พร้อมแจกแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 “โครงประดับแพไฟ” พร้อมตั้งประเด็นคำถามว่า แพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้อย่างไร

นักเรียน: นักเรียนทั้งสองตอบลักษณะที่เหมือนกันคือ การออกแบบให้มีปริมาตรมากแต่ความหนาแน่นของเรือน้อย (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 10 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: กำหนดประเด็นปัญหาที่สำคัญคือ ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ตกแต่งของแพไฟเป็นรูปเรขาคณิต โดยกำหนดให้ฐานเป็นรูปทรงปริซึมและลอยน้ำได้



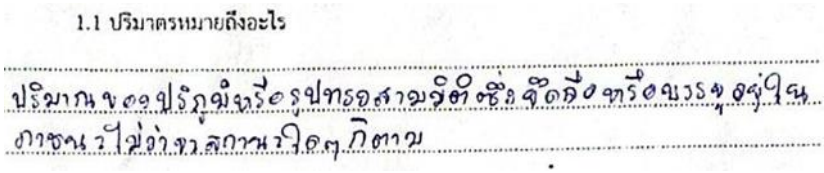
ภาพ 11 ตัวอย่างการคิดค้นหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องปริมาตรของปริซึมจากการเขียนแบบร่าง (โครงประดับแพไฟ) ได้อย่างสร้างสรรค์โดยใช้ โปรแกรม Power Point

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ผู้วิจัยให้นักเรียนสืบค้นความหมายของปริมาตร วิธีการหาปริมาตรของปริซึมในแต่ละรูปแบบ ความหมายของมวลและความหนาแน่นของวัตถุลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 จากนั้นตอบคำถามดังนี้ ปริมาตรหมายถึงอะไร มีคำตอบของนักเรียนดังนี้

นักเรียน: ปริมาณของปริภูมิหรือรูปทรงสามมิติซึ่งยึดคือหรือบรรจุอยู่ในภาชนะ ไม่ว่าจะสถานะใด ๆ ก็ตาม (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 13 กุมภาพันธ์ 2566)

นักเรียน: ปริมาณที่บรรจุอยู่ในรูปทางคณิตศาสตร์ ไม่ว่าจะสถานะใด ๆ ก็ตาม (นักเรียน No.2, บทสนทนาการถามตอบ, 13 กุมภาพันธ์ 2566)


1.1 ปริมาตรหมายถึงอะไร

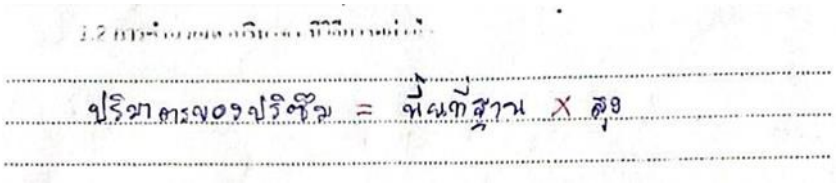
ปริมาณของปริภูมิหรือรูปทรงสามมิติซึ่งยึดคือหรือบรรจุอยู่ในภาชนะ ไม่ว่าจะสถานะใด ๆ ก็ตาม

ภาพ 12 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7 .1

ผู้วิจัย: ประเด็นคำถาม การคำนวณหาปริมาตร มีวิธีการอย่างไร

นักเรียน: “ปริมาตรของปริซึม = พื้นฐาน x สูง” (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 13 กุมภาพันธ์ 2566)

นักเรียน: “ปริมาตรของปริซึม = พื้นที่ฐาน x สูง” (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 13 กุมภาพันธ์ 2566)

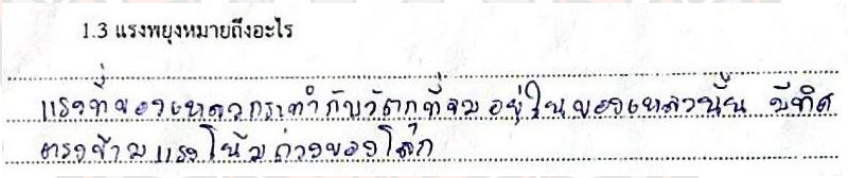


ภาพ 13 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7.2

ผู้วิจัย: ประเด็นคำถาม แรงพยุงหมายถึงอะไร

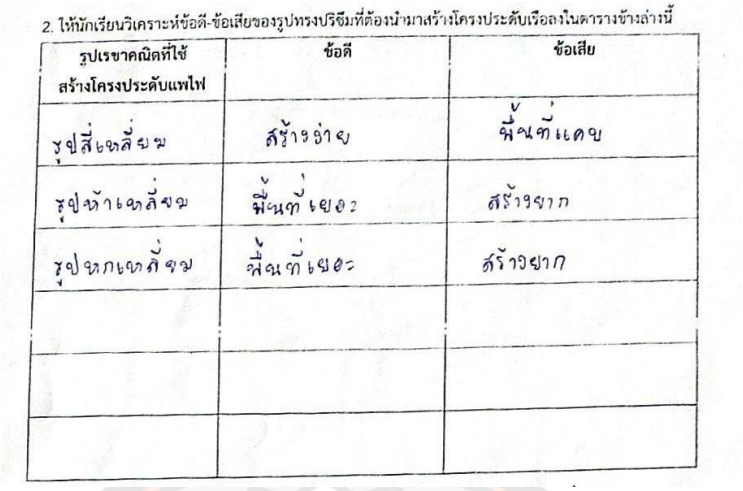
นักเรียน: แรงที่ของเหลว กระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรง ข้ามกับแรงโน้มถ่วงโลก (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 13 กุมภาพันธ์ 2566)

นักเรียน: แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้นมีทิศทรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลกแรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลว(นักเรียน No.2, บทสนทนาการถามตอบ, 13 กุมภาพันธ์ 2566)



ภาพ 14 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7.3

จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนออกแบบโครงประดับแพไฟพร้อมและวิเคราะห์ ข้อดี-ข้อเสียของแพไฟที่นักเรียนสร้างในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2



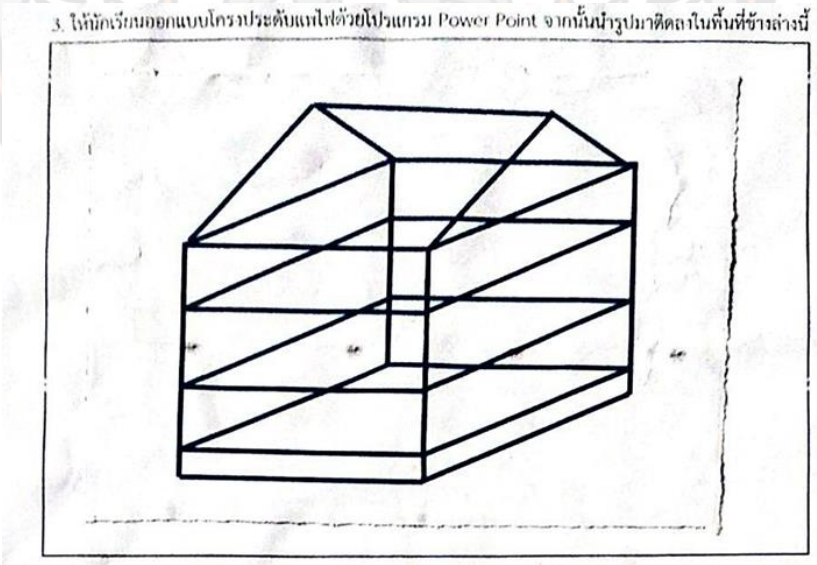
2. ให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของรูปทรงปริซึมที่ต้องนำมาสร้างโครงประดับเรือลงในตารางข้างล่างนี้

รูปเรขาคณิตที่ใช้สร้างโครงประดับแพไฟ	ข้อดี	ข้อเสีย
รูปสี่เหลี่ยม	สร้างง่าย	พื้นที่แคบ
รูปห้าเหลี่ยม	พื้นที่เยอะ	สร้างยาก
รูปหกเหลี่ยม	พื้นที่เยอะ	สร้างยาก

ภาพ 15 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 2

ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยให้นักเรียนออกแบบโครงประดับแพไฟด้วยโปรแกรมออกแบบ Power Point จากนั้นให้นักเรียนพิมพ์แบบแล้วนำมาติดลงในแบบบันทึกกิจกรรม



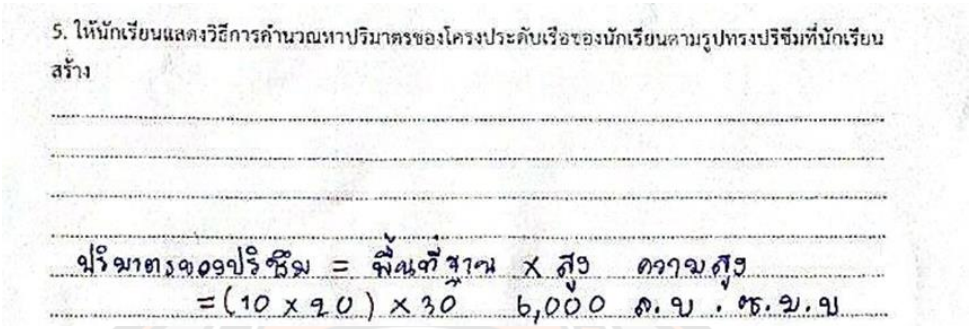
3. ให้นักเรียนออกแบบโครงประดับแพไฟด้วยโปรแกรม Power Point จากนั้นนำรูปมาติดลงในพื้นที่ข้างล่างนี้

ภาพ 16 ตัวอย่างการออกแบบออกแบบโครงประดับแพไฟ

ผู้วิจัยแจกอุปกรณ์ให้กับนักเรียน ได้แก่ กระดาษแข็ง คัดเตอร์ กรรไกร ไม้บรรทัด ปืนกาว จากนั้นครูให้นักเรียนสร้างโครงประดับแพไฟ

ผู้วิจัยให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาตรของตกแต่งบนแพไฟด้วยสูตรการคำนวณดังนี้

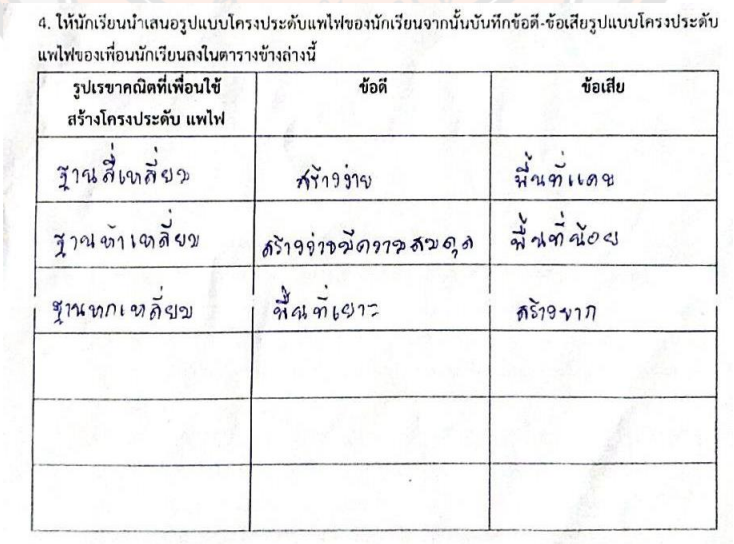
ปริมาตรของปริซึม = พื้นที่ฐาน × สูง


5. ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาตรของโครงประดับเรือของนักเรียนตามรูปทรงปริซึมที่นักเรียนสร้าง

ปริมาตรของปริซึม = พื้นที่ฐาน × สูง ความสูง
=(10 × 20) × 30 6,000 ล.ม. ซ.ม.ม

ภาพ 17 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 5

ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายเกี่ยวกับโครงประดับแพไฟของแต่ละคน จากนั้นให้นักเรียนบันทึกแนวคิดของเพื่อนลงในใบกิจกรรมที่ 2 โดยเขียนเพิ่มให้ได้หลายแนวคิดที่สุด อาจจะมีรูปแบบโครงประดับแพไฟในหลาย ๆ รูปแบบ ซึ่งครูสามารถใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการระดมความคิด เทคนิคการอภิปรายรอบวง หรือเทคนิคการพิจารณาคุณลักษณะ เป็นต้น และบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกกิจกรรม


4. ให้นักเรียนนำเสนอรูปแบบโครงประดับแพไฟของนักเรียนจากนั้นบันทึกข้อดี-ข้อเสียรูปแบบโครงประดับแพไฟของเพื่อนนักเรียนลงในตารางข้างล่างนี้

รูปเรขาคณิตที่เพื่อนใช้สร้างโครงประดับ แพไฟ	ข้อดี	ข้อเสีย
ฐานสี่เหลี่ยม	สร้างง่าย	พื้นที่แคบ
ฐานห้าเหลี่ยม	สร้างง่ายมีความสวยงาม	พื้นที่น้อย
ฐานหกเหลี่ยม	พื้นที่เยอะ	สร้างยาก

ภาพ 18 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 4

ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ครูให้นักเรียนสร้างโครงประดับแพไฟตามที่ออกแบบ ในระหว่างที่สร้างอุปกรณ์ตกแต่งของแพไฟ ครูให้นักเรียนบันทึกปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างโครงประดับแพไฟพร้อมทั้งระบุแนวทางแก้ไขของนักเรียนลงในแบบบันทึกกิจกรรม โดยครูคอยให้ความช่วยเหลือ หรือคำปรึกษาตามที่นักเรียนต้องการ

โดยพบว่า นักเรียนคนที่หนึ่งพบปัญหา ฐานไม่สมดุล และเรือเอียงเพราะสร้างสูง ส่วนนักเรียนอีกคนพบว่า เรือจมเพราะสร้างเล็กและเรือมีน้ำหนักมาก โดยแนวทางแก้ไขของนักเรียนคนที่หนึ่งเป็นการวัดขนาดฐานของเรือใหม่เพื่อให้เกิดความสมดุล ส่วนนักเรียนคนที่สองเลือกการสร้างขนาดของเรือให้มีความพอดีสร้างให้ใหญ่ แล้ววัดขนาดให้เท่ากัน จากนั้นครูให้นักเรียนนำเสนอปัญหาและอุปสรรคของการทำงานหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้วิจัยให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของผลงานโดยการนำไปลอยน้ำ จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายผลของการทดสอบดังนี้

ผู้วิจัย: นักเรียนดาคว่าแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

นักเรียน: ไม่ได้เพราะยังไม่ได้คำนวณน้ำหนักของเรือ (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 17 กุมภาพันธ์ 2566)

นักเรียน: ได้ เพราะมั่นใจว่าเรือมีความสมดุลแล้ว (นักเรียน No.2, บทสนทนาการถามตอบ, 17 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำได้ นักเรียนคิดว่าสอดคล้องกับเพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใด

นักเรียน: ทั้งสองตอบไปในลักษณะที่เหมือน ๆ กันคือ หลักของแรงพยุงคือ แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น แต่อาจมีลักษระการเขียนที่แตกต่างกันออกไป (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 17 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด เพราะเหตุใด

นักเรียน: ทั้งสองตอบไปในลักษณะที่เหมือน ๆ กันคือ เรืออาจจะไม่สมดุล หรือมีน้ำหนักมากเกินไป (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 17 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร นักเรียน: ต้องออกแบบรูปทรงฐานของเรือ และคำนวณปริมาตรของเรือร่วมด้วยเพื่อให้เรือสามารถลอยได้

ผู้วิจัย: ให้นักเรียนปรับแก้ไขโครงประดับแพไฟและนำมาทดสอบอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการทดสอบ อธิบายถึงหลักการสร้างโครงประดับเรือของตนเอง และผลการทดลองโครงประดับเรือของตนเอง หลังจากนั้นครูสรุปคะแนนที่ได้จากการสร้างโครงประดับเรือของนักเรียน

นอกจากนี้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปในประเด็นต่อไปนี้ ได้แก่ ปริมาตร หมายถึง การหาปริมาตร แรงพยุง หมายถึง

ขั้นสังเกต (Observe: O)

ผู้วิจัยสังเกตการปฏิบัติและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือสะท้อนผล ได้ผลการสังเกตดังนี้

นักเรียนแต่ละคนสามารถออกแบบอุปกรณ์ตกแต่งของแพไฟเป็นรูปเรขาคณิตได้ แต่ยังพบว่านักเรียนยังไม่สามารถคาดคะเนปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและหลากหลาย นักเรียนทั้งสองคนสามารถแก้ไขปัญหาตามที่วางแผนไว้ได้ และสามารถคำนวณหาปริมาตรได้อย่างถูกต้อง แม้มีคำนวณที่ผิดพลาดไปได้แต่ก็แก้ปัญหาการคำนวณได้ และนักเรียนทั้งสองคนใช้เวลาในการคำนวณที่ค่อนข้างนานอาจเนื่องด้วยยังไม่ถนัดในการหาสูตรการคำนวณดังกล่าว

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ผู้วิจัยได้พบปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ปัญหาดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เรื่อง ปริมาตรของปริซึม (โครงประดับแพไฟ) วงจรปฏิบัติที่ 2

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เรื่อง ปริมาตรของปริซึม (โครงประดับแพไฟ)	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา	1. นักเรือทราบถึงการลอยตัวของเรือแพไฟ	นักเรียนไม่ให้ความสนใจกับการดำเนินกิจกรรม เห็นว่าปริซึมค่อนข้างยาก	ครูผู้สอนควรตักเตือนให้นักเรียนมีความตั้งใจมากขึ้น คอยกระตุ้นและให้คำแนะนำตลอดการปฏิบัติกิจกรรม

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เรื่อง ปริมาตรของปริซึม (โครงประดับแพไฟ)	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา	2. นักเรียนทราบแนวทางในการออกแบบเรือแพไฟ		
ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1. นักเรียนทราบความหมายของปริซึม 2. นักเรียนทราบการหาปริมาตรของปริซึม	นักเรียนขาดทักษะในการออกแบบ	ครูผู้สอนควรหาสื่อมาประกอบการสอนเพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพตัวอย่าง และคอยให้คำแนะนำในการทดลอง
ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถออกแบบเรือเป็นรูปทรงต่าง ๆ ได้	นักเรียนใช้เวลานานในการคิดค้นหาวิธีการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	ครูผู้สอนควรเพิ่มระยะเวลาในการทำกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้อย่างเต็มที่
ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	นักเรียนทราบถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการดำเนินงาน พร้อมแนวทางการแก้ไข	นักเรียนไม่ให้ความสนใจกับการดำเนินกิจกรรม	ครูผู้สอนควรตักเตือนให้นักเรียนมีความตั้งใจมากขึ้น คอยกระตุ้นและให้คำแนะนำตลอดการปฏิบัติกิจกรรม
ขั้นที่ 5 การทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	1. นักเรียนทราบหลักการทางวิทยาศาสตร์ 2. นักเรียนทราบการวางแผนในการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น	นักเรียนประเมินชิ้นงานของตนเองตามความคิด โดยไม่ได้แสดงหลักการหรือแนวทางที่ถูกต้อง	ครูให้นักเรียนแต่ละคนอธิบายชิ้นงานของตนเองโดยอธิบายตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้
ขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการหาปริมาตรทางคณิตศาสตร์ 2. นักเรียนทราบหลักการพยุงของเรือที่ลอยในน้ำ	นักเรียนไม่สามารถนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหานี้ได้ หรือนำเสนอได้ไม่ชัดเจน	ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันอภิปรายแนวทางในการแก้ปัญหาร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหาของชิ้นงาน

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect: R)

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นการสังเกตการณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุง แก้ไขในวงจรปฏิบัติการวงจรต่อไป ซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขคือ แบบ สังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

แนวทางการปรับปรุงแก้แก้ไขเพื่อให้การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวงจรถัดไปมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยก่อนที่นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ผู้วิจัยจะต้องมีการนำเข้าสู่สถานการณ์การแก้ปัญหาโดยการนำนักเรียนสนทนาเกี่ยวกับสถานการณ์การลอยตัวของเรือ แล้วจึงนำเข้าสู่สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถมองภาพของรูทางเรขาคณิที่มีอยู่ในชีวิตจริง ผู้วิจัยควรมีการทบทวนความรู้ความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอาจใช้คำถามกระตุ้น หรือการยกตัวอย่างสิ่งของที่เห็นในชีวิตประจำวันว่าเป็นรูปทางคณิตศาสตร์อะไรได้บ้าง ควรเน้นย้ำให้นักเรียนได้เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดเหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่กำหนดได้ ดังนั้น ผู้วิจัยควรส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรม และจัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อมสำหรับการทำกิจกรรมของนักเรียน จากปัญหาและอุปสรรคที่พบเจอจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถสรุปเป็นประเด็นได้ดังต่อไปนี้

1. ระบุปัญหา พบว่า เกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงานยังไม่สอดคล้องกันในบางประเด็น ผู้วิจัยควรใช้สถานการณ์ที่มุ่งแก้ปัญหาประเด็นปัญหาใดปัญหาหนึ่งอย่างชัดเจน เมื่อนักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วนักเรียนสามารถบอกแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง เนื่องจากผู้วิจัยได้ใช้สถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวและสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์เรื่อง ปริมาตรของปริซึม ซึ่งผู้วิจัยควรวางแผนการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดพื้นฐานอย่างแท้จริง ผู้วิจัยต้องอธิบายให้นักเรียนทุกคนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการเข้าไปอธิบายนักเรียนเป็นรายบุคคล หรืออาจสลับกันตอบปัญหาเพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน ผู้วิจัยควรทดสอบความเข้าใจของนักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจมากน้อยเพียงใด และในการทำกิจกรรมควรให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการใช้อุปกรณ์การทดลองก่อนจะลงมือปฏิบัติการทดลอง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการใช้อุปกรณ์

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนไม่มีการลำดับขั้นตอนในกระบวนการทำงาน ที่ชัดเจน ขาดรายละเอียด ผู้วิจัยควรให้คำแนะนำกับนักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบ การลำดับ ขั้นตอนการทำงานให้ชัดเจน

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ผู้วิจัยควรเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการวางแผนการแก้ปัญหา นักเรียนบางคนอาจตัดชิ้นงานก่อนที่จะวัดขนาดของชิ้นงานให้เท่ากัน ทำให้พบปัญหาความไม่สมดุลของตัวเรือ ผู้วิจัยจะต้องใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียนให้ได้คิดใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานอยู่เสมอ

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ผู้วิจัยควรปรับการทดสอบการลอยของเรือให้มีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น เช่น ควรทดลองเรือในน้ำที่มีลักษณะเป็นคลื่นให้เสมือนของจริง เป็นต้น ผู้วิจัยอาจยกตัวอย่างการคิดให้นักเรียนได้เห็นแนวทางในการออกแบบตัวเรือที่เกิดขึ้นในการลอยจริง ๆ

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานการนำเสนอชิ้นงานของ นักเรียนยังขาดความมั่นใจในการเสนอผลงานของตัวเอง ผู้วิจัยควรให้ผู้เรียนได้นำเสนอในรูปแบบที่หลายหลาก เช่น การนำเสนอพร้อมกับชิ้นงาน จะช่วยให้นักเรียนมีความมั่นใจและสามารถดำเนินการนำเสนอได้ดีมากยิ่งขึ้น หรือนำเสนอโดยเปรียบเทียบกับสภารณการณ์ที่เกิดขึ้นจริงจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจะต้องใช้คำถามที่เป็นคำถามปลายเปิดกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดสะท้อนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับปริมาตรของปริซึม กลับไปสู่ชิ้นงานที่นักเรียนออกแบบขึ้นมาว่า สามารถแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างไร

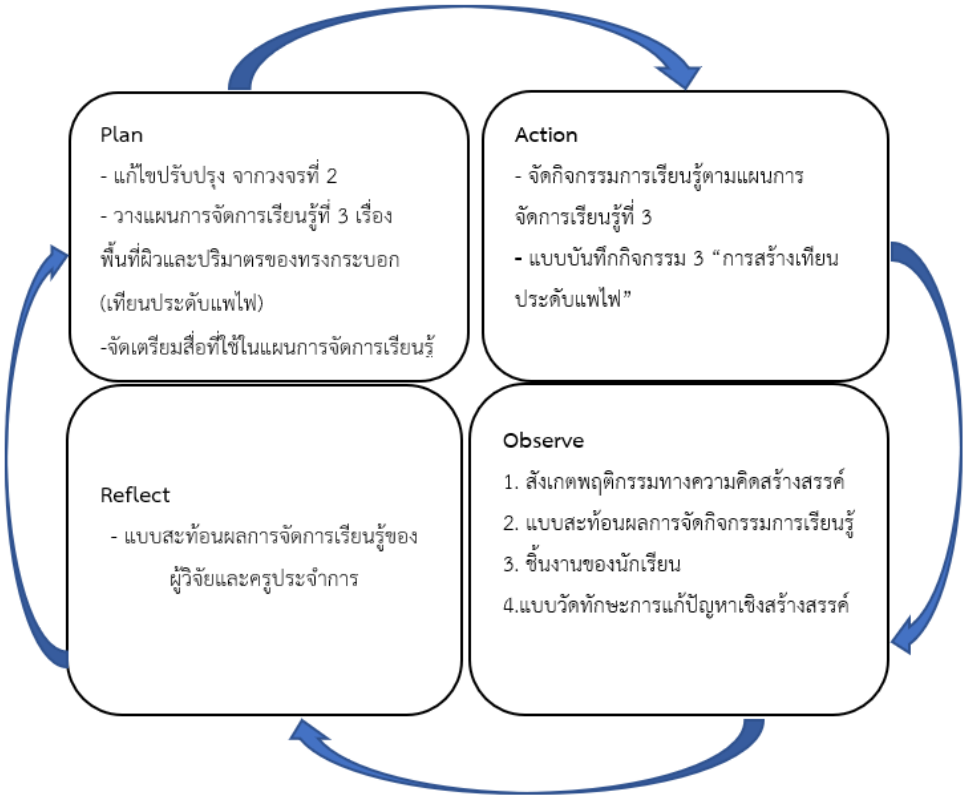
วงจรปฏิบัติที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนประดับแพไฟ)

ขั้นวางแผน (Plan: P)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนประดับแพไฟ) รวมทั้งได้เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผล ได้แก่ แบบบันทึกกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ชิ้นงานของนักเรียน และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

เมื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และเตรียมเครื่องมือสะท้อนผลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดเตรียมสื่อที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ และจัดสภาพแวดล้อมของห้องเรียนให้เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากนั้นดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนไฟประดับ) ระยะเวลารวมทั้งสิ้นจำนวน 4 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนประดับแพไฟ) ได้ดำเนินการวิจัยเป็นวงจร PAOR ดังภาพ 19



ภาพ 19 แผนภาพการทำวิจัยเป็นวงจร PAOR วงจรปฏิบัติการที่ 3 พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนประดับแพไฟ)

ขั้นปฏิบัติ (Act: A)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของทรงกระบอกได้ หาพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอกได้ อธิบายความหมายของการหลอมเหลวและการแข็งตัวของสารได้ ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ สืบค้นหาวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอกได้ ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอกมาเขียนแบบร่าง (เทียนไฟประดับ) ได้อย่างสร้างสรรค์โดยใช้โปรแกรม Power Point ได้สามารถสร้างเทียนไฟให้มีความหลากหลาย ไม่ดับง่าย และวางบนแพไฟโดยที่แพไฟลอยน้ำได้ และตรวจสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาได้ มีรายละเอียดในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน ดังนี้

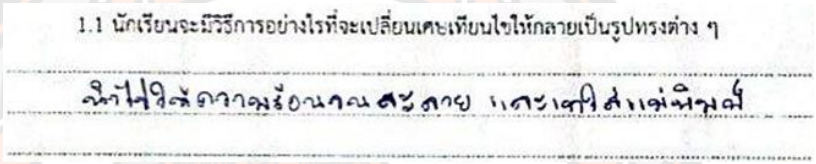
ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา

นำเข้าสู่บทเรียนโดยการสนทนา เกี่ยวกับไฟประดับตกแต่งแพไฟที่นักเรียนได้ไปดูจากของจริงในประเพณีไหลแพไฟ มีทั้งไฟประดับแบบใช้ไฟฟ้าและไฟประดับที่ทำจากเทียน

ผู้วิจัย: กำหนดสถานการณ์ปัญหาว่า จากประสบการณ์ที่นักเรียนได้ไปดูไฟประดับจากของจริงจะสังเกตเห็นว่า ไฟประดับที่ทำมาจากเทียนมีขนาดเล็ก และดับง่ายเวลาแพไฟลอยไปตามลำน้ำ จากนั้นครูให้นักเรียนดูภาพเศษเทียน แล้วตั้งคำถามว่าหากต้องการนำเศษเทียนดังกล่าวมาขึ้นรูปใหม่

ผู้วิจัย: นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรที่จะเปลี่ยนเศษเทียนไขให้กลายเป็นรูปทรงต่าง ๆ”

นักเรียน: นักเรียนทั้งสองตอบพร้อมกันว่านำเทียนไปใส่ในภาชนะแล้วหลอมจนละลาย จากนั้นเทลงไปในแม่พิมพ์ใหม่


1.1 นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรที่จะเปลี่ยนเศษเทียนไขให้กลายเป็นรูปทรงต่าง ๆ

ภาพ 20 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1

ผู้วิจัย: เทียนไขสามารถนำมาทำเป็นรูปทรงใดได้บ้าง

นักเรียน: สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม และอีกหลากหลายรูป (นักเรียน No.1, บทสนทนาการถามตอบ, 20 กุมภาพันธ์ 2566)

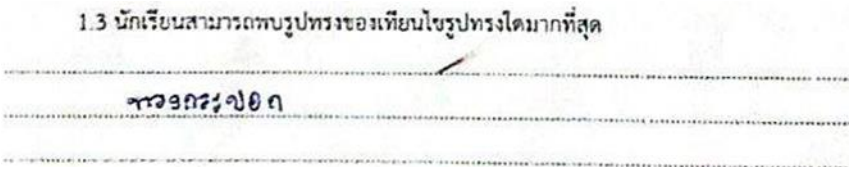
นักเรียน: สามารถทำเป็นรูปทรงทางเรขาคณิตศาสตร์ได้ทุกรูป (นักเรียน No.2, บทสนทนาการถามตอบ, 20 กุมภาพันธ์ 2566)

1.2 เทียนไขสามารถนำมาทำเป็นรูปทรงใดได้บ้าง

ภาพ 21 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1

ผู้วิจัย: นักเรียนสามารถพบรูปทรงของเทียนไขรูปทรงใดมากที่สุด

นักเรียน: ทรงกระบอก (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 20 กุมภาพันธ์ 2566)



ภาพ 22 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1

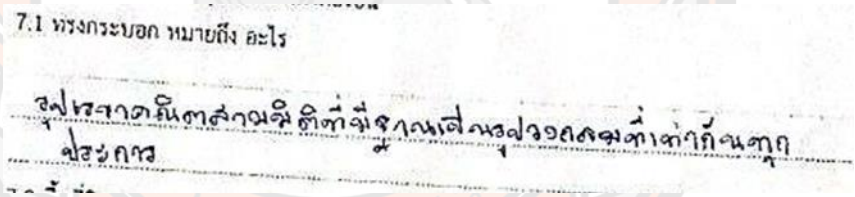
จากนั้นให้นักเรียนออกแบบเทียนไขประดับแฟไฟเป็นรูปทรงกระบอกหรือรูปทรงต่าง ๆ ที่นักเรียนต้องการ โดยมีเงื่อนไขต้องไม่ดับง่าย และมีความหลากหลาย สวยงาม

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ผู้วิจัยให้นักเรียนสืบค้นความหมายของทรงกระบอก วิธีการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอกในแต่ละรูปแบบ ความหมายของการหลอมเหลวและการแข็งตัวของสารลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 จากนั้นตอบคำถามดังนี้

ผู้วิจัย: ทรงกระบอก หมายถึง อะไร

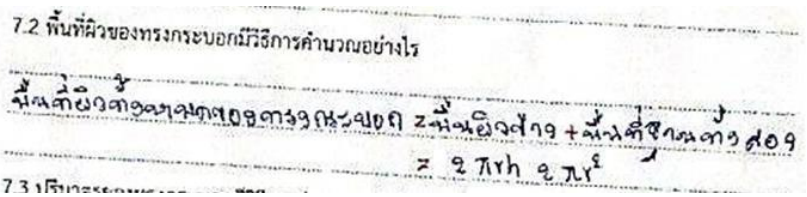
นักเรียน: ทรงกระบอกเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติมีลักษณะวงกลมที่เท่ากันทุกประการและอยู่บนระนาบที่ขนานกัน (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 24 กุมภาพันธ์ 2566)



ภาพ 23 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7

ผู้วิจัย: พื้นที่ผิวของทรงกระบอกมีวิธีการคำนวณอย่างไร

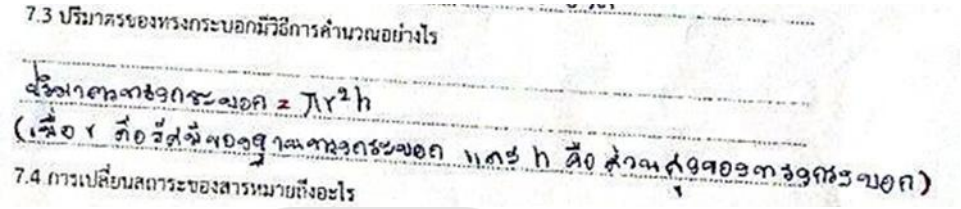
นักเรียน: อาจเนื่องด้วยสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 24 กุมภาพันธ์ 2566)



ภาพ 24 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7

ผู้วิจัย: ปริมาตรของทรงกระบอกมีวิธีการคำนวณอย่างไร

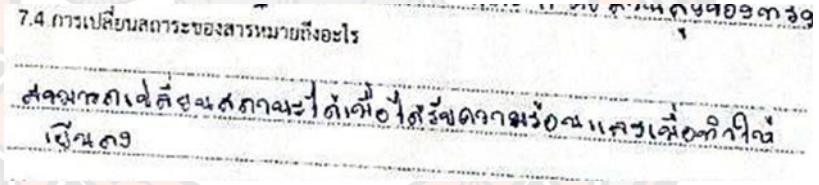
นักเรียน: คือ ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$ (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 24 กุมภาพันธ์ 2566)



ภาพ 25 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7

ผู้วิจัย: การเปลี่ยนสถานะของสารหมายถึงอะไร

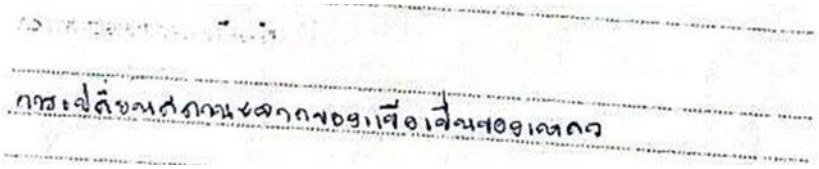
นักเรียน: การที่สารสามารถเปลี่ยนสถานะได้เมื่อได้รับความร้อนและเมื่อทำให้เย็นลง (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 24 กุมภาพันธ์ 2566)



ภาพ 26 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7

ผู้วิจัย: การหลอมเหลวหมายถึงอะไร

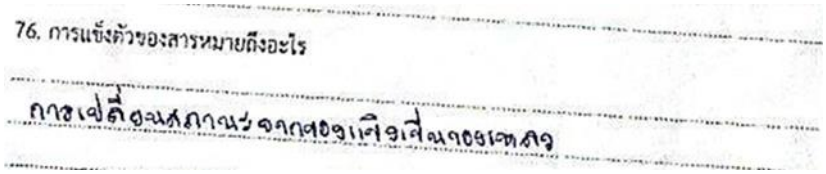
นักเรียน: การเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 24 กุมภาพันธ์ 2566)



ภาพ 27 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7

ผู้วิจัย: การแข็งตัวของสารหมายถึงอะไร

นักเรียน: การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 24 กุมภาพันธ์ 2566)



ภาพ 28 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 7

ผู้วิจัย: ให้นักเรียนออกแบบเทียนไขประดับแพไฟ พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของแพไฟที่นักเรียนสร้างในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3

ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยให้นักเรียนออกแบบเทียนไขตกแต่งแพไฟด้วยโปรแกรมออกแบบ Power Point จากนั้นให้นักเรียนพิมพ์แบบแล้วนำมาติดลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ผู้วิจัยแจกอุปกรณ์ให้กับนักเรียน ได้แก่ เศษเทียนไข สังกะสีชนิดบางสำหรับทำแม่พิมพ์เทียนไข ลวด คีมตัดลวด หม้อและเตาไฟฟ้า จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างแม่พิมพ์ตามที่ได้ออกแบบไว้

นอกจากนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของเทียนไขด้วยสูตรการคำนวณดังนี้

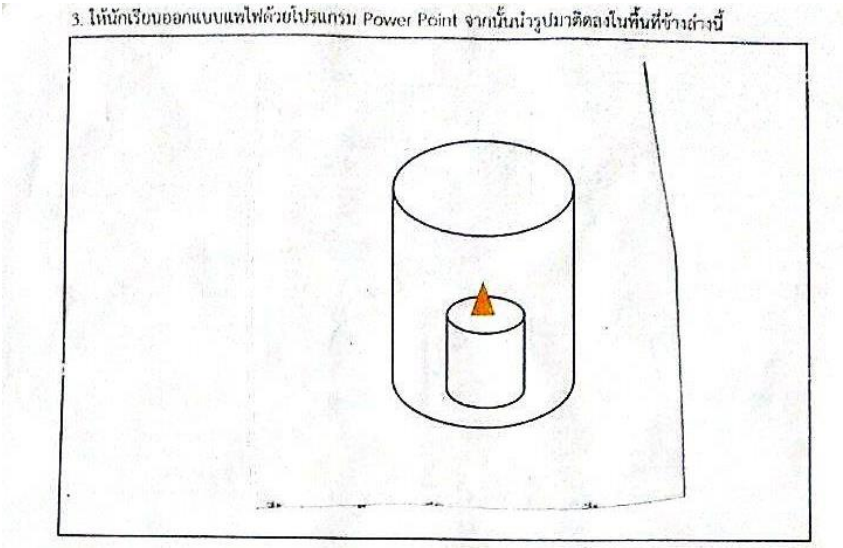
พื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก = $2\pi rh$

พื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกระบอก = พื้นผิวข้าง + พื้นที่ฐานทั้งสอง

= $2\pi rh + 2\pi r^2$

ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

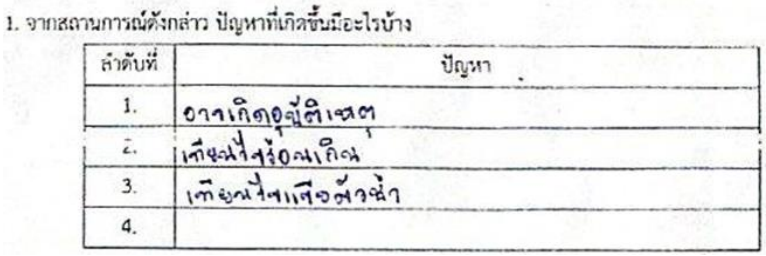
ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายเกี่ยวกับรูปทรงของเทียนไขประดับแพไฟของแต่ละคน จากนั้นให้นักเรียนบันทึกแนวคิดของเพื่อนลงในใบกิจกรรมที่ 3 โดยเขียนเพิ่มให้ได้หลายแนวคิดที่สุด อาจจะมีรูปแบบเทียนไขประดับแพไฟในหลาย ๆ รูปแบบ ซึ่งครูสามารถใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการระดมความคิด เทคนิคการอภิปรายรอบวง หรือเทคนิคการพิจารณาคุณลักษณะ เป็นต้น และบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกกิจกรรม



ภาพ 29 ตัวอย่างการออกแบบออกแบบรูปทรงของเทียนไข

ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างเทียนประดับแพไฟตามที่ออกแบบในระหว่างที่สร้างเทียนประดับแพไฟ ผู้วิจัยให้นักเรียนบันทึกปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างแพไฟพร้อมทั้งระบุแนวทางแก้ไขของนักเรียนลงในแบบบันทึกกิจกรรม โดยผู้วิจัยคอยให้ความช่วยเหลือ หรือคำปรึกษาตามที่นักเรียนต้องการ จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนนำเสนอปัญหาและอุปสรรคของการทำงานหน้าชั้นเรียน พบว่านักเรียนทั้งสองคนพบปัญหาและอุปสรรคที่เหมือนกันคือ การแข็งตัวของเทียนช้า กว่าจะแข็งตัวออกมาเป็นรูปเทียน


1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

ลำดับที่	ปัญหา
1.	อาจเกิดอุบัติเหตุ
2.	เทียนไม่ค่อยแข็ง
3.	เทียนไขเสียตัวช้า
4.	

ภาพ 30 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อ 1

ขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้วิจัยให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของผลงานโดยการนำไปลอยน้ำ จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนอภิปรายผลของการทดสอบดังนี้

ผู้วิจัย : นักเรียนดาคว่าแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

นักเรียน: ไม่ได้เพราะยังไม่ได้คำนวณน้ำหนักของเรือ

นักเรียน: ได้ เพราะมั่นใจว่าเรือมีความสมดุลแล้ว

ผู้วิจัย: กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำได้ นักเรียนคิดว่าสอดคล้องกับเพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใด

นักเรียน: หลักของแรงพยุงคือ แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น แต่อาจมีลักษระการเขียนที่แตกต่างกันออกไป (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 24 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด เพราะเหตุใด

นักเรียน: เรืออาจจะไม่สมดุล หรือมีน้ำหนักมากเกินไป (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 24 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร

นักเรียน: จะต้องออกแบบรูปทรงฐานของเรือ และคำนวณปริมาตรของเรือร่วมด้วยเพื่อให้เรือสามารถลอยได้ (นักเรียน No.1-2, บทสนทนาการถามตอบ, 24 กุมภาพันธ์ 2566)

ผู้วิจัย: ให้นักเรียนปรับแก้ไขโครงประดับแพไฟและนำมาทดสอบอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้วิจัยให้นักเรียนนำเสนอผลการทดสอบ อธิบายถึงหลักการสร้างเทียนประดับแพไฟของตนเอง และผลการทดลองเทียนประดับแพไฟของตนเอง หลังจากนั้นครูสรุปคะแนนที่ได้จากการสร้างเทียนประดับแพไฟของนักเรียน ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปในประเด็นต่อไปนี้ ทรงกระบอก (Cylinder) หมายถึง การหาพื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก พื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกระบอก ปริมาตรทรงกระบอก และความหมายของการเปลี่ยนสถานะของสาร

ขั้นสังเกต (Observe: O)

ผู้วิจัยสังเกตการปฏิบัติและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือสะท้อนผล ได้ผลการสังเกตดังนี้

“นักเรียนทุกคนสามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง และนักเรียนแต่ละคนสามารถแก้ปัญหาจากการทำกิจกรรมได้อย่างสนุกสนานและได้วิธีการที่หลากหลาย รวมทั้งสามารถคาดคะเน

ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมได้ แม้จะพบปัญหาการทำกิจกรรม แต่นักเรียนก็สามารถดำเนินกิจกรรมแก้ปัญหาจนได้คำตอบที่ถูกต้องได้”

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ผู้วิจัยได้พบปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ปัญหาดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงผลการสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM Education เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนประดับแพไฟ) วงจรปฏิบัติที่ 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนไฟประดับ)	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา	1. นักเรียนทราบการหลอมละลายของเทียน 2. นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบเทียน	นักเรียนไม่ยอมแก้ปัญหาหรือคำนวณเอง ส่วนมากสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ต	ครูกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนเพื่อให้นักเรียนมีความกล้าแสดงออกในการสอบถามเรื่องที่ยาก หรือเรื่องที่อยากรู้
ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1. นักเรียนทราบความหมายของทรงกระบอก รวมทั้งการหาพื้นผิวและปริมาตร 2. นักเรียนได้เรียนรู้การหลอมเหลวและการแข็งตัวของสาร	นักเรียนไม่ดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ ทำให้การแก้ปัญหาค่อนข้างลำบาก	ผู้วิจัยให้คำแนะนำว่าควรดำเนินการแก้ปัญหาตามวิธีการที่วางแผนไว้
ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	นักเรียนมีเทคนิคการออกแบบเทียนที่แตกต่างกันออกไป	การแข็งตัวของเทียนช้ากว่าจะแข็งตัวออกมาเป็นรูปเทียน	ครูผู้สอนอธิบายถึงการแข็งตัวของเทียนโดยอธิบายว่าอุณภูมิมีผลต่อการแข็งตัวของเทียน
ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	นักเรียนปรึกษาการวางแผนในการดำเนินการกับครู	นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหารูปทรงของเทียนไขได้ตามต้องการ	ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงรูปทรงต่าง ๆ ทางเรขาคณิตเพื่อให้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนไฟประดับ)	ความสำเร็จที่เกิดขึ้น	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
	ประจำชั้น เพื่อให้ทราบแนวทางแก้ไข		นักเรียนวางแผนการออกแบบเทียนไข
ขั้นที่ 5 การทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	1. นักเรียนทราบหลักการทางวิทยาศาสตร์ 2. นักเรียนมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาในครั้งต่อไป	เรือไม่สมดุลเนื่องจากน้ำหนักมากเกินไป นักเรียนไม่ได้คำนวณน้ำหนักของแพไฟ	ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเสนอแนวคิดในการลอยตัวของเรือ เพื่อให้นักเรียนสามารถออกแบบเรือได้
ขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	นักเรียนได้ความรู้ในเรื่องของทรงกระบอกและการออดกแบบเทียน	นักเรียนไม่สามารถคำนวณปริมาณน้ำหนักและจำนวนน้ำหนักของเรือได้	ครูได้อธิบายตัวอย่างของการคำนวณน้ำหนักของเรือเพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพและสามารถแก้ปัญหาชิ้นงานได้

ขั้นสะท้อนผล (Reflect: R)

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นการสังเกตการณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุง แก้ไขในวงจรปฏิบัติการวงจรต่อไป ซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขคือ แบบ สังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบุปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถบอกความหมายของทรงกระบอกได้ และใช้ความรู้เรื่องทรงกระบอกในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้ เนื่องจากผู้วิจัยมีการนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาและกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้มีความเกี่ยวข้องสิ่งที่นักเรียนสามารถพบเจอได้ในชีวิตชีวิตประจำวันของนักเรียน นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งประเด็นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และสามารถระบุปัญหาได้

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีการค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งที่มีความน่าเชื่อถือ เมื่อเสร็จกิจกรรมแนวคิดเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบเพื่อ ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ปรากฏว่ามีนักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเป็นอย่างดี

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนออกแบบเทียนไขประดับแพไฟ โดยมีการศึกษาเรื่องทรงกระบอกและการการเปลี่ยนสถาระของสาร ในการละลายเทียนเพื่อออกแบบเทียนไขประดับแพไฟมีการกำหนดขั้นตอนการทำน้ำยาล้างจานไว้ชัดเจน เป็นขั้นเป็นตอน

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีการวางแผนการดำเนินการตามขั้นตอนที่วางไว้ และสามารถสร้างชิ้นงาน ตามระยะเวลาที่กำหนด

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน า นักเรียนสามารถออกแบบเทียนไขประดับแพไฟ ออกมาได้ตรงตามที่สถานการณ์และเกณฑ์การทดสอบกำหนด นักเรียนสามารถมองเห็นปัญหาและอุปสรรคและรู้ว่าควรปรับปรุงชิ้นงานด้วยการนำชิ้นวางที่หลอมแล้วไปไว้ยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ เพื่อการแข็งตัวอย่างรวดเร็วของเทียน

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนมีการนำเสนอชิ้นงานของตนเองได้อย่างน่าสนใจ มีการนำชิ้นงานของตนเองมาอธิบายไปพร้อมด้วย และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของตนและสามารถร่วมกันแสดงความคิดเห็นเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน

ตอนที่ 2 ผลพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

ผู้วิจัยวิเคราะห์พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION ของนักเรียนจาก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบบันทึกกิจกรรม ชิ้นงานของนักเรียน แบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกในแต่ละวงจรปฏิบัติการ นักเรียนจะได้ทำใบกิจกรรมเป็นรายบุคคล และหลังจากดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ครบ 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยใช้แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เพื่อวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียน ซึ่งโดยผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ผลดังต่อไปนี้

1. ผลพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ผู้วิจัยวิเคราะห์การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ใบกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ประกอบไปด้วย วงจรที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการ

เรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) วงจรที่ 2 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปริมาตรของของปริซึม (โครงประดับแพไฟ) และวงจรที่ 3 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนไฟประดับ) มีผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนแยกตามวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

1.1 ผลพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ วงจรที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ)

ผู้วิจัยแสดงกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของแต่ละองค์ประกอบจากการประเมินใบกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) โดยมีผลการวิเคราะห์ใบกิจกรรมของนักเรียนตามกิจกรรมต่าง ๆ ของแต่ละองค์ประกอบการรู้เรื่องทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังตาราง 12

ตาราง 12 สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของแต่ละองค์ประกอบการของวงจรปฏิบัติที่ 1

องค์ประกอบ	จำนวนคน (ร้อยละ)		
	ควรปรับบปรุง	พอใช้	ดี
ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา	-	-	2 (100)
ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา	-	-	2 (100)
ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ	-	1 (50)	1 (50)
ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ	-	-	2 (100)
เฉลี่ย (ร้อยละ)	**0**	**12.5**	**87.5**

จากข้อมูลในตาราง 12 เมื่อพิจารณาการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนโดยรวม ซึ่งมากจากการตรวจแบบบันทึกกิจกรรมเทียบกับเกณฑ์ พบว่า ในแต่ละองค์ประกอบของการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ไม่พบนักเรียนที่อยู่ในระดับควรปรับปรุง และพบว่า 1) ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 2) ด้านความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 3) ด้านความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการของนักเรียน

เฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดีที่ร้อยละ 50 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 50 และ 4) ด้านความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดีที่ร้อยละ 100 สรุปในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมี ค่าเฉลี่ยร้อยละของการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อยู่ในระดับดีร้อยละ 87.5 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 12.5

จากนี้ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงองค์ประกอบทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยแยกเป็นองค์ประกอบ ดังนี้

ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ได้แก่ การตรวจสอบเป้าหมาย โอกาส หรืออุปสรรคในภาพรวมของปัญหา รวมถึงการสร้างความคิดเพื่อกำหนดทิศทางหลักในการแก้ปัญหา เมื่อครูให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหา และตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 “การสร้างฐานของแพไฟ”ข้อที่ 1 ประเด็นคำถาม*“นักเรียนได้รับมอบหมายให้สร้างแพไฟเพื่อเป็นตัวแทนของโรงเรียนในการจัดแสดงแพไฟในเทศกาลดังกล่าว โดยนักเรียนจะต้องสร้างฐานแพไฟให้สามารถลอยน้ำได้ นักเรียนจะมีวิธีในการออกแบบฐานแพไฟอย่างไรบ้าง”* พบว่านักเรียนทราบถึงปัญหา โดยนักเรียนคนที่หนึ่งพบปัญหาว่าไม่ทราบว่าจะออกแบบฐานเป็นรูปทรงอะไร ส่วนนักเรียนคนที่สองพบปัญหาว่าเมื่อสร้างเสร็จแล้วไม่มั่นใจว่าจะสามารถลอยน้ำได้จริงหรือไม่ เป็นต้น

ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา ได้แก่ สร้างแนวทางที่มีความเป็นไปได้ใหม่ๆ หลากหลายแนวทาง จากมุมมองความคิดเชิงสร้างสรรค์ จากนั้นจึงพิจารณาแนวทาง/แนวคิดที่ได้สร้างขึ้นและระบุแนวทางที่น่าสนใจที่อาจจะนำไปปรับ พัฒนา และนำไปใช้ดำเนินการแก้ปัญหาได้ โดยตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 “การสร้างฐานของแพไฟ”ข้อที่ 6.1 ประเด็นคำถาม *“นักเรียนดาคว่าฐานแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด”* พบว่านักเรียนศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาโดยนักเรียนทั้งสองตอบว่าได้ เนื่องจากนักเรียนที่ตอบว่าได้ให้เหตุผลไปในทิศทางเดียวกันเพราะการออกแบบฐานมีความสมดุล

ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ ได้แก่ การสำรวจหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มจะสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้จริง และเตรียมความพร้อมสำหรับการดำเนินการให้ประสบความสำเร็จ โดยตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 “การสร้างฐานของแพไฟ”ข้อที่ 6.3 ประเด็นคำถาม *“กรณีที่ฐานแพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด เพราะเหตุใด”* พบว่านักเรียนตอบไปในแนวทิศทางเดียวกันคือ หลักของแรงพยุงที่กระทำต่อวัตถุจมในของเหลวนั้นมีทิศตรงกับแรงโน้มถ่วงของโลกของโลก

ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ ได้แก่ การพิจารณาแนวคิด วิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีการปฏิบัติจริงให้ได้ทิศทางตามที่ต้องการ เพื่อวางแผนองค์ประกอบ ขั้นตอน หรือเครื่องมือของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้มีความเหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 “การสร้างฐานของแพไฟ”ข้อที่ 6.4 ประเด็นคำถาม “กรณีที่ฐานแพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร” พบว่าวิธีในการแก้ไขปัญหาของนักเรียนเป็นการออกแบบรูปทรงฐานของเรือและคำนวณน้ำหนักเรือร่วมด้วยเพื่อให้เรือสามารถลอยน้ำได้

1.2 ผลพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ วงจรที่ 2 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปริมาตรของของปริซึม (โครงประดับแพไฟ)

ผู้วิจัยแสดงกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของแต่ละองค์ประกอบจากการประเมินใบกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปริมาตรของของปริซึม (โครงประดับแพไฟ) โดยมีผลการวิเคราะห์แบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนตามกิจกรรมต่าง ๆ ของแต่ละองค์ประกอบทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังตาราง 13

ตาราง 13 สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของแต่ละองค์ประกอบการของวงจรปฏิบัติที่ 2

องค์ประกอบ	จำนวนคน (ร้อยละ)		
	ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี
ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา	-	-	2 (100)
ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา	-	1 (50)	1 (50)
ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ	-	1 (50)	1 (50)
ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ	-	-	2 (100)
เฉลี่ย (ร้อยละ)	**0**	**25**	**75**

จากข้อมูลในตาราง 13 เมื่อพิจารณาการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนโดยรวม ซึ่งมากจากการตรวจใบกิจกรรมเทียบกับเกณฑ์ พบว่า ในแต่ละองค์ประกอบของ

การรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ไม่พบนักเรียนที่อยู่ในระดับควรปรับปรุง และพบว่า 1) ด้านความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 2) ด้านความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดี ร้อยละ 50 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 50 3) ด้านความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดีที่ร้อยละ 50 ระดับพอดีที่ร้อยละ 50 4) ด้านความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดีที่ร้อยละ 100 สรุปในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับดี ร้อยละ 75 ในระดับพอใช้ ร้อยละ 25

จากนี้ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงองค์ประกอบทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยแยกเป็นองค์ประกอบ ดังนี้

ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ได้แก่ การตรวจสอบเป้าหมาย โอกาส หรืออุปสรรคในภาพรวมของปัญหา รวมถึงการสร้างความคิดเพื่อกำหนดทิศทางหลักในการแก้ปัญหา เมื่อครูใช้ประเด็นคำถามในชั้นเรียน และกำหนดสถาณการณ์ *“ให้นักเรียนออกแบบโครงประดับแพไฟ ในคาบเรียนนี้ โดยนักเรียนจะต้องสร้างโครงประดับแพไฟให้มีความสวยงาม แปลกใหม่ และสามารถลอยน้ำได้ นักเรียนจะมีวิธีในการออกแบบโครงประดับแพไฟอย่างไรบ้าง”* และให้นักเรียนตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 “การสร้างโครงประดับแพไฟ” ข้อที่พบว่านักเรียนทราบถึงปัญหาจากสถาณการณ์โดยนักเรียนคนที่หนึ่งพบปัญหาว่าไม่ทราบว่าควรออกแบบโครงประดับแพไฟด้วยรูปทรงประเภทใด ส่วนนักเรียนคนที่สองพบปัญหาว่าไม่แน่ใจว่าวัสดุที่ใช้จะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่เป็นต้น

ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา ได้แก่ สร้างแนวทางที่มีความเป็นไปได้ใหม่ๆ หลากหลายแนวทาง จากมุมมองความคิดเชิงสร้างสรรค์ จากนั้นจึงพิจารณาแนวทาง/แนวคิดที่ได้สร้างขึ้นและระบุแนวทางที่น่าสนใจที่อาจจะนำไปปรับ พัฒนา และนำไปใช้ดำเนินการแก้ปัญหาได้ โดยตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 “การสร้างโครงประดับแพไฟ” ข้อที่ 1.1 1.2 และข้อที่ 1.3 ในข้อคำถามที่ 1.1 นักเรียนทั้งสองคนมีคำตอบที่เหมือนกันโดยให้เหตุผลว่า เรือมีแรงพยุงจากน้ำจึงสามารถลอยน้ำได้ ส่วนข้อที่ 1.2 นักเรียนทั้งสองคนมีคำตอบที่ไปในทิศทางเดียวกันแต่อาจจะมีลักษณะการเขียนที่แตกต่างกันโดยให้ตอบว่าว่าควรออกแบบให้มีน้ำหนักเบา หรือออกแบบให้มีพื้นที่ตรงกลางเรือกว้าง ๆ นอกจากนี้ในประเด็นคำถามที่ 1.3 นักเรียนทั้งสองคนมีคำตอบที่เหมือนกันโดยการออกแบบเรือให้มีความสมดุลมากที่สุด ไม่หนักไปทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ ได้แก่ การสำรวจหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มจะสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้จริง และเตรียมความพร้อมสำหรับการดำเนินการให้ประสบความสำเร็จ โดยตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 “การสร้างโครงประดับแพไฟ” 1 ข้อที่ 2 ประเด็นคำถาม *“ให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของรูปทรงปริซึมที่ต้องนำมาสร้างโครงประดับแพไฟ”* เพื่อให้นักเรียนสำรวจถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการทดลองและเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนที่จะทำการทดลองจริง ๆ โดยพบว่านักเรียนใช้รูปเราขาคณิตที่แตกต่างกันออกไป แต่พบข้อดี-ข้อเสียที่เหมือน ๆ กันคือ การสร้างค่อนข้างงาน และมีพื้นที่ในเรือเยอะ ส่วนข้อเสียคือการสร้างที่ยาก และใช้ระยะเวลานาน ต้องใช้อุปกรณ์เยอะ

ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ ได้แก่ การพิจารณาแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีการปฏิบัติจริงให้ได้ทิศทางตามที่ต้องการ เพื่อวางแผนองค์ประกอบ ขั้นตอน หรือเครื่องมือของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้มีความเหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 “การสร้างโครงประดับแพไฟ” ข้อที่ 6 คำถาม “นักเรียนดาคว่าแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด” พบว่านักเรียนทั้งสองคนตอบว่าได้และไม่ได้ โดยนักเรียนคนที่หนึ่งตอบว่าไม่ได้เพราะยังไม่ได้คำนวณน้ำหนักของเรือ ส่วนนักเรียนคนที่สองตอบว่าได้ เพราะมั่นใจว่าเรือมีความสมดุลแล้ว คำถาม “กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำได้ นักเรียนคิดว่าสอดคล้องกับเพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใด” พบว่า นักเรียนทั้งสองตอบไปในลักษณะที่เหมือน ๆ กันคือ หลักของแรงพยุงคือ แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น แต่อาจมีลักษระการเขียนที่แตกต่างกันออกไป คำถาม “กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใดเพราะเหตุใด” พบว่า นักเรียนทั้งสองตอบไปในลักษณะที่เหมือน ๆ กันคือ เรืออาจจะไม่สมดุล หรือมีน้ำหนักมากเกินไป และคำถาม “กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร” พบว่านักเรียนทั้งสองตอบว่าจะต้องออกแบบรูปทรงฐานของเรือ และคำนวณปริมาตรของเรือร่วมด้วยเพื่อให้เรือสามารถลอยได้

1.3 ผลพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ วงจรที่ 3 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนประดับแพไฟ)

ผู้วิจัยแสดงกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของแต่ละองค์ประกอบจากการประเมินใบกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 3 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนประดับแพไฟ) โดยมีผลการวิเคราะห์แบบบันทึกกิจกรรม

ของนักเรียนตามกิจกรรมต่าง ๆ ของแต่ละองค์ประกอบการรู้เรื่อง ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังตาราง 14

ตาราง 14 สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของแต่ละองค์ประกอบการของวงจรปฏิบัติที่ 3

องค์ประกอบ	จำนวนคน (ร้อยละ)		
	ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี
ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา	-	-	2 (100)
ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา	-	-	2 (100)
ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ	-	-	2 (100)
ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ	-	1 (50)	1 (50)
เฉลี่ย (ร้อยละ)	**0**	**12.5**	**87.5**

จากข้อมูลในตาราง 14 เมื่อพิจารณาการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนโดยรวม ซึ่งมากจากการตรวจใบกิจกรรมเทียบกับเกณฑ์ พบว่า ในแต่ละองค์ประกอบของการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ไม่พบนักเรียนที่อยู่ในระดับควรปรับปรุง และพบว่า 1) ด้านความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 2) ด้านความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดีร้อยละ 100 3) ด้านความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดีที่ร้อยละ 100 4) ด้านความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดีที่ร้อยละ 50 อยู่ในระดับพอใช้ร้อยละ 50 สรุปในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละการรู้ทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับดี ร้อยละ 87.5 ในระดับพอใช้ ร้อยละ 12.5

จากนี้ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงองค์ประกอบทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยแยกเป็นองค์ประกอบ ดังนี้

ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ได้แก่ การตรวจสอบเป้าหมาย โอกาส หรืออุปสรรคในภาพรวมของปัญหา รวมถึงการสร้างความคิดเพื่อกำหนดทิศทางหลักในการแก้ปัญหา เมื่อครูกำหนดสถาณการณ์

“จากประสบการณ์ที่นักเรียนได้ไปดูไฟประดับจากของจริงจะสังเกตเห็นว่า ไฟประดับที่ทำมาจากเทียนมีขนาดเล็ก และดับง่ายเวลาแพไฟลอยไปตามลำน้ำ ครูให้นักเรียนออกแบบไฟประดับที่ทำจากเทียนไข โดยมีเงื่อนไขว่าต้องไม่ดับง่าย และมีความหลากหลาย สวยงาม ในคาบเรียนนี้ให้นักเรียนออกแบบเทียนไขให้เป็นรูปทรงกระบอกหรือรูปทรงต่าง ๆ ได้ตามต้องการ”

ให้นักเรียนตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 “การสร้างเทียนประดับแพไฟ” พบว่านักเรียนทราบถึงปัญหาจากสถาณการณ์โดยนักเรียนทั้งสองคนพบว่าเทียนไขจะละลายในอุณหภูมิที่สูงทำให้ระหว่างการทดลองอาจเกิดอุบัติเหตุได้ และนอกจากนั้นยังพบว่าเทียนมีการแข็งตัวช้า ต้องใช้เวลานาน

ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา ได้แก่ สร้างแนวทางที่มีความเป็นไปได้ใหม่ๆ หลากหลายแนวทาง จากมุมมองความคิดเชิงสร้างสรรค์ จากนั้นจึงพิจารณาแนวทาง/แนวคิดที่ได้สร้างขึ้นและระบุแนวทางที่น่าสนใจที่อาจจะนำไปปรับ พัฒนา และนำไปใช้ดำเนินการแก้ปัญหาได้ โดยตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 “การสร้างเทียนประดับแพไฟ” ข้อที่ 7 ครูให้นักเรียนสืบค้นความหมายของทรงกระบอก วิธีการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอกในแต่ละรูปแบบ ความหมายของการหลอมเหลวและการแข็งตัวของสารลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 จากนั้นตอบคำถามดังนี้ *“ทรงกระบอก หมายถึง อะไร”* พบว่านักเรียนทั้งสองตอบคำถามถูกโดยนักเรียนมีความเข้าใจว่า ทรงกระบอกเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติมีลักษณะวงกลมที่เท่ากันทุกประการและอยู่บนระนาบที่ขนานกัน *“พื้นที่ผิวของทรงกระบอกมีวิธีการคำนวณอย่างไร”* พบว่านักเรียนทั้งสองตอบถูก อาจเนื่องด้วยสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต *“ปริมาตรของทรงกระบอกมีวิธีการคำนวณอย่างไร”* คำตอบของนักเรียนทั้งสองคนคือ ปริมาตรทรงกระบอก = $\boldsymbol{\pi} r^2h$ และในประเด็นคำถาม *“การเปลี่ยนสถาระของสารหมายถึงอะไร”* คำตอบของนักเรียนทั้งสองคนมีลักษณะที่คล้ายกันคือ การที่สารสามารถเปลี่ยนสถานะได้เมื่อได้รับความร้อนและเมื่อทำให้เย็นลง ส่วนในคำถาม *“การหลอมเหลวหมายถึงอะไร”* นักเรียนทั้งสองคนก็ตอบลักษณะเหมือนกันแต่อาจใช้คำพูดในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป โดยตอบไปในความที่ว่าเป็นการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว และในคำถาม*“การแข็งตัวของสารหมายถึงอะไร”* ก็ยังคงมีคำตอบที่เหมือน ๆ

กัน คือ การการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง จากนั้นครูให้นักเรียนออกแบบเทียนไขประดับแพไฟ

ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ ได้แก่ การสำรวจหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มจะสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้จริง และเตรียมความพร้อมสำหรับการดำเนินการให้ประสบความสำเร็จ โดยตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 “การสร้างเทียนประดับแพไฟ” ข้อที่ 2 ข้อคำถาม “รูปเรขาคณิตที่นักเรียนจะใช้สร้างเทียนประดับแพไฟคือ” พบว่า นักเรียนทั้งสองคนมีคำตอบเดียวกัน คือทรงกระบอก และนอกจากนี้นักเรียนทั้งสองคนยังได้มีการคำนวณสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของเทียนประดับแพไฟโดยพบว่านักเรียนทั้งสองคนนั้นคำนวณสูตรได้ถูกต้อง แต่ใช้ระยะเวลาคำนวณค่อนข้างนานเนื่องจากอาจจะยังไม่เคยเจอสูตรคำนวณนี้

ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ ได้แก่ การพิจารณาแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีการปฏิบัติจริงให้ได้ทิศทางตามที่ต้องการ เพื่อวางแผนองค์ประกอบ ขั้นตอน หรือเครื่องมือของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้มีความเหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยตอบคำถามลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 “การสร้างเทียนประดับแพไฟ” ข้อที่ 6 ครูให้นักเรียนสร้างเทียนประดับแพไฟตามที่ออกแบบ ในระหว่างที่สร้างเทียนประดับแพไฟครูให้นักเรียนบันทึกปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างแพไฟพร้อมทั้งระบุแนวทางแก้ไขของนักเรียนลงในแบบบันทึกกิจกรรม โดยครูคอยให้ความช่วยเหลือ หรือคำปรึกษาตามที่นักเรียนต้องการ จากนั้นครูให้นักเรียนนำเสนอปัญหาและอุปสรรคของการทำงานหน้าชั้นเรียน พบว่านักเรียนทั้งสองคนพบปัญหาและอุปสรรคที่เหมือนกันคือการแข็งตัวของเทียนช้า กว่าจะแข็งตัวออกมาเป็นรูปเทียน

ตาราง 15 แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ระหว่างการจัดการเรียนรู้

องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์		ร้อยละและจำนวนคน								
		วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3		
		ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี	ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี	ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี
1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา	คน	-	-	2	-	-	2	-	-	2
	ร้อยละ	-	-	100	-	-	100	-	-	100
2. ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา	คน	-	-	2	-	1	1	-	-	2
	ร้อยละ	-	-	100	-	50	50	-	--	100
3. ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ	คน	-	1	1	-	1	1	-	-	2
	ร้อยละ	-	50	50	-	50	50	-	-	100
4. ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ	คน	-	-	2	-	-	2	-	1	1
	ร้อยละ	-	-	100	-	-	100	-	50	50
เฉลี่ย (ร้อยละ)			12.5	87.5		25	75		12.5	87.5

ผลการวิจัยพบว่า

นักเรียนมีความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ในวงจรการปฏิบัติการที่ 1-3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100

ความสามารถในการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา ในวงจรการปฏิบัติการที่ 1 และ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 50 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 50 แสดงว่านักเรียนมีพัฒนาการที่สูงขึ้น

ความสามารถในการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ ในวงจรการปฏิบัติการที่ 1 และ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 50 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 50 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 สรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ ที่สูงขึ้น

ความสามารถในการวางแผนการปฏิบัติ ในวงจรการปฏิบัติการที่ 1 และ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 50 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 50 สรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านการวางแผนการปฏิบัติที่สูง

สรุปจากค่าเฉลี่ยรวม จากวงจรปฏิบัติการ ทั้ง 3 วงจร นั้น นักเรียนทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ทั้ง 4 องค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการที่สูงขึ้น

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก และเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION โดยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ในการศึกษาครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในอำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 2 คน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการสำรวจและศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริง จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็นวงจร 3 วงจร คือวงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ปริมาตรของของปริซึม (โครงประดับแพไฟ) และวงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนประดับแพไฟ) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบบันทึกกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ชิ้นงานของนักเรียน และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัย ดังนี้

สรุป อภิปรายผลการวิจัย

1. แนวการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ผลการวิจัยพบว่า

ขั้นการวางแผน: ก่อนการนำนักเรียนเข้าสู่การจัดการเรียนรู้ควรมีดำเนินการจัดเตรียมสื่อที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ และจัดสภาพแวดล้อมของห้องเรียนให้เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากนั้นดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนั้นในการจัดสภาพแวดล้อมของห้องเรียนให้เหมาะสม ถ้ามีการจัดสภาพแวดล้อมที่ดีที่เหมาะสมกับผู้เรียน จะเป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมหรือสนับสนุนให้เกิดความสะดวะสบาย ทำให้ผู้เรียนมีความตั้งใจ มีกำลังใจ และมีความพึงพอใจในการเรียน ทำให้เกิดสมาธิและเกิดการเรียนรู้ในที่สุด (อรพันธ์ ประสิทธิรัตน์, 2545)

ขั้นปฏิบัติการ: ควรมีการสนทนาพูดคุยในประเด็นที่น่าสนใจ อาจยกสถานการณ์มาร่วมกันพูดคุย โดยจะต้องพยายามใช้คำถามปลายเปิดร่วมด้วย เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและเห็นแนวคิดทาง คณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน

ขั้นการระบุปัญหา นำนักเรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา โดยสถานการณ์ ปัญหาที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน หรือเป็น สถานการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนที่นักเรียนคุ้นเคย จะช่วยให้นักเรียนสามารถบอกได้ว่ามีแนวคิดทางคณิตศาสตร์ใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา สามารถนำมาใช้แก้ไขปัญหาได้และไม่มีความซับซ้อนมากจนเกินไป ซึ่งสอดคล้องกับ สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557) ได้กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาครูต้องออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาในสิ่งแวดล้อม สถานการณ์ เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตจริงเพื่อฝึกประสบการณ์ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และอาจนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมของนักเรียน ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

ขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาผู้วิจัยจะต้องพยายามให้นักเรียนทุกคนได้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ถ้ามีกิจกรรมที่เป็นกิจกรรมทดลองควรให้นักเรียนได้เรียนรู้ และคุ้นเคยกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนที่จะได้ปฏิบัติกิจกรรม ผู้วิจัยควรตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนด้วยการซักถาม หรือใช้แบบทดสอบ เพื่อให้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการแก้ไข โดยการยกตัวอย่างให้เกิดความเข้าใจ เพราะถ้านักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้ และต้องบริหารจัดการเวลาในการจัดกิจกรรมให้เหมาะสม สอดคล้องกับ ทิฏิภัทรา สุดแก้ว (2554) ที่ได้กล่าวว่า ครูควรมีการทบทวนความรู้เดิมและพยายามให้นักเรียนได้ระลึกถึงความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวกับเนื้อหาใหม่ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น ยกตัวอย่าง การใช้คำถามเพื่อเป็นแรงจูงใจในการเรียน จะทำให้นักเรียนมีความรู้และข้อมูลเพื่อที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา และนอกจากนี้ควรเตรียมสื่อและเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความครอบคลุมในหลาย ๆ วิชา เพื่อให้นักเรียนได้สืบค้นหาข้อมูล หาความรู้และสร้างองค์ความรู้มาใช้ประกอบในการแก้ปัญหา ผู้สอนจะต้องทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และแนวคิดอื่น ๆ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์และอื่น ๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบแก้ปัญหาได้

ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหา โดยใช้คำถามปลายเปิดซักถาม และควรเน้นย้ำให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานให้ละเอียดหรือมีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาให้ชัดเจน สอดคล้องกับสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ที่ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาคือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและเห็นถึงความสัมพันธ์ของการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการสร้างชิ้นงาน ควรให้แนวคิดว่าชิ้นงานที่นักเรียนกำลังสร้างมีความสัมพันธ์กับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยอาจใช้คำถามปลายเปิดซักถามนักเรียนอยู่เสมอระหว่างการทำกิจกรรม

ขั้นการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ควรมีการแสดงผลการทดสอบ โดยอาจให้นำเสนอชิ้นงานหน้าชั้นเรียน ให้นักเรียนสามารถเห็นได้ชัดเจน ควรให้นักเรียนได้สังเกตผลการทดสอบชิ้นงานของตนเองว่ามีผลออกมาเป็นอย่างไร โดยผู้วิจัยอาจใช้คำถามปลายเปิดกระตุ้นความคิดหรืออาจยกตัวอย่างวิธีการคิดโดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนได้เข้าใจแล้วให้นักเรียนได้คิดแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง รวมถึงปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง ควรให้นักเรียนได้คิดและเข้าใจว่า ผลการทดสอบชิ้นงานเป็นผลมาจากการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา เพื่อให้นักเรียนได้เห็นแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์อีกครั้ง

ขั้นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานผู้วิจัยควรส่งเสริมให้นักเรียนได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และหลังการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา ผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้สะท้อนหรือตีความเกี่ยวกับการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เข้ามาแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานนั้นว่าส่งผลอย่างไรต่อการแก้ปัญหาหรือต่อชิ้นงานมากน้อยเพียงใด ช่วยในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดหรือไม่ อย่างไร สอดคล้องกับ Robert (2013) ที่กล่าวว่าครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำเสนอผลการออกแบบหน้าชั้นเรียน จากนั้นกระตุ้นให้นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ตั้งคำถาม และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานนั้น ซึ่งนักเรียนจะต้องบันทึกข้อเสนอแนะของครูและเพื่อน เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขผลงานของตนเอง

ขั้นสังเกต: ผู้วิจัยควรมีการสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนและปัญหาที่เกิดขึ้นของนักเรียน ผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้สังเกตบันทึก ผลการปฏิบัติกิจกรรมอย่างชัดเจนเพื่อส่งเสริมให้

นักเรียนได้แก้ปัญหาได้ตรงจุด การสังเกตในการเรียน การปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน เป็นความสามารถของครูในการดู การเห็น และการรับรู้สิ่งที่นักเรียนแสดงออกมา ขณะอยู่ในชั้นเรียนอย่างรอบคอบและมีสติ รวมถึงสภาพแวดล้อมรอบตัวในชั้นเรียน (Schack, Fisher, & Wilhelm, 2017)

ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ: ผู้วิจัยควรนำข้อมูลที่ได้จากขั้นการสังเกตการณ์ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุงแก้ไขในการปฏิบัติกิจกรรม ในการปฏิบัติกิจผู้สอนกรรมควรตั้งคำถามแบบปลายเปิด โดยลักษณะการตั้งคำถามที่เน้นให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ สังเคราะห์และอภิปรายการสะท้อนคิดของตนเอง จะทำให้ผู้เรียนเกิดการตระหนักรู้การรู้คิดของตนเองจากประสบการณ์เดิม และส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่หรือเนื้อหาการเรียนรู้กับตนเองได้ สอดคล้องกับ Sherwood (2017) ที่กล่าวว่า การสะท้อนคิดเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ ที่พัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการทำความเข้าใจ แยกแยะและอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ช่วยให้ผู้เรียนสามารถที่จะปรับมุมมองของตนเอง การสะท้อนคิดจำเป็นที่ผู้เรียนต้องมีส่วนร่วมในเหตุการณ์หรือมีประสบการณ์ นอกจากนี้ Armstrong et al. (2017) ยังได้อธิบายเกี่ยวกับการสะท้อนคิด ว่าเป็นการประเมินและการวิเคราะห์เชิงบูรณาการ ระหว่างประสบการณ์ของผู้เรียนที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เป็นผลให้ผู้เรียนเกิดความคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดแก้ไขปัญหา และความพึงพอใจในบทบาทของตนเอง

2. ผลพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงขึ้น การทำความเข้าใจปัญหา ในวงจรการปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100

นักเรียนมีพัฒนาการด้านการทำความเข้าใจปัญหาที่สูงขึ้น การสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา ในวงจรการปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 50 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 50 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากนักเรียนได้ทำกิจกรรมที่มีความใกล้ตัวนักเรียนและการจัดการเรียรู้แบบสะเต็มช่วยให้นักเรียนสามารถนำเอาความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการวิเคราะห์สร้างแนวทาง และนำไปแก้ปัญหาโดยสามารถเข้าใจถึงปัญหาและสามรถนำไปประยุกต์ใช้จาก

สถานการณ์ในชีวิตจริงให้อยู่ในขอบเขตของคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ Lyn, & Donna (2015) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยผ่านกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมสามารถประยุกต์ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์มาเข้ากับวิทยาศาสตร์ในการออกแบบ ชิ้นงานและแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับรักษพล ธนานุวงศ์ (2556) ที่กล่าวว่าการเรียนการสอนแบบประสานรวมกันของทั้ง 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติได้ ทำงานเป็นกลุ่ม อภิปรายและสื่อสารเพื่อนำเสนอผลงาน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ เนื้อหาแกนหลักทางวิชาการได้อย่างดี

นักเรียนมีพัฒนาการด้านการสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาที่สูงขึ้น การเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ ในวงจรการปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 50 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 50 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 50 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 50 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดทางหรือวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อาจเนื่องจากครูมีการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง สังเกตเห็นได้จากการแสดงวิธีการคิด การดำเนินการต่าง ๆ การใช้แนวคิดเกี่ยวกับปริซึมและทรงกระบอกมาใช้ในการออกแบบ ปรับปรุงชิ้นงานได้อย่างชัดเจน โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามี การบูรณาการความรู้วิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ผ่านกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหานั้นต้องใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มาช่วย แก้ปัญหา ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงสามารถส่งเสริมการใช้ หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Scott (2012) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่ง ในประเทศสหรัฐอเมริกา ทำให้นักเรียนที่เข้าร่วมการเรียนแบบ STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่านักเรียนระดับเดียวกันที่ไม่ได้เข้าร่วมการเรียนแบบ STEM

นักเรียนมีพัฒนาการด้านการเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ ที่สูงขึ้น และการวางแผนการปฏิบัติ ในวงจรการปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 50 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 50 นักเรียนสามารถสำรวจหาวิธีการแก้ปัญหาในการปฏิบัติกิจกรรม และสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้จริง และมีการเตรียมความพร้อมในการดำเนินการ ดังนั้นการเตรียม

ความพร้อม จึงเป็นการดำเนินกิจกรรมของกระทำที่ได้ถูกเตรียมพร้อม เพื่อให้เกิดความมั่นใจและตั้งใจในการที่จะปฏิบัติกิจกรรมนั้น ๆ ให้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนคุณสมบัติหรือสภาวะที่พร้อมจะทำงานหรือกระทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งอย่างแนวโน้มจะประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ (สามารถ ทองเฝือ, 2557) สอดคล้องกับ อาภาพรรณ ประทุมไทย (2563) ที่ได้ศึกษาผลของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานกลุ่ม และการเห็นคุณค่าในตนเองของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าผลของการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ตามแนวคิดของเทรฟฟิงเกอร์และคณะนี้ สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้เพิ่มสูงขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์นั้นมีลำดับขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และแต่ละลำดับขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์นั้นมีกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนได้มีการคิดอยู่ตลอดเวลา ทั้งการคิดวิเคราะห์ การคิดที่แตกต่างหลายมุมมอง รวมถึงการกระตุ้นให้นักเรียนคิดทำสิ่งใหม่ ๆ การประยุกต์ใช้ การปรับปรุงดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่ให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังให้นักเรียนมีการอภิปรายแสดงความคิดเห็นร่วมกัน มีการระดมสมองจากหลากหลายแนวคิดของสมาชิกภายในกลุ่มอยู่ทุกลำดับขั้นตอน ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เพิ่มมากขึ้นได้

นักเรียนมีพัฒนาการด้านการวางแผนการปฏิบัติที่สูงขึ้นและการวางแผนการปฏิบัติในวงจรการปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 ในวงจรการปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 50 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 50 นักเรียนสามารถพิจารณาวิธีแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีการปฏิบัติกิจกรรมได้จริงในการวางแผนขั้นตอนเครื่องมืออย่างเหมาะสม สอดคล้องกับงานวิจัยของวนัสนันท์ ชูรัตน์ (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ร่วมกับอินโฟกราฟิกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกรด-เบส พบว่าผลการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ร่วมกับอินโฟกราฟิกพบว่ามีการพัฒนาที่ดีขึ้นตามลำดับและหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ข้อค้นพบเพิ่มเติม

จากการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ในประเพณีไหลแพไฟ จังหวัดอุตรดิตถ์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ผู้วิจัยได้ค้นพบเพิ่มเติมในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

3.1 ด้านสถานการณ์ปัญหา ผู้วิจัยควรเตรียมสื่อการสอนที่น่าสนใจแก่นักเรียนเพื่อให้นักเรียนสนใจสถานการณ์ปัญหา และคิดเหตุผลในการหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ เช่น วิดีโอสาธิตการลอยตัวของเรือขนาดใหญ่ หรือการสร้างโครงของเรือเพื่อให้นักเรียนค้นพบแนวทางในการออกแบบเรือแพไฟและสามารถแก้ไขปัญหาในลำดับต่อไปได้

3.2 การใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียน ผู้วิจัยควรใช้คำถามที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนโดยไม่ใช่การใช้คำถามที่ชี้นำมาเกินไป ควรเป็นคำถามปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะความคิดในการแก้ปัญหา เช่น คำถามว่า “เพราะอะไรเรือแพไฟถึงไม่จม” “ทำไมนักเรียนจึงออกแบบรูปทรงนี้ “นักเรียนมีวิธีคำนวนน้ำหนักเรืออย่างไร” เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนได้แสดงเหตุผลของตนเองผ่านการพูด แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพราะนักเรียนบางคนไม่สามรถตอบคำถาม หรือทำกิจกรรมด้วยตนเองได้ การใช้คำถามจึงน่าจะเป็นวิธีที่ให้นักเรียนแต่ละคนแสดงเหตุผลของตนเอง และเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดสร้างสรรค์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้สาขาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ โดยเน้นให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดต่าง ๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ดังนั้นครูผู้สอนควรมีการเตรียมความพร้อมความรู้พื้นฐานในแต่ละสาขาวิชาหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องและทบทวนความรู้ต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้มีความรู้ ความเข้าใจแนวคิดที่จำเป็นและเพียงพอสำหรับบูรณาการในการแก้ปัญหา ในบางขั้นตอนอาจจะต้องมีการเสริมเทคนิคลงไปเพื่อช่วยให้ขั้นตอนนั้นมีประสิทธิภาพขึ้น และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างกัน

1.2 ในการออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยจำเป็นต้องศึกษาเอกสาร แนวคิดทางเนื้อหาสาระวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีให้มีความเข้าใจเป็นอย่างดี เพื่อใช้ในการวางแผนและออกแบบกิจกรรมให้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กัน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION กับการจัดการเรียนรู้แบบอื่น ๆ

2.2 ควรมีการวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ในระดับชั้นอื่น ๆ หรือเนื้อหาอื่น ๆ

2.3 การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ควรให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมแบบกลุ่มมากกว่าปฏิบัติกิจกรรมแบบรายบุคคล

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

กิตติ พัฒนตระกูลสุข. (2546). การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาของประเทศไทยล้มเหลวจริงหรือ. *คณิตศาสตร์, 46*(474-475), 54-58.

จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่, และศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. *Veridian E-Journal Silpakorn University, 8*(1), 62-74.

จิระประภา คำภาเกะ. (2563). *การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จุฑารัตน์ เกาะหวาย. (2563). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEM เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารชุมชนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 15(*3), 254-265.

ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์. (2561). *ผลการใช้กลุ่มสืบสอบร่วมกับเครื่องมือการเรียนรู้ร่วมกันออนไลน์ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรงยศ สกุลยา, และวนินทร สุภาพ. (2563). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวด้วยกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *22*(4), 88-100.

ทิฏ์ภัทรา สุดแก้ว. (2554). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ผ่านเครือข่ายทางสังคมออนไลน์ เรื่อง ภูมิปัญญาท้องถิ่น* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ธนูศักดิ์ มูลตองคะ, และอภิชาติ เนียมวงษ์. (2563). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนมารีวิทยา. *Journal of Graduate School Sakon Nakhon Rajabhat University*, *17*(79), 49-61.

ธารทิพย์ ขัวนา. (2562). สะเต็มศึกษาเพื่อการจัดการเรียนรู้สู่ทักษะการทำงานในศตวรรษที่ 21. *Journal of Graduate School Sakon Nakhon Rajabhat University*, *16*(73), 1-12.

นิสา คีรีรมย์. (2565). การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามรูปแบบ 3CM (Cool-Critical-Creative-Meaningful) ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง เศษส่วนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *The Golden Teak: Humanity and Social Science Journal*, *28*(2), 179-193.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2561). สะเต็มศึกษากับสไตล์การเรียนรู้ตามแนวคิด Kolb. *Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences)*, *11*(2), 11-17.

ปริญญา พวงจันทร์. (2557). การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ในการทำโครงงาน เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างราชอาณาจักรไทยกับสาธารณรัฐอินโดนีเซียของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสำหรับโรงเรียนคู่พัฒนา ไทย–อินโดนีเซีย. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts)*, *7*(2), 534-547.

ปิยาภรณ์ ขาวทอง. (2564). *การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง รูปหลายเหลี่ยมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6* (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พันทิพา อมรฤทธิ์. (2559). ประสิทธิผลของการเรียนด้วยสื่อการสอนอัจฉริยะแบบส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงในนักศึกษาสาขาแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. *วารสารเทคโนโลยีสุรนารี*, *10*(2), 1-17.

พันธ์ยุทธ น้อยพินิจ, วนินทร สุภาพ, และจักรกฤษณ์ กลิ่นเอี่ยม (2562). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาคตัดกรวย ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต*, *13*(1), 70-84.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. *นิตยสาร สสวท.*, *42*(185), 14-16.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556). *เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

ลัดดา ภู่เกียรติ. (2552). *การสอนแบบโครงงานและการสอนแบบใช้วิจัยเป็นฐาน: งานที่ครูประถมทำได้*. กรุงเทพฯ: สาฮะแอนด์ซันพริ้นติ้ง.

วงค์ณภา แก้วไกรษร, และนันทรัตน์ แก้วไกรษร. (2561). *การพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชุมนุมหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ภายใต้หัวข้อหุ่นยนต์ทางเลือกแห่งอนาคต* (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ.

วนัสนันท์ ชูรัตน์. (2564). *การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ร่วมกับอินโฟกราฟิกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด-เบส* (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศศิธร ศรีวงษ์ญาติดี, และเนาวนิตย์ สงคราม. (2560). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7E เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์. *Online Journal of Education*, *12*(3), 185-201.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สะเต็มศึกษาประเทศไทย. (2558). *กิจกรรมสะเต็ม.* สืบค้น 25 มกราคม 2565, จาก http://www.stemedthailand.org

สามารถ ทองเฝือ. (2557). *การเตรียมความพร้อมสู่ประชาคมอาเซียน ปี 2558 ของหน่วยงานผลิตบัณฑิตในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี* (รายงานผลการวิจัย). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูทศวรรษที่ 21*. เพชรบูรณ์: จุลดิสการพิมพ์.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา STEM Education. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17*(3), 202-210.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. (2558). *สะเต็มศึกษา: ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย.* สงขลา: นำศิลป์โฆษณา.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. (2559). *สะเต็มศึกษา: ปัญหาจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.* สงขลา: นำศิลป์โฆษณา.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี(สสวท.)*, 42(186), 3–5.

สุมินตรา จีนเมือง, และธิติยา บงกชเพชร. (2563). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสียงเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา*, *31*(1), 59-74.

อภิญญา สิงต์โต. (2563). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *Journal of MCU Nakhondhat*, *7*(7), 387-398.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2555). สรุปการบรรยายพิเศษเรื่อง Science, Technology, Engineering and Mathematics 417. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 9 ฉบับพิเศษ เมษายน Education: Preparing students for the 21st Century*. สืบค้น 25 มกราคม 2565, จาก http://designtechnology.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/83/2017/09/STEMeducation.pdf

อรพันธ์ ประสิทธิรัตน์. (2554). *การศึกษาสภาพแวดล้อมทางการเรียนของนิสิตคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ* (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน.

อาภาพรรณ ประทุมไทย. (2563). ผลของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานกลุ่ม และการเห็นคุณค่าในตนเองของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 31(2), 77-94.

Armstrong, G., Horton-Deutsch, S., & Sherwood G. (2017). *Reflection in clinical contexts: learning collaboration and evaluation*. In Horton-Deutsch S, Sherwood GD. (Eds) Reflective Practice: Transforming Education and Improving Outcomes. Indianapolis: Sigma Theta Tau International.

Chulawattanatorn, M. (2012). *Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education*. Concept Paper for the IPST Steering Committee Meeting.

Cropley, A. J. (1966). Creative and Intellegence. *The British Journal of Educational Psychology*, 36, 259-266.

Duschl, R. A., & Bismack, A. S. (2016). Reconceptualizing STEM education. *The Central Role of Practices*.

Eppes, T., Milanovic, I., & Wright, K. (2020). Improving student readiness for inquiry-based learning: An engineering case study.

Fan, S. C. C., & Ritz, J. (2014). International views of STEM education. *PATT-28 Research into Technological and Engineering Literacy Core Connections*, *7*, 14.

Feder, M., Ferrini-Mundy, J., & Heller-Zeisler, S. (2011). *The federal science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education portfolio*. Retrieved January 25, 2020, from https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED542910.pdf.

Jitsuchon, S. (2012). Thailand in a Middle-income Trap. *TDRI Quarterly Review*, 27(2), 13–21.

Koehler, C. M., Faraclas, E. W., Giblin, D., Moss, D. M., & Kazerounian, K. (2013). The nexus between science literacy & technical literacy: A state by state analysis of engineering content in state science frameworks. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, *14*(3).

Lyn, & Donna. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace. *International journal of stem education*, 2, 1-18.

Maesincee, S. (2016). Thailand 4.0. *Lecture at the Asian Institute of Technology (AIT)*, 30.

Moore, T. J., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Kersten, J. A. (2015). NGSS and the landscape of engineering in K‐12 state science standards. *Journal of Research in Science Teaching*, *52*(3), 296-318.

OECD PISA Collaborative Problem-Solving Expert Working Group (2013). *PISA 2015 draft collaborative problem-solving framework*. Retrieved January 25, 2020, from https://www.oecd.org./pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Collaborative%20Problem%20Solving%20Framework%20.pdf

Olson, S., & Loucks-Horsley, S. (Eds.). (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. National Academies Press.

Pasuk, P., & Pornthep, B. (2012). *Locked in the Middle-Income Trap: Thailand's economy between resilience and future challenges*. Friedrich Ebert Stiftung, (March). Retrieved January 25, 2020, from http://library.fes.de/pdf-files/bueros/thailand/09208.pdf

Rehmat, A. P., & Hartley, K. (2020). Building engineering awareness: Problem based learning approach for STEM integration. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 14*(1).

Roberts, A. (2013). STEM is here. Now what?. *Technology and engineering Teacher*, *73*(1), 22.

Roberts, A. (2013). STEM is here. Now what?. *Technology and engineering Teacher*, *73*(1), 22.

Rothwell, J. (2013). *The hidden STEM Economy*. Washington, DC: Brookings, (June), 1–38. Retrieved January 25, 2020, from http://www.brookings.edu/~/media/ Research/Files/Reports/2013/06/ 10stem economy rothwell/SrvyHidden STEMJune3b.pdf

Schack, E. O., Fisher, M. H., & Wilhelm, J. (2017). *Teacher noticing: Bridging and Broadening perspectives, contexts, and frameworks*. New York, NY: Springer International.

Scott, C. (2012). An investigation of science, technology, engineering and mathematics (STEM) focused high school in the U.S. *Journal of STEM Education, 13*(5), 30-39.

Sherwood Horton-Deutsch. (2017). *Reflective Practice: Transforming Education and Improving Outcomes*. Indianapolis: Sigma Theta Tau International.

Taranate, T., Chauvatcharin, N., & Sirisawat, C. (2022). The Effects of STEAM Education Approach on Scientific Creative Thinking and Learning Achievement on DNA Technology of 10th Grade Students. *Journal of Education Naresuan University*, *24*(4), 132-142.

Tati, T. F., & Riandi, R. (2017). *The Effect of STEM Learning through the Project of Designing Boat Model toward Student STEM Literacy*. NH: Heinemann: Universitas Pendidikan Portsmouth.

Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Dorval, K. B. (2010). *Creative Problem Solving (CPS Version 6.1): A Contemporary Framework for Managing Change*. FL: Center for Creative Learning.

Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Wahyudi. (2019). *The use of 3CM (Cool-Critical-Creative-Meaningful) model in blended learning to improve creative thinking ability in solving mathematics problem*. Journal of Educational Science and Technology, *5(1)*, 26-38.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การค้นคว้าอิสระ เรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงคิดสร้างสรรค์ ในประเพณีไหลแพไฟ จังหวัดอุตรดิตถ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก มีรายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา

1.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ธำรงโสตถิสกุล
อาจารย์ประจำสาขาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวีสิทธิ์ ปัญญายง
อาจารย์ประจำ สาขาคณิตศาสตร์
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ระดับมัธยมศึกษา

2.1 นางนิตยา ใจคำ
ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนบ้านป่าแดงห้วยหลวง จังหวัดเชียงราย

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

2. แบบบันทึกกิจกรรม

3. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

4. แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชา คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

เรื่อง พื้นที่ผิวของปริซึม (ฐานแพไฟ) จำนวน 4 ชั่วโมง

นางสาววิภาพร เวียงเงิน

แผนการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION บูรณาการสาระการเรียนรู้ดังนี้

คณิตศาสตร์

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ค2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

วิทยาศาสตร์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด ว 2.2 ม.2/1 พยากรณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกันจากหลักฐานเชิงประจักษ์

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด ว4.1 ม.1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 วิศวกรรม

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด ว4.1 ม.2/4 ทดสอบ ประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไขพร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของปริซึมได้ (K)
2. หาพื้นที่ผิวของปริซึมแบบต่าง ๆ ได้ (K)
3. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ (K)
4. สืบค้นหาวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมได้ (P)
5. นำความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมมาเขียนแบบร่าง(ฐานแพไฟ)ได้อย่างสร้างสรรค์โดยใช้โปรแกรม Power Point ได้ (P)
6. สามารถสร้างฐานแพไฟให้ลอยน้ำได้ (P)
7. ตรวจสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาได้ (A)

สาระสำคัญ

รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานทั้งสองเป็นรูปหลายเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ ฐานทั้งสองอยู่บนระนาบที่ขนานกันและด้านข้างแต่ละด้านเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน เรียกว่า ปริซึม (Prism)

การหาพื้นที่ผิวของปริซึม เป็นการหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของปริซึม หรือหาพื้นที่ฐานรวมกับพื้นที่ผิวข้าง โดยมีสูตรในการหา

$$\text{พื้นที่ผิวของปริซึม} = 2(\text{พื้นที่ฐาน}) + \text{พื้นที่ผิวข้าง}$$

สาระการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
การนำความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา	แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เมื่อมีแรงหลาย ๆ แรงกระทำต่อวัตถุ แล้วแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่แต่ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เป็นศูนย์วัตถุจะเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่	- การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้หลากหลายวิธี เช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพ การเขียนผังงาน - ใช้โปรแกรม PowerPoint ในการออกแบบได้	การทดสอบ และประเมินผลเป็นการตรวจสอบชิ้นงานหรือวิธีการว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหาข้อบกพร่อง และดำเนินการปรับปรุงโดยอาจทดสอบซ้ำเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (30 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำเสนอประวัติความเป็นมาของประเพณีไหลแพไฟ จากลิ้งค์ https://www.museumthailand.com/th/3970/storytelling/%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%93%E0%B8%B5%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B9%81%E0%B8%9E%E0%B9%84%E0%B8%9F/

ครูโดยกล่าวถึง “การสร้างแพไฟ” โดยใช้คำถามดังนี้

1.1 การสร้างแพไฟนั้นต้องมีส่วนประกอบอะไรบ้าง

(ส่วนฐาน ส่วนที่ประดับตกแต่ง)

1.2 โดยทั่วไปแพที่นักเรียนเคยเห็นมีฐานเป็นเรขาคณิตรูปใด

(สี่เหลี่ยม)

1.3 หากต้องการสร้างแพไฟให้สวยงาม นักเรียนสามารถออกแบบฐานแพไฟให้เป็นรูปใดได้อีกบ้าง

(สามเหลี่ยม ห้าเหลี่ยม แปดเปลี่ยม วงกลม ฯลฯ)

2. ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาว่า “หากนักเรียนได้รับมอบหมายให้สร้างแพไฟเพื่อเป็นตัวแทนของโรงเรียนในการจัดแสดงแพไฟในเทศกาลดังกล่าว โดยนักเรียนจะต้องใช้งบประมาณในการสร้างที่ประหยัด คุ้มค่า และสามารถนำแพไปใช้แสดงได้จริงนักเรียนจะมีวิธีในการออกแบบแพไฟอย่างไรบ้าง”

3. จากนั้นครูแจกแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง “การสร้างฐานของแพไฟ” พร้อมตั้งประเด็นคำถามว่า เรือที่นำมาใช้สามารถลอยน้ำได้อย่างไร

(ใช้หลักการของแรงพยุงหรือแรงลอยตัวในน้ำ การออกแบบให้มีปริมาตรมากแต่ความหนาแน่นน้อย รูปเรขาคณิต ปริซึม การหาพื้นที่)

4. ครูให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ดังกล่าวพร้อมระบุปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มากที่สุดลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1

5. ครูกำหนดประเด็นปัญหาที่สำคัญคือ “ให้นักเรียนออกแบบฐานของแพไฟเป็นรูปเรขาคณิต โดยกำหนดให้ฐานเป็นรูปทรงปริซึมและลอยน้ำได้” (องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา)

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (60 นาที)

1. ครูให้นักเรียนสืบค้นความหมายของรูปทรงปริซึม และวิธีการหาพื้นที่ผิวของปริซึมในแต่ละรูปแบบลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 จากนั้นตอบคำถามดังนี้

1.1 รูปทรงปริซึมหมายถึงอะไร

(รูปทรงเรขาคณิต 3 มิติที่มีพื้นที่หน้าตัดหัวและท้ายเป็นรูปหลายเหลี่ยม (สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม ..... รูป n เหลี่ยม) และมีพื้นที่หน้าตัดด้านข้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมเสมอ)

1.2 รูปทรงปริซึมมีคุณสมบัติอย่างไร และมีกี่ประเภท อะไรบ้าง

(คุณสมบัติของปริซึมคือ เป็นรูปทรงสามมิติที่มีหน้าตัดหัวท้ายเป็นรูปเหลี่ยม พื้นที่หน้าตัดหัวท้ายมีขนาดเท่ากัน ด้านข้างของรูปทรงสามมิติเป็นรูปสี่เหลี่ยมทุกรูป โดยชื่อเรียกของปริซึมเรียกตามรูปพื้นที่หน้าตัด เช่น ปริซึมรูปสามเหลี่ยม ปริซึมรูปสี่เหลี่ยม ปริซึมรูปห้าเหลี่ยม เป็นต้น)

1.3 การหาพื้นที่ผิวของปริซึมมีวิธีการอย่างไร

การหาพื้นที่ผิวของปริซึม เป็นการหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของปริซึม หรือหาพื้นที่ฐานรวมกับพื้นที่ผิวข้าง โดยมีสูตรในการหา

$$\text{พื้นที่ผิวของปริซึม} = 2(\text{พื้นที่ฐาน}) + \text{พื้นที่ผิวข้าง}$$

2. ครูให้นักเรียนออกแบบฐานของแพไฟ พร้อมและวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของแพไฟที่นักเรียนสร้างในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 (องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา)

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนออกแบบฐานของแพไฟด้วยโปรแกรมออกแบบ Power Point จากนั้นให้นักเรียนพิมพ์แบบแล้วนำมาติดลงในแบบบันทึกกิจกรรม

2. ครูให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาพื้นที่ผิวของแพไฟด้วยสูตรการคำนวณดังนี้

พื้นที่ผิวของปริซึม = 2(พื้นที่ฐาน) + พื้นที่ผิวข้าง

3. ครูแจกอุปกรณ์ให้กับนักเรียน ได้แก่ ฟีเจอร์บอร์ด คัดเตอร์ กรรไกร ไม้บรรทัด ไม้เมตร ปืนกาว จากนั้นครูให้นักเรียนสร้างฐานของแพไฟ

4. ครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายเกี่ยวกับรูปทรงของฐานแพไฟของแต่ละคน จากนั้นให้นักเรียนบันทึกแนวคิดของเพื่อนลงในใบกิจจกรมที่ 1 โดยเขียนเพิ่มให้ได้หลายแนวคิดที่สุด อาจจะมีรูปแบบฐานของแพไฟในหลาย ๆ รูปแบบ ซึ่งครูสามารถใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการระดมความคิด เทคนิคการอภิปรายรอบวง หรือเทคนิคการพิจารณาคุณลักษณะ เป็นต้น และบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (60 นาที)

1. ครูให้นักเรียนสร้างฐานของแพไฟตามที่ออกแบบ ในระหว่างที่สร้างฐานของแพไฟ ครูให้นักเรียนบันทึกปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างแพไฟพร้อมทั้งระบุแนวทางแก้ไขของนักเรียนลงในแบบบันทึกกิจกรรม โดยครูคอยให้ความช่วยเหลือ หรือคำปรึกษาตามที่นักเรียนต้องการ

2. จากนั้นครูให้นักเรียนนำเสนอปัญหาและอุปสรรคของการทำงานหน้าชั้นเรียน (องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ)

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของผลงานโดยการนำไปลอยน้ำ จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายผลของการทดสอบดังนี้ (องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ)

1.1 นักเรียนดาคว่าฐานแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด *(ได้เพราะการออกแบบฐานมีความสมดุล หรือ ไม่ได้เพราะยังไม่ได้คำนวณน้ำหนักของฐานแพไฟ)*

1.2 กรณีที่ฐานแพไฟของนักเรียนลอยน้ำได้ นักเรียนคิดว่าสอดคล้องกับเพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใด

(หลักของแรงพยุงคือ แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น)

1.3 กรณีที่ฐานแพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใดเพราะเหตุใด

(เรืออาจจะไม่สมดุล หรือมีน้ำหนักมากเกินไป)

1.4 กรณีที่ฐานแพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร

(จะต้องออกแบบรูปทรงฐานของเรือ และคำนวณน้ำหนักของเรือร่วมด้วย)

2. ครูให้นักเรียนปรับแก้ไขฐานของแพไฟและนำมาทดสอบอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการทดสอบ อธิบายถึงหลักการสร้างฐานแพไฟของตนเอง และผลการทดลองของฐานแพไฟของตนเอง หลังจากนั้นครูสรุปคะแนนที่ได้จากการสร้างฐานแพไฟของนักเรียน

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปในประเด็นต่อไปนี้

รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานทั้งสองเป็นรูปหลายเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ ฐานทั้งสองอยู่บนระนาบที่ขนานกันและด้านข้างแต่ละด้านเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน เรียกว่า ปริซึม (Prism)

การหาพื้นที่ผิวของปริซึม เป็นการหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของปริซึม หรือหาพื้นที่ฐานรวมกับพื้นที่ผิวข้าง โดยมีสูตรในการหา

$$\text{พื้นที่ผิวของปริซึม} = 2(\text{พื้นที่ฐาน}) + \text{พื้นที่ผิวข้าง}$$

แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เมื่อมีแรงหลาย ๆ แรงกระทำต่อวัตถุ แล้วแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่แต่ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (สสวท.)
2. DLTV

3. ห้องคอมพิวเตอร์, โทรศัพท์มือถือ ใช้สืบค้นข้อมูล
4. ใบกิจกรรม “การสร้างฐานของแพไฟ”
5. โปรแกรม PowerPoint ในการออกแบบ

แบบประเมินแบบบันทึกกิจกรรม ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

หัวข้อ การประเมิน	**คะแนนที่ได้**		
	3 คะแนน	**2 คะแนน**	**1 คะแนน**
1. ความถูกต้องของการจดบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้ถูกต้อง	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้ถูกต้องบางส่วน	นักเรียนไม่สามารถบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้
2. ความครบถ้วนและความละเอียดของการจดบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์ จากกิจกรรมได้ ครบถ้วนและมีความละเอียด	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้บางส่วน	นักเรียนไม่สามารถบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้ครบถ้วนและไม่ละเอียด
3. ความถูกต้องในการคำนวณผลการทดสอบต่าง ๆ	นักเรียนบันทึกผลการคำนวณหาปริมาตรได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	นักเรียนบันทึกผลการหาปริมาตรถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถบันทึกผลการหาปริมาตรได้เกินร้อยละ 40
4. ความถูกต้องในการระบุวัตถุประสงค์	นักเรียนระบุวัตถุประสงค์ ได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	นักเรียนระบุวัตถุประสงค์ ได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถระบุวัตถุประสงค์ ได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40
5. ความเหมาะสมในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	นักเรียนร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้อย่างเหมาะสมเป็นไปได้จริง	นักเรียนร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้เล็กน้อย และอาจจะเป็นไปได้	นักเรียนไม่สามารถร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้

หัวข้อ การประเมิน	**คะแนนที่ได้**		
	3 คะแนน	**2 คะแนน**	**1 คะแนน**
6. ความถูกต้องในการออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพผลงาน	นักเรียนออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกิน ร้อยละ 70	นักเรียนออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40
7. ความถูกต้องในการบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพผลงาน	นักเรียนบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกิน ร้อยละ 70	นักเรียนบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40

แบบบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการสอน

.....

.....

.....

ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

แนวทางในการแก้ไขและพัฒนา

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ) ..... ผู้สอน

(นางสาววิภาพร เวียงเงิน)

ตัวอย่างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

สะท้อนครั้งที่ ..... วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ..... เรื่อง .....

ครูผู้สอน นางสาววิภาพร เวียงเงิน สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ชื่อผู้สังเกต .....

ตำแหน่ง ☐ ผู้บริหารสถานศึกษา ☐ ผู้วิจัย

☐ ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ☐ ครูผู้มีประสบการณ์ในการสอน

ช่วงเวลาสังเกต ตั้งแต่เวลา ..... น. ถึงเวลา ..... น.

คำชี้แจง

1. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ ใช้สำหรับสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ซึ่งมี 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา เป็นขั้นตอนที่ครูระบุปัญหาหรือเข้าใจข้อจำกัดของสถานการณ์ เพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหา หลังจากทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปัญหาแล้วจากนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์สรุปเป็นข้อความสั้นๆ โดยการตั้งคำถามเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ปัญหานั้น และคำถามต้องมีความสอดคล้องกับสถานการณ์หรือปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นขั้นตอนที่ครูสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียนสามารถแก้ไขปัญหา และสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกับเพื่อน ๆ ในการค้นหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูล ในขั้นนี้สามารถแทรกกิจกรรม เพื่อให้เกิดความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และการใช้เทคโนโลยี ครูใช้คำถามที่ช่วยกระตุ้นความคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียน

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่รวบรวมมาคิดออกแบบและหาแนวทางที่ดีที่สุด เพื่อให้เกิดความสามารถในการคิด และการแก้ปัญหาและคอยให้คำแนะนำ ปรึกษาตลอด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนออกแบบขั้นตอนก่อนลงมือทำ ระบุข้อควรระวัง และดำเนินการตามแผนที่วางไว้ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการทำงาน การสื่อสารระหว่างเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งนักเรียนจะได้วางแผนการดำเนินงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาตามที่ออกแบบไว้ โดยกำหนดเป้าหมาย จากนั้นจึงลงมือดำเนินการตามขั้นตอนที่วางแผน เพื่อที่นำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นตอนที่ครูตรวจสอบว่าผลงานนักเรียนว่าเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่ และจะต้องแก้ปัญหาอย่างไร และให้นักเรียนประเมินผลงานของตนเอง ทดสอบและประเมินวิธีการในการสร้างหรือการแก้ปัญหาว่าสามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้หรือไม่ มีข้อผิดพลาดอย่างไร และควรปรับปรุงอย่างไร แล้วจึงปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพหรือเหมาะสมในการแก้ปัญหาให้มากที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอผลการแก้ปัญหา วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นตอนที่ครูสร้างทักษะการนำเสนอ การรู้จักตนเอง และยอมรับกับข้อเสนอแนะของผู้อื่น เพื่อนำไปพัฒนาผลงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

<u>ทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์</u>

หมายถึง กระบวนการหาคำตอบ และวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากเดิม โดยอาศัยความคิดสร้างสรรค์ และความคิดวิจารณญาณในการเลือกและประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ตลอดจนสามารถวางแผนแก้ปัญหาและลงมือแก้ปัญหาจนกระทั่งบรรลุตามจุดมุ่งหมาย ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ

องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Challenge) นักเรียนมีการตรวจสอบเป้าหมาย โอกาส หรืออุปสรรคในภาพรวมของปัญหา รวมถึงการสร้างความคิดเพื่อกำหนดทิศทางหลักในการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา (Generating Ideas) นักเรียนหา/สร้างแนวทางที่มีความเป็นไปได้ใหม่ๆ หลายๆ แนวทาง จากมุมมองความคิดเชิงสร้างสรรค์ จากนั้นจึงพิจารณาแนวทาง/แนวคิดที่ได้สร้างขึ้นและระบุแนวทางที่น่าสนใจที่อาจจะนำไปปรับ พัฒนา และนำไปใช้ดำเนินการแก้ปัญหาได้

องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ (Preparing for Action) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสำรวจหาวิธีการแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มจะสามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้จริง และเตรียมความพร้อมสำหรับการดำเนินการให้ประสบความสำเร็จ

องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ (Planning Your Approach) นักเรียนพิจารณาแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีการปฏิบัติจริงให้ได้ทิศทางตามที่ต้องการเพื่อวางแผนองค์ประกอบขั้นตอนหรือเครื่องมือของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้มีความเหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปสู่บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

1. ขอให้ผู้สะท้อนโปรดสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนภายในชั้นเรียนและบันทึกรายละเอียด ข้อดี ข้อที่ควรปรับปรุง สภาพปัญหา ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

.....

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นสอดคล้องกับนิยามของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก หรือไม่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามจุดประสงค์ของขั้นหรือไม่ อย่างไร

☐ บรรลุ ☐ ไม่บรรลุ

.....

.....

1.2 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าถึงสถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้หรือไม่

☐ ได้ ☐ ไม่ได้ ☐ ไม่แน่ใจ

.....

.....

1.3 จุดเด่น

.....

.....

1.4 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

1.5 แนวทางในการแก้ปัญหา

.....

.....

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

2.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามจุดประสงค์ของขั้นหรือไม่ อย่างไร

☐ บรรลุ ☐ ไม่บรรลุ

.....

.....

.....

2.2 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการใช้คณิตศาสตร์ หรือไม่ อย่างไร

☐ ระบุวิธีแก้ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ในการสร้างชิ้นงาน

☐ เข้าใจและใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

☐ ทำความเข้าใจ เชื่อมโยง และใช้รูปแบบการนำเสนอที่หลากหลายในการแสดงออกถึงการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

☐ ใช้กระบวนการที่มีหลายขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหาและลงข้อสรุป

.....

.....

.....

1.2 จุดเด่น

.....

.....

.....

1.3 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

1.4 แนวทางในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

3.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามจุดประสงค์ของขั้นหรือไม่ อย่างไร

☐ บรรลุ ☐ ไม่บรรลุ

.....

.....

.....

3.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หรือไม่อย่างไร

☐ การสร้างความคิดที่หลากหลาย

☐ การสร้างความคิดสร้างสรรค์

☐ การประเมินและปรับปรุงความคิด

.....

.....

.....

3.2 จุดเด่น

.....

.....

.....

3.3 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

3.5 แนวทางในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

4.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามจุดประสงค์ของขั้นหรือไม่ อย่างไร

☐ บรรลุ ☐ ไม่บรรลุ

.....

.....

.....

4.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร

☐ หา/สร้างแนวทางที่มีความเป็นไปได้ใหม่ๆ หลากหลายแนวทาง

☐ พิจารณาแนวทาง/แนวคิดที่ได้สร้างขึ้นจากมุมมองความคิดเชิงสร้างสรรค์

☐ ระบุแนวทางที่น่าสนใจที่อาจจะนำไปปรับ พัฒนา และนำไปใช้ดำเนินการแก้ปัญหาได้

.....

.....

.....

4.2 จุดเด่น

.....

.....

.....

4.3 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

4.4 แนวทางในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

5.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามจุดประสงค์ของขั้นหรือไม่ อย่างไร

☐ บรรลุ ☐ ไม่บรรลุ

.....

.....

5.2 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการใช้คณิตศาสตร์ หรือไม่ อย่างไร

☐ระบุวิธีแก้ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ในการสร้างชิ้นงาน

☐เข้าใจและใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

☐ทำความเข้าใจ เชื่อมโยง และใช้รูปแบบการนำเสนอที่หลากหลายในการแสดงออกถึงการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

☐ใช้กระบวนการที่มีหลายขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหาและลงข้อสรุป

.....

.....

5.2 จุดเด่น

.....

.....

.....

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

5.4 แนวทางในการแก้ปัญหา

....

.....

.....

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

6.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามจุดประสงค์ของขั้นหรือไม่ อย่างไร

☐ บรรลุ ☐ ไม่บรรลุ

.....

.....

.....

6.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างทักษะการนำเสนอ ได้หรือไม่ อย่างไร

☐ มีความกล้าแสดงออก ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย

☐ ยอมรับกับข้อเสนอแนะของผู้อื่น

☐ นำข้อเสนอแนะไปพัฒนาผลงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

.....

.....

.....

6.3 จุดเด่น

.....

.....

.....

6.4 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

6.5 แนวทางในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

2. สรุปภาพรวมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.1 จุดเด่นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

2.2 จุดที่ควรปรับปรุง (พร้อมทั้งแนวทางในการปรับปรุง) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ลงชื่อ .....

(นางสาววิภาพร เวียงเงิน) (.....)

ผู้รับการสังเกต ผู้สังเกต

ตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรม

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 “การสร้างฐานของแพไฟ”

ชื่อ.....ชั้น..... .....เลขที่.....

ครูกำหนดสถาณการณ์ต่อไปนี้

“นักเรียนได้รับมอบหมายให้สร้างแพไฟเพื่อเป็นตัวแทนของโรงเรียนในการจัดแสดงแพไฟในเทศกาลดังกล่าว โดยนักเรียนจะต้องสร้างฐานแพไฟให้สามารถลอยน้ำได้ นักเรียนจะมีวิธีในการออกแบบฐานแพไฟอย่างไรบ้าง”

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

ลำดับที่	ปัญหา
1.	
2.	
3.	
4.	

1.1 รูปทรงปริซึมหมายถึงอะไร

.....

.....

.....

1.2 รูปทรงปริซึมมีคุณสมบัติอย่างไร และมีกี่ประเภท อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

1.3 การหาพื้นที่ผิวของปริซึมมีวิธีการอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของรูปทรงปริซึมที่ต้องนำมาสร้างฐานของแพไฟลงในตารางข้างล่างนี้

รูปเรขาคณิตที่ใช้สร้างฐานของแพไฟ	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**

2.1 รูปเรขาคณิตที่นักเรียนจะใช้สร้างฐานของแพไฟคือ.....

2.2 สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาพื้นที่ผิวฐานแพไฟของนักเรียนคือ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนออกแบบแพไฟด้วยโปรแกรม Power Point จากนั้นนำรูปมาติดลงในพื้นที่ข้างล่างนี้

4. ให้นักเรียนนำเสนอรูปแบบฐานแพไฟของนักเรียนจากนั้นบันทึกข้อดี-ข้อเสียรูปแบบฐานแพไฟของเพื่อนนักเรียนลงในตารางข้างล่างนี้

รูปเรขาคณิตที่เพื่อนใช้สร้างฐานของแพไฟ	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**

5. ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาพื้นที่ผิวแพไฟของนักเรียนตามรูปทรงปริซึมที่นักเรียนสร้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ให้นักเรียนสร้างฐานของแพไฟที่ได้ออกแบบไว้ตามข้อที่ 3 จากนั้นให้นักเรียนบันทึกปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานพร้อมทั้งแนวทางแก้ไขลงในตารางข้างล่างนี้

ปัญหา/อุปสรรคที่เกิดขึ้น	**แนวทางการแก้ไข**

6. การทดสอบประสิทธิภาพของเรือไฟให้นักเรียนตอบคำถามดังนี้

6.1 นักเรียนดาคว่าฐานแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

6.2 กรณีที่ฐานแพไฟของนักเรียนลอยน้ำได้ นักเรียนคิดว่าสอดคล้องกับเพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใด

.....

.....

.....

6.3 กรณีที่ฐานแพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

6.4 กรณีที่ฐานแพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร

.....

.....

.....

7. ให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อสรุปประเด็นดังต่อไปนี้

7.1 ปริซึม หมายถึงอะไร

.....

.....

.....

7.2 ปริซึม มีคุณสมบัติอย่างไร

.....

.....

.....

7.3 วิธีการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึมมีวิธีการอย่างไร

.....

.....

.....

7.4 การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ หมายถึงอะไร

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายวิชา คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

เรื่อง ปริมาตรของปริซึม (โครงประดับแพไฟ) จำนวน 4 ชั่วโมง

นางสาววิภาพร เวียงเงิน

แผนการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION บูรณาการสาระการเรียนรู้ดังนี้

คณิตศาสตร์

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ค2.1 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

วิทยาศาสตร์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะ การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด ว 2.2 ม.2/4 วิเคราะห์แรงพยุงและการจม การลอยของวัตถุในของเหลวจากหลักฐานเชิงประจักษ์

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด ว4.1 ม.1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 วิศวกรรม

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด ว4.1 ม.2/4 ทดสอบ ประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไขพร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของปริมาตรได้ (K)
2. หาปริมาตรของปริซึมแบบต่าง ๆ ได้ (K)
3. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ (K)
4. สืบค้นหาวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องปริมาตรของปริซึมได้ (P)
5. นำความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมมาเขียนแบบร่าง(ฐานแพไฟ)ได้อย่างสร้างสรรค์โดยใช้โปรแกรม Power Point ได้ (P)
6. สามารถสร้างโครงประดับแพไฟได้อย่างสร้างสรรค์และลอยน้ำได้ (P)
7. ตรวจสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาได้ (A)

สาระสำคัญ

ปริมาตร หมายถึง ปริมาณของปริภูมิหรือรูปทรงสามมิติ ซึ่งยึดถือหรือบรรจุอยู่ในภาชนะไม่ว่าจะสถานะใด ๆ ก็ตาม ปริมาตรระบุปริมาณเป็นตัวเลขโดยใช้หน่วยกำกับ เช่น ลูกบาศก์เซนติเมตร ลูกบาศก์เมตร เป็นต้น

การหาปริมาตร

ปริมาตรของปริซึม = พื้นที่ฐาน × สูง

แรงพยุง หมายถึง แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น

สาระการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
การนำความรู้เกี่ยวกับปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา	**แรงพยุง** หมายถึง แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น	- การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้ หลากหลายวิธี เช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพ การเขียนผังงาน - ใช้โปรแกรม PowerPoint ในการออกแบบได้	การทดสอบ และประเมินผลเป็นการตรวจสอบชิ้นงานหรือวิธีการว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหาข้อบกพร่อง และดำเนินการปรับปรุงโดยอาจทดสอบซ้ำเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (30 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำเสนอภาพประเพณีไหลแพไฟของอำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์

จากนั้นครูใช้ใช้คำถามดังนี้

1.1 จากภาพแพไปทำจากวัสดุอะไร

(ฐานทำจากไม้ ส่วนโครงทำจากเหล็ก)

1.2 แพไฟขนาดใหญ่สามารถลอยนำได้อย่างไร

(มีแรงพยุงจากน้ำ มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ)

1.3 จากประสบการณ์ที่นักเรียนได้ไปร่วมงานประเพณีไหลแพไฟ ของอำเภอตรอน นักเรียนเคยเห็นแพล่มหรือคว่ำระหว่างล่องตามแม่น้ำหรือไม่ จากภาพเป็นตัวอย่างเรือล่ม นักเรียนคิดว่าเกิดจากสาเหตุใด

(การออกแบบเรือที่ไม่สมดุล หรือน้ำหนักเรือเอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง)

1.4 หากนักเรียนต้องสร้างเรือ หรือแพไฟ ให้ลอยน้ำได้นักเรียนต้องพิจารณาอะไรบ้าง

(การออกแบบจะต้องออกแบบให้หัวและท้ายมีความสมดุลกันไม่หนักไปทางใดทางหนึ่งและสิ่งของที่นำมาออกแบบหรือตกแต่งแต่เป็นสิ่งของที่น้ำหนักเบา จึงทำให้เรือสามารถลอยได้)

2. ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาว่า “ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ตกแต่งที่จะใช้ประดับแพไฟ รวมถึงเทียนไขบนแพไฟ โดยในคาบเรียนนี้ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ตกแต่ง”

3. ครูให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ดังกล่าวพร้อมระบุปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มากที่สุดลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2

4. จากนั้นครูแจกแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง “ปริมาตรของปริซึม” พร้อมตั้งประเด็นคำถามว่า แพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้อย่างไร

(ใช้หลักการของแรงพยุงหรือแรงลอยตัวในน้ำ การออกแบบให้มีปริมาตรมากแต่ความหนาแน่นน้อย รูปเรขาคณิต ปริซึม การหาพื้นที่ การหาปริมาตร)

5. ครูกำหนดประเด็นปัญหาที่สำคัญคือ “ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ตกแต่งของแพไฟเป็นรูปเรขาคณิต โดยกำหนดให้ฐานเป็นรูปทรงปริซึมและลอยน้ำได้” (องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา)

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (60 นาที)

1. ครูให้นักเรียนสืบค้นความหมายของปริมาตร วิธีการหาปริมาตรของปริซึมในแต่ละรูปแบบ ความหมายของมวลและความหนาแน่นของวัตถุลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 จากนั้นตอบคำถามดังนี้

1.1 ปริมาตรหมายถึงอะไร

(ปริมาณของปริภูมิหรือรูปทรงสามมิติซึ่งยึดถือหรือบรรจุอยู่ในภาชนะไม่ว่าจะสถานะใด ๆ ก็ตาม ปริมาตรระบุปริมาณเป็นตัวเลขโดยใช้หน่วยกำกับ เช่น ลูกบาศก์เซนติเมตร ลูกบาศก์เมตร เป็นต้น)

1.2 การคำนวณหาปริมาตร มีวิธีการอย่างไร

(ปริมาตรของปริซึม = พื้นที่ฐาน × สูง

1.3 แรงพยุงหมายถึงอะไร

(แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น)

2. ครูให้นักเรียนออกแบบโครงประดับแพไฟพร้อมและวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของแพไฟที่นักเรียนสร้างในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 (องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา)

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนออกแบบโครงประดับแพไฟด้วยโปรแกรมออกแบบ Power Point จากนั้นให้นักเรียนพิมพ์แบบแล้วนำมาติดลงในแบบบันทึกกิจกรรม

2. ครูแจกอุปกรณ์ให้กับนักเรียน ได้แก่ กระดาษแข็ง คัดเตอร์ กรรไกร ไม้บรรทัด ปืนกาว จากนั้นครูให้นักเรียนสร้างโครงประดับแพไฟ

3. ครูให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาตรของตกแต่งบนแพไฟด้วยสูตรการคำนวณดังนี้

(ปริมาตรของปริซึม = พื้นที่ฐาน × สูง)

4. ครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายเกี่ยวกับโครงประดับแพไฟของแต่ละคน จากนั้นให้นักเรียนบันทึกแนวคิดของเพื่อนลงในใบกิจกรรมที่ 2 โดยเขียนเพิ่มให้ได้หลายแนวคิดที่สุด อาจจะมีรูปแบบโครงประดับแพไฟในหลาย ๆ รูปแบบ ซึ่งครูสามารถใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการระดมความคิด เทคนิคการอภิปรายรอบวง หรือเทคนิคการพิจารณาคุณลักษณะ เป็นต้น และบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (60 นาที)

1. ครูให้นักเรียนสร้างโครงประดับแพไฟตามที่ออกแบบ ในระหว่างที่สร้างอุปกรณ์ตกแต่งของแพไฟ ครูให้นักเรียนบันทึกปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างโครงประดับแพไฟพร้อมทั้งระบุแนวทางแก้ไขของนักเรียนลงในแบบบันทึกกิจกรรม โดยครูคอยให้ความช่วยเหลือ หรือคำปรึกษาตามที่นักเรียนต้องการ

2. จากนั้นครูให้นักเรียนนำเสนอปัญหาและอุปสรรคของการทำงานหน้าชั้นเรียน (องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ)

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของผลงานโดยการนำไปลอยน้ำ จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายผลของการทดสอบดังนี้ (องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ)

1.1 นักเรียนดาคว่าแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

(ได้เพราะการออกแบบฐานมีความสมดุล หรือ ไม่ได้เพราะยังไม่ได้คำนวณน้ำหนักของฐานแพไฟ)

1.2 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำได้ นักเรียนคิดว่าสอดคล้องกับเพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใด

(หลักของแรงพยุงคือ แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น)

1.3 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด เพราะเหตุใด

(เรืออาจจะไม่สมดุล หรือมีน้ำหนักมากเกินไป)

1.4 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร

(จะต้องออกแบบรูปทรงฐานของเรือ และคำนวณปริมาตรของเรือร่วมด้วย)

2. ครูให้นักเรียนปรับแก้ไขโครงประดับแพไฟและนำมาทดสอบอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการทดสอบ อธิบายถึงหลักการสร้างโครงประดับเรือของตนเอง และผลการทดลองโครงประดับเรือของตนเอง หลังจากนั้นครูสรุปคะแนนที่ได้จากการสร้างโครงประดับเรือของนักเรียน

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปในประเด็นต่อไปนี้

ปริมาตร หมายถึง ปริมาณของปริภูมิหรือรูปทรงสามมิติ ซึ่งยึดถือหรือบรรจุอยู่ในภาชนะไม่ว่าจะสถานะใด ๆ ก็ตาม ปริมาตรระบุปริมาณเป็นตัวเลขโดยใช้หน่วยกำกับ เช่น ลูกบาศก์เซนติเมตร ลูกบาศก์เมตร เป็นต้น

การหาปริมาตร

ปริมาตรของปริซึม = พื้นที่ฐาน × สูง

แรงพยุง หมายถึง แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (สสวท)
2. DLTV
3. ห้องคอมพิวเตอร์ , โทรศัพท์มือถือ ใช้สืบค้นข้อมูล
4. ใบกิจกรรม “การสร้างโครงประดับแพไฟ”
5. โปรแกรม PowerPoint ในการออกแบบ

แบบประเมินแบบบันทึกกิจกรรม ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

หัวข้อ การประเมิน	คะแนนที่ได้		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
1. ความถูกต้องของการจดบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้ถูกต้อง	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้ถูกต้องบางส่วน	นักเรียนไม่สามารถบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จาก กิจกรรมได้
2. ความครบถ้วนและความละเอียดของการจดบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์ จากกิจกรรมได้ ครบถ้วน และมีความละเอียด	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้บางส่วน	นักเรียนไม่สามารถบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้ครบถ้วนและไม่ละเอียด
3. ความถูกต้องในการคำนวณผลการทดสอบต่าง ๆ	นักเรียนบันทึกผลการคำนวณหาปริมาตรได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	นักเรียนบันทึกผลการหาปริมาตรถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถบันทึกผลการหาปริมาตรได้เกินร้อยละ 40
4. ความถูกต้องในการระบุวัตถุประสงค์	นักเรียนระบุวัตถุประสงค์ได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	นักเรียนระบุวัตถุประสงค์ได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถระบุวัตถุประสงค์ ได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40

หัวข้อ การประเมิน	คะแนนที่ได้		
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
5. ความเหมาะสมในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	นักเรียนร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้อย่างเหมาะสมเป็นไปได้จริง	นักเรียนร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้เล็กน้อยและอาจจะเป็นไปได้	นักเรียนไม่สามารถร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้
6. ความถูกต้องในการออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพผลงาน	นักเรียนออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	นักเรียนออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40
7. ความถูกต้องในการบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพผลงาน	นักเรียนบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	นักเรียนบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40

แบบบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการสอน

.....

.....

.....

ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

แนวทางในการแก้ไขและพัฒนา

.....

.....

.....

(ลงชื่อ) .....ผู้สอน

(นางสาววิภาพร เวียงเงิน)

..... / ..... / .....

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 2 “การสร้างโครงประดับแพไฟ”

เฉลย

ชื่อ.....ชั้น..... .....เลขที่

ครูกำหนดสถานการณ์ต่อไปนี้

“ให้นักเรียนออกแบบโครงประดับแพไฟ ในคาบเรียนนี้ โดยนักเรียนจะต้องสร้างโครงประดับแพไฟให้มีความสวยงาม แปลกใหม่ และสามารถลอยน้ำได้ นักเรียนจะมีวิธีในการออกแบบโครงประดับแพไฟอย่างไรบ้าง”

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

ลำดับที่	ปัญหา
1.	*ไม่ทราบว่าควรออกแบบโครงประดับแพไฟด้วยรูปทรงประเภทใด*
2.	*เมื่อนำไปสร้างจริงจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่*
3.	*วัสดุที่ใช้จะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่*
4.	*ปริมาตรของแพไฟจะมีขนาดเท่าไร*

1.1 เรือขนาดใหญ่ที่ทำด้วยเหล็กลอยนำได้อย่างไร

(มีแรงพยุงจากน้ำ มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ)

1.2 นักวิศวกรทำอย่างไรให้เรือสามารถลอยน้ำได้

(ออกแบบให้ข้างในกลวง)

1.3 หากนักเรียนต้องสร้างเรือ หรือแพไฟ ให้ลอยน้ำได้นักเรียนต้องพิจารณาอะไรบ้าง

(การออกแบบจะต้องออกแบบให้หัวและท้ายมีความสมดุลกันไม่หนักไปทางใดทาง

2. ให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของรูปทรงปริซึมที่ต้องนำมาสร้างโครงประดับแพไฟลงในตารางข้างล่างนี้

รูปเรขาคณิตที่ใช้สร้างโครงประดับแพไฟ	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**
ปริซึมฐานสามเหลี่ยม	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*
ปริซึมฐานสี่เหลี่ยม	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*
ปริซึมฐานหกเหลี่ยม	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*
ปริซึมฐานแปดเหลี่ยม	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*

2.1 รูปเรขาคณิตที่นักเรียนจะใช้สร้างโครงประดับแพไฟคือ *ฐานแปดเหลี่ยม*

2.2 สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาตรของโครงประดับแพไฟของนักเรียนคือ

ปริมาตรของปริซึม = พื้นที่ฐาน × สูง

3. ให้นักเรียนออกแบบแพไฟด้วยโปรแกรม Power Point จากนั้นนำรูปมาติดลงในพื้นที่ข้างล่างนี้

4. ให้นักเรียนนำเสนอรูปแบบโครงประดับแพไฟของนักเรียนจากนั้นบันทึกข้อดี-ข้อเสียรูปแบบโครงประดับ แพไฟของเพื่อนนักเรียนลงในตารางข้างล่างนี้

รูปเรขาคณิตที่เพื่อนใช้สร้างโครงประดับแพไฟ	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**
ฐานสามเหลี่ยม	*ตอบตามที่นักเรียนได้ข้อมูลจากเพื่อน*	*ตอบตามที่นักเรียนได้ข้อมูลจากเพื่อน*
ฐานสี่เหลี่ยม	*ตอบตามที่นักเรียนได้ข้อมูลจากเพื่อน*	*ตอบตามที่นักเรียนได้ข้อมูลจากเพื่อน*
ฐานหกเหลี่ยม	*ตอบตามที่นักเรียนได้ข้อมูลจากเพื่อน*	*ตอบตามที่นักเรียนได้ข้อมูลจากเพื่อน*
ฐานแปดเหลี่ยม	*ตอบตามที่นักเรียนได้ข้อมูลจากเพื่อน*	*ตอบตามที่นักเรียนได้ข้อมูลจากเพื่อน*

5. ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาตรโครงประดับแพไฟของนักเรียนตามรูปทรงปริซึมที่นักเรียนสร้าง

แทนค่าตามแบบของนักเรียนกำหนด

ปริมาตรของปริซึม = พื้นที่ฐาน × สูง = ความสูง

6. ให้นักเรียนสร้างโครงประดับแพไฟที่ได้ออกแบบไว้ตามข้อที่ 3 จากนั้นให้นักเรียนบันทึกปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานพร้อมทั้งแนวทางแก้ไขลงในตารางข้างล่างนี้

ปัญหา/อุปสรรคที่เกิดขึ้น	แนวทางการแก้ไข
ฐานของเรือไม่สมดุล	*วัดขนาดให้ถูกต้อง และตัดด้วยความระมัดระวัง*
ตอบตามข้อมูลของนักเรียน	*ตอบตามข้อมูลของนักเรียน*
ตอบตามข้อมูลของนักเรียน	*ตอบตามข้อมูลของนักเรียน*
ตอบตามข้อมูลของนักเรียน	*ตอบตามข้อมูลของนักเรียน*

6. การทดสอบประสิทธิภาพของแพไฟให้นักเรียนตอบคำถามดังนี้

6.1 นักเรียนดาคว่าแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ได้เพราะการออกแบบฐานมีความสมดุล หรือ ไม่ได้เพราะยังไม่ได้คำนวณน้ำหนักของฐานแพไฟ

6.2 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำได้ นักเรียนคิดว่าสอดคล้องกับเพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใด

หลักของแรงพยุงคือ แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น

6.3 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด เพราะเหตุใด

เรืออาจจะไม่สมดุล หรือมีน้ำหนักมากเกินไป

6.4 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร

จะต้องออกแบบรูปทรงฐานของเรือ และคำนวณนำหนักของเรือร่วมด้วย

7. ให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อสรุปประเด็นดังต่อไปนี้

7.1 ปริมาตรหมายถึงอะไร

(ปริมาณของปริภูมิหรือรูปทรงสามมิติซึ่งยึดถือหรือบรรจุอยู่ในภาชนะไม่ว่าจะสถานะใด ๆ ก็ตาม ปริมาตรระบุปริมาณเป็นตัวเลขโดยใช้หน่วยกำกับ เช่น ลูกบาศก์เซนติเมตร ลูกบาศก์เมตร เป็นต้น)

7.2 การคำนวณหาปริมาตร มีวิธีการอย่างไร

(ปริมาตรของปริซึม = พื้นที่ฐาน × สูง)

7.3 แรงพยุงหมายถึงอะไร

(แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก (เทียนไฟประดับ) จำนวน 4 ชั่วโมง

นางสาววิภาพร เวียงเงิน

แผนการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION บูรณาการสาระการเรียนรู้ดังนี้

คณิตศาสตร์

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ค2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

ตัวชี้วัด ค2.1 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

วิทยาศาสตร์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับ โครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตัวชี้วัด ว 2.2 ม.1/10 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และแบบจำลอง

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด ว4.1 ม.1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 วิศวกรรม

มาตรฐาน ว4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ ศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด ว4.1 ม.2/4 ทดสอบ ประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไขพร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

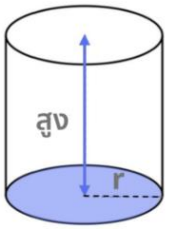
นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของทรงกระบอกได้ (K)
2. หาพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอกได้ (K)
3. อธิบายความหมายของการหลอมเหลวและการแข็งตัวของสารได้ (K)
4. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ (K)
5. สืบค้นหาวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความเข้าใจเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอกได้ (P)
6. นำความรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอกมาเขียนแบบร่าง(เทียนไฟประดับ) ได้อย่างสร้างสรรค์โดยใช้ โปรแกรม Power Point ได้ (P)
7. สามารถสร้างเทียนไฟให้มีความหลากหลาย ไม่ดับง่าย และวางบนแพไฟโดยที่แพไฟลอยน้ำได้ (P)
8. ตรวจสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาได้ (A)

สาระสำคัญ

ทรงกระบอก (Cylinder) หมายถึง รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานสองฐานเป็นรูปวงกลมที่เท่ากันทุกประการและอยู่บนระนาบที่ขนานกัน และเมื่อตัดรูปเรขาคณิตสามมิตินั้นด้วยระนาบที่ขนานกับฐานแล้ว จะได้หน้าตัดเป็นวงกลมที่เท่ากันทุกประการกันฐานเสมอ

ทรงกระบอก



พื้นที่ผิว = พื้นที่ผิวข้าง + พื้นที่ฐานทั้งสอง

พื้นที่ผิว = $2\pi rh + 2\pi r^2$

ปริมาตร = พื้นที่ฐาน X สูง

ปริมาตร = $\pi r^2 h$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

การเปลี่ยนสถานะของสาร หมายถึง สารสามารถเปลี่ยนสถานะได้เมื่อได้รับความร้อนและเมื่อทำให้เย็นลง เช่น สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวเรียกว่า การหลอมเหลว สารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งเรียกว่า การแข็งตัวเป็นต้น โดยการเปลี่ยนสถานะของสารเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เนื่องจากสารที่เกิดการเปลี่ยนแปลงยังคงเป็นสารเดิม

สาระการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม
- การนำความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึมแลทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา - การนำความรู้เกี่ยวกับปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา	ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสสารเมื่อให้ความร้อนแก่ของแข็ง อนุภาคของของแข็งจะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งซึ่งของแข็งจะใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว และอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดหลอมเหลว	- การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้หลากหลายวิธี เช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพ การเขียนผังงาน - ใช้โปรแกรม PowerPoint ในการออกแบบได้	การทดสอบ และประเมินผลเป็นการตรวจสอบชิ้นงานหรือวิธีการว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหาข้อบกพร่อง และดำเนินการปรับปรุง โดยอาจทดสอบซ้ำเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ STEM EDUCATION

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา (30 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการสนทนา เกี่ยวกับไฟประดับตกแต่งแพไฟที่นักเรียนได้ไปดูจากของจริงในประเพณีไหลแพไฟ มีทั้งไฟประดับแบบใช้ไฟฟ้าและไฟประดับที่ทำจากเทียน

2. ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาว่า “จากประสบการณ์ที่นักเรียนได้ไปดูไฟประดับจากของจริงจะสังเกตเห็นว่า ไฟประดับที่ทำมาจากเทียนมีขนาดเล็ก และดับง่ายเวลาแพไฟลอยไปตามลำน้ำ” ครูให้นักเรียนออกแบบไฟประดับที่ทำจากเทียนไข โดยมีเงื่อนไขว่าต้องไม่ดับง่าย และมีความหลากหลาย สวยงาม ในคาบเรียนนี้ให้นักเรียนออกแบบเทียนไขให้เป็นรูปทรงกระบอกหรือรูปทรงต่าง ๆ ได้ตามต้องการ”

3. ครูให้นักเรียนดูภาพเศษเทียนในภาพที่ 1 แล้วตั้งคำถามว่าหากต้องการนำเศษเทียนดังกล่าวมาขึ้นรูปใหม่ดังภาพที่ 2 จากนั้นครูใช้คำถามดังนี้

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

1.1 นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรที่จะเปลี่ยนเศษเทียนไขให้กลายเป็นรูปทรงต่าง ๆ
(นำไปให้ความร้อนจนละลายจากนั้นเทลงใส่แม่พิมพ์ทิ้งไว้ให้แข็งตัว)

1.2 เทียนไขสามารถนำมาทำเป็นรูปทรงใดได้บ้าง
(ปริซึมฐานต่าง ๆ หรือ ทรงกระบอก)

1.3 นักเรียนสามารถพบรูปทรงของเทียนไขรูปทรงใดมากที่สุด
(ทรงกระบอก)

4. จากนั้นครูแจกแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 เรื่อง “การสร้างเทียนไฟประดับ” พร้อมตั้งประเด็นคำถามว่า แพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้อย่างไร

(ใช้หลักการของแรงพยุงหรือแรงลอยตัวในน้ำ การออกแบบให้มีปริมาตรมากแต่ความหนาแน่นน้อย รูปเรขาคณิต ปริซึม การหาพื้นที่ การหาปริมาตร)

5. ครูให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ดังกล่าวพร้อมระบุปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มากที่สุดลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3

6. ครูกำหนดประเด็นปัญหาที่สำคัญคือ “ให้นักเรียนออกแบบเทียนไขประดับแพไฟเป็นรูปทรงกระบอกหรือรูปทรงต่าง ๆ ที่นักเรียนต้องการ โดยมีเงื่อนไขต้องไม่ดับง่าย และมีความหลากหลายสวยงาม” (องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา)

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (60 นาที)

1. ครูให้นักเรียนสืบค้นความหมายของทรงกระบอก วิธีการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอกในแต่ละรูปแบบ ความหมายของการหลอมเหลวและการแข็งตัวของสารลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 จากนั้นตอบคำถามดังนี้

1.1 ทรงกระบอก หมายถึง อะไร

รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานสองฐานเป็นรูปวงกลมที่เท่ากันทุกประการและอยู่บนระนาบที่ขนานกัน

1.2 พื้นที่ผิวของทรงกระบอกมีวิธีการคำนวณอย่างไร

พื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก $= 2\pi rh$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

พื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกระบอก = พื้นผิวข้าง + พื้นที่ฐานทั้งสอง

$= 2\pi rh + 2\pi r^2$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

1.3 ปริมาตรของทรงกระบอกมีวิธีการคำนวณอย่างไร

ปริมาตรทรงกระบอก $= \pi r^2 h$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

1.4 การเปลี่ยนสถาระของสารหมายถึงอะไร

สารสามารถเปลี่ยนสถานะได้เมื่อได้รับความร้อนและเมื่อทำให้เย็นลง

1.5 การหลอมเหลวหมายถึงอะไร

การเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว

1.6 การแข็งตัวของสารหมายถึงอะไร

การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง

2. ครูให้นักเรียนออกแบบเทียนไขประดับแพไฟ พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของแพไฟที่นักเรียนสร้างในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 3 (องค์ประกอบที่ 2 การสร้างแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา)

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนออกแบบเทียนไขตกแต่งแพไฟด้วยโปรแกรมออกแบบ Power Point จากนั้นให้นักเรียนพิมพ์แบบแล้วนำมาติดลงในแบบบันทึกกิจกรรม

2. ครูแจกอุปกรณ์ให้กับนักเรียน ได้แก่ เศษเทียนไข สังกะสีชนิดบางสำหรับทำแม่พิมพ์เทียนไข ลวด คีมตัดลวด หม้อและเตาไฟฟ้า จากนั้นครูให้นักเรียนสร้างแม่พิมพ์ตามที่ได้ออกแบบไว้

3. ครูให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของเทียนไขด้วยสูตรการคำนวณดังนี้

พื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก $= 2\pi rh$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

พื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกระบอก = พื้นผิวข้าง + พื้นที่ฐานทั้งสอง

$= 2\pi rh + 2\pi r^2$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

ปริมาตรทรงกระบอก $= \pi r^2 h$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

4. ครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายเกี่ยวกับรูปทรงของเทียนไขประดับแพไฟของแต่ละคน จากนั้นให้นักเรียนบันทึกแนวคิดของเพื่อนลงในใบกิจกรรมที่ 3 โดยเขียนเพิ่มให้ได้หลายแนวคิดที่สุด อาจจะมีรูปแบบเทียนไขประดับแพไฟในหลาย ๆ รูปแบบ ซึ่งครูสามารถใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการระดมความคิด เทคนิคการอภิปรายรอบวง หรือเทคนิคการพิจารณาคุณลักษณะ เป็นต้น และบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (60 นาที)

1. ครูให้นักเรียนสร้างเทียนประดับแพไฟตามที่ออกแบบ ในระหว่างที่สร้างเทียนประดับแพไฟครูให้นักเรียนบันทึกปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างแพไฟพร้อมทั้งระบุแนวทางแก้ไขของนักเรียนลงในแบบบันทึกกิจกรรม โดยครูคอยให้ความช่วยเหลือ หรือคำปรึกษาตามที่นักเรียนต้องการ

2. จากนั้นครูให้นักเรียนนำเสนอปัญหาและอุปสรรคของการทำงานหน้าชั้นเรียน (องค์ประกอบที่ 3 การเตรียมความพร้อมเพื่อดำเนินการ)

ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของผลงานโดยการนำไปลอยน้ำ จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายผลของการทดสอบดังนี้ (องค์ประกอบที่ 4 การวางแผนการปฏิบัติ)

1.1 นักเรียนดาคว่าแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

(ได้เพราะการออกแบบฐานมีความสมดุล หรือ ไม่ได้เพราะยังไม่ได้คำนวณน้ำหนักของฐานแพไฟ)

1.2 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำได้ นักเรียนคิดว่าสอดคล้องกับเพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใด

(หลักของแรงพยุงคือ แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น)

1.3 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด เพราะเหตุใด

(เรืออาจจะไม่สมดุล หรือมีน้ำหนักมากเกินไป)

1.4 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร

(จะต้องออกแบบรูปทรงฐานของเรือ และคำนวณน้ำหนักของเรือร่วมด้วย)

2. ครูให้นักเรียนปรับแก้ไขฐานของแพไฟและนำมาทดสอบอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการทดสอบ อธิบายถึงหลักการสร้างเทียนประดับแพไฟของตนเอง และผลการทดลองเทียนประดับแพไฟของตนเอง หลังจากนั้นครูสรุปคะแนนที่ได้จากการสร้างเทียนประดับแพไฟของนักเรียน

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปในประเด็นต่อไปนี้

ทรงกระบอก (Cylinder) หมายถึง รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานสองฐานเป็นรูปวงกลมที่เท่ากันทุกประการและอยู่บนระนาบที่ขนานกัน และเมื่อตัดรูปเรขาคณิตสามมิตินั้นด้วยระนาบที่ขนานกับฐานแล้ว จะได้หน้าตัดเป็นวงกลมที่เท่ากันทุกประการกันฐานเสมอ

พื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก $= 2\pi rh$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

พื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกระบอก = พื้นผิวข้าง + พื้นที่ฐานทั้งสอง

$= 2\pi rh + 2\pi r^2$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

ปริมาตรทรงกระบอก $= \pi r^2 h$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

การเปลี่ยนสถานะของสาร หมายถึง สารสามารถเปลี่ยนสถานะได้เมื่อได้รับความร้อนและเมื่อทำให้เย็นลง เช่น สารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวเรียกว่า การหลอมเหลว สารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งเรียกว่า การแข็งตัวเป็นต้น โดยการเปลี่ยนสถานะของสารเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เนื่องจากสารที่เกิดการเปลี่ยนแปลงยังคงเป็นสารเดิม

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (สสวท.)
2. DLTV
3. ห้องคอมพิวเตอร์ , โทรศัพท์มือถือ ใช้สืบค้นข้อมูล
4. ใบกิจกรรม “เทียนไขประดับแพไฟ”
5. โปรแกรมออกแบบ PowerPoint ในการออกแบบ

แบบประเมินแบบบันทึกกิจกรรม ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

หัวข้อ การประเมิน	**คะแนนที่ได้**		
	3 คะแนน	**2 คะแนน**	**1 คะแนน**
1. ความถูกต้องของการจดบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้ถูกต้อง	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้ถูกต้องบางส่วน	นักเรียนไม่สามารถบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้
2. ความครบถ้วนและความละเอียดของการจดบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์ จากกิจกรรมได้ ครบถ้วนและมีความละเอียด	นักเรียนบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้บางส่วน	นักเรียนไม่สามารถบันทึกความรู้ทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมได้ครบถ้วนและไม่ละเอียด

หัวข้อ การประเมิน	**คะแนนที่ได้**		
	3 คะแนน	**2 คะแนน**	**1 คะแนน**
3. ความถูกต้องในการคำนวณผลการทดสอบต่าง ๆ	นักเรียนบันทึกผลการคำนวณหาปริมาตรได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	นักเรียนบันทึกผลการหาปริมาตรถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถบันทึกผลการหาปริมาตรได้เกินร้อยละ 40
4. ความถูกต้องในการระบุวัตถุประสงค์	นักเรียนระบุวัตถุประสงค์ ได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	นักเรียนระบุวัตถุประสงค์ ได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถระบุวัตถุประสงค์ ได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40
5. ความเหมาะสมในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	นักเรียนร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้อย่างเหมาะสมเป็นไปได้จริง	นักเรียนร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้เล็กน้อย และอาจจะเป็นไปได้	นักเรียนไม่สามารถร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้
6. ความถูกต้องในการออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพผลงาน	นักเรียนออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกิน ร้อยละ 70	นักเรียนออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40
7. ความถูกต้องในการบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพผลงาน	นักเรียนบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกิน ร้อยละ 70	นักเรียนบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	นักเรียนไม่สามารถบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40

แบบบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางในการแก้ไขและพัฒนา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ) ..... ผู้สอน

(นางสาววิภาพร เวียงเงิน)

..... / ..... / .....

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 “การสร้างเทียนประดับแพไฟ”

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่..... .....

ครูกำหนดสถาณการณ์ต่อไปนี้

“จากประสบการณ์ที่นักเรียนได้ไปดูไฟประดับจากของจริงจะสังเกตเห็นว่า ไฟประดับที่ทำมาจากเทียนมีขนาดเล็ก และดับง่ายเวลาแพไฟลอยไปตามลำน้ำ” ครูให้นักเรียนออกแบบไฟประดับที่ทำจากเทียนไข โดยมีเงื่อนไขว่าต้องไม่ดับง่าย และมีความหลากหลาย สวยงาม ในคาบเรียนนี้ให้นักเรียนออกแบบเทียนไขให้เป็นรูปทรงกระบอกหรือรูปทรงต่าง ๆ ได้ตามต้องการ”

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

ลำดับที่	ปัญหา
1.	
2.	
3.	
4.	

1.1 นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรที่จะเปลี่ยนเศษเทียนไขให้กลายเป็นรูปทรงต่าง ๆ

.....

.....

.....

1.2 เทียนไขสามารถนำมาทำเป็นรูปทรงใดได้บ้าง

.....

.....

.....

1.3 นักเรียนสามารถพบรูปทรงของเทียนไขรูปทรงใดมากที่สุด

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของรูปทรงกระบอกที่ต้องนำมาสร้างอุปกรณ์ตกแต่งแพไฟลงในตารางข้างล่างนี้

รูปทรงกระบอกหรือรูปทรงต่าง ๆ ที่ใช้สร้างเทียนประดับแพไฟ	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**

2.1 รูปเรขาคณิตที่นักเรียนจะใช้สร้างเทียนประดับแพไฟคือ.....

2.2 สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของเทียนไขสำหรับเทียนประดับแพไฟของนักเรียนคือ

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนออกแบบแพไฟด้วยโปรแกรม Power Point จากนั้นนำรูปมาติดลงในพื้นที่ข้างล่างนี้

4. ให้นักเรียนนำเสนอรูปแบบเทียนประดับแพไฟของนักเรียนจากนั้นบันทึกข้อดี-ข้อเสียรูปแบบเทียนประดับแพไฟของเพื่อนนักเรียนลงในตารางข้างล่างนี้

ลักษณะเทียนประดับแพไฟที่เพื่อใช้ตกแต่งของแพไฟ	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**

5. ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของเทียนประดับแพไฟของนักเรียนตามรูปทรงที่นักเรียนสร้าง

พื้นที่ผิว

.....

.....

ปริมาตร

.....

.....

6. ให้นักเรียนสร้างเทียนประดับแพไฟที่ได้ออกแบบไว้ตามข้อที่ 3 จากนั้นให้นักเรียนบันทึกปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานพร้อมทั้งแนวทางแก้ไขลงในตารางข้างล่างนี้

ปัญหา/อุปสรรคที่เกิดขึ้น	**แนวทางการแก้ไข**

7. การทดสอบประสิทธิภาพของแพไฟให้นักเรียนตอบคำถามดังนี้

7.1 นักเรียนดาคว่าแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

7.2 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำได้ นักเรียนคิดว่าสอดคล้องกับเพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใด

.....

.....

.....

7.3 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด เพราะเหตุใด

.....

.....

7.4 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร

.....

.....

.....

8. ให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อสรุปประเด็นดังต่อไปนี้

8.1 ทรงกระบอก หมายถึง อะไร

.....

.....

.....

8.2 พื้นที่ผิวของทรงกระบอกมีวิธีการคำนวณอย่างไร

.....

.....

.....

8.3 ปริมาตรของทรงกระบอกมีวิธีการคำนวณอย่างไร

.....

.....

.....

8.4 การเปลี่ยนสถาระของสารหมายถึงอะไร

.....

.....

.....

8.5 การหลอมเหลวหมายถึงอะไร

.....

.....

.....

8.6 การแข็งตัวของสารหมายถึงอะไร

.....

.....

.....

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 “การสร้างเทียนประดับแพไฟ”

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่

ครูกำหนดสถาณการณ์ต่อไปนี้

“จากประสบการณ์ที่นักเรียนได้ไปดูไฟประดับจากของจริงจะสังเกตเห็นว่า ไฟประดับที่ทำมาจากเทียนมีขนาดเล็ก และดับง่ายเวลาแพไฟลอยไปตามลำน้ำ” ครูให้นักเรียนออกแบบไฟประดับที่ทำจากเทียนไข โดยมีเงื่อนไขว่าต้องไม่ดับง่าย และมีความหลากหลาย สวยงาม ในคาบเรียนนี้ให้นักเรียนออกแบบเทียนไขให้เป็นรูปทรงกระบอกหรือรูปทรงต่าง ๆ ได้ตามต้องการ”

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง **(แนวทางเฉลย)**

ลำดับที่	ปัญหา
1.	*เทียนไขร้อนอาจเกิดอันตรายได้*
2.	*เทียนไขใช้เวลาแข็งตัวช้า*
3.	*อาจเกิดอุบัติเหตุขณะทำงานได้*
4.	*เรือไม่สามารถลอยน้ำได้*

1.1 นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรที่จะเปลี่ยนเศษเทียนไขให้กลายเป็นรูปทรงต่าง ๆ
(นำไปให้ความร้อนจนละลายจากนั้นเทลงใส่แม่พิมพ์ทิ้งไว้ให้แข็งตัว)

1.2 เทียนไขสามารถนำมาทำเป็นรูปทรงใดได้บ้าง
(ปรึซึมฐานต่าง ๆ ทรงกระบอก)

1.3 นักเรียนสามารถพบรูปทรงของเทียนไขรูปทรงใดมากที่สุด
(ทรงกระบอก)

2. ให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียของรูปทรงกระบอกที่ต้องนำมาสร้างเทียนประดับแพไฟลงในตารางข้างล่างนี้

รูปทรงกระบอกหรือรูปทรงต่างที่ใช้สร้างเทียนประดับแพไฟ	ข้อดี	ข้อเสีย
ฐานเล็ก กระบอกยาว	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*
ฐานกว้าง กระบอกสั้น	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*

2.1 รูปเรขาคณิตที่นักเรียนจะใช้สร้างเทียนประดับแพไฟคือ *ทรงกระบอก*

2.2 สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของเทียนประดับแพไฟของนักเรียนคือ

พื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก $= 2\pi rh$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

พื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกระบอก = พื้นผิวข้าง + พื้นที่ฐานทั้งสอง

$= 2\pi rh + 2\pi r^2$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

ปริมาตรทรงกระบอก $= \pi r^2 h$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

3. ให้นักเรียนออกแบบแพไฟด้วยโปรแกรม Power Point จากนั้นนำรูปมาติดลงในพื้นที่ข้างล่างนี้

4. ให้นักเรียนนำเสนอรูปแบบเทียนประดับแพไฟของนักเรียนจากนั้นบันทึกข้อดี-ข้อเสียรูปแบบเทียนประดับแพไฟของเพื่อนนักเรียนลงในตารางข้างล่างนี้

ลักษณะเทียนประดับแพไฟที่เพื่อนใช้ตกแต่งของแพไฟ	ข้อดี	ข้อเสีย
ฐานเล็ก กระบอกยาว	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*
ฐานกว้าง กระบอกสั้น	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*	*ตอบตามที่นักเรียนหาข้อมูล*

5. ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของเทียนประดับแพไฟของนักเรียนตามรูปทรงที่นักเรียนสร้าง

พื้นที่ผิว

พื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก = $2\pi rh$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

พื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกระบอก = พื้นผิวข้าง + พื้นที่ฐานทั้งสอง

$= 2\pi rh + 2\pi r^2$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

คำนวณตามขนาดเทียนไขของนักเรียน

ปริมาตร

ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

คำนวณตามขนาดเทียนไขของนักเรียน

6. ให้นักเรียนสร้างเทียนประดับแพไฟที่ได้ออกแบบไว้ตามข้อที่ 3 จากนั้นให้นักเรียนบันทึกปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานพร้อมทั้งแนวทางแก้ไขลงในตารางข้างล่างนี้

ปัญหา/อุปสรรคที่เกิดขึ้น	แนวทางการแก้ไข
เทียนไขแข็งตัวได้ช้า	*ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน*
ตอบตามข้อมูลของนักเรียน	*ตอบตามข้อมูลของนักเรียน*
ตอบตามข้อมูลของนักเรียน	*ตอบตามข้อมูลของนักเรียน*
ตอบตามข้อมูลของนักเรียน	*ตอบตามข้อมูลของนักเรียน*

6. การทดสอบประสิทธิภาพของเรือไฟให้นักเรียนตอบคำถามดังนี้

6.1 นักเรียนดาคว่าแพไฟของนักเรียนจะสามารถลอยน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ได้เพราะการออกแบบฐานมีความสมดุล หรือ ไม่ได้เพราะยังไม่ได้คำนวณน้ำหนักของฐานแพไฟ

6.2 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำได้ นักเรียนคิดว่าสอดคล้องกับเพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใด

หลักของแรงพยุงคือ แรงที่ของเหลวกระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น มีทิศตรงข้ามกับแรงโน้มถ่วงของโลก แรงลอยตัวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวนั้น

6.3 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะสาเหตุใด เพราะเหตุใด

เรืออาจจะไม่สมดุล หรือมีน้ำหนักมากเกินไป

6.4 กรณีที่แพไฟของนักเรียนลอยน้ำไม่ได้ นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างไร

จะต้องออกแบบรูปทรงฐานของเรือ และคำนวณน้ำหนักของเรือร่วมด้วย

7. ให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อสรุปประเด็นดังต่อไปนี้

7.1 ทรงกระบอก หมายถึง อะไร

รูปเรขาคณิตสามมิติที่มีฐานสองฐานเป็นรูปวงกลมที่เท่ากันทุกประการและอยู่บนระนาบที่ขนานกัน

7.2 พื้นที่ผิวของทรงกระบอกมีวิธีการคำนวณอย่างไร

พื้นที่ผิวข้างของทรงกระบอก = $2\pi rh$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

พื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกระบอก = พื้นผิวข้าง + พื้นที่ฐานทั้งสอง

$= 2\pi rh + 2\pi r^2$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

7.3 ปริมาตรของทรงกระบอกมีวิธีการคำนวณอย่างไร

ปริมาตรทรงกระบอก = $\pi r^2 h$

(เมื่อ r คือรัศมีของฐานทรงกระบอก และ h คือส่วนสูงของทรงกระบอก)

7.4 การเปลี่ยนสถาระของสารหมายถึงอะไร

สารสามารถเปลี่ยนสถานะได้เมื่อได้รับความร้อนและเมื่อทำให้เย็นลง

7.5 การหลอมเหลวหมายถึงอะไร

การเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว

7.6 การแข็งตัวของสารหมายถึงอะไร

การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	วิภาพร เวียงเงิน
วัน เดือน ปี เกิด	29 พฤศจิกายน 2533
ที่อยู่ปัจจุบัน	124/2 หมู่ที่ 10 ตำบลเวียงทอง อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ 64130
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนบ้านน้ำอ่าง (สำนักงานสลากกินแบ่งสงเคราะห์ที่ 163) หมู่ที่ 4 บ้านบ้านค้อกลาง ตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ 53140
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2557 ค.บ. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์