การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

ศักดา ศรีแย้ม

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

ศักดา ศรีแย้ม

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย"
ของ ศักดา ศรีแย้ม
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์)
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์)
หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

ชื่อเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

ผู้วิจัย ศักดา ศรีแย้ม

ประธานที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์

ประเภทสารนิพนธ์ การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566

คำสำคัญ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ, สะเต็มศึกษา, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เครื่องกลอย่างง่าย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้และ 2) ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 15 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินใบกิจกรรม แบบประเมินชิ้นงานนักเรียน และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลแบบสามเส้า ด้านแหล่งข้อมูลและวิธีการรวบรวมข้อมูล พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ควรให้ความสำคัญกับการสร้างสถานการณ์ปัญหาที่เป็นสถานการณ์ใกล้เคียงกับบริบทของนักเรียนและมีการกำหนดเงื่อนไขในการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ เป็นสถานการณ์ที่เปิดกว้างทางความคิด นำไปสู่การออกแบบการแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และเลือกใช้ข้อมูลที่เหมาะสม ออกแบบการแก้ปัญหาตามข้อมูลที่เลือกใช้ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการอภิปรายถึงความเหมาะสมในการเลือกรูปแบบในการนำไปสร้างชิ้นงานในการแก้ปัญหา สำหรับผลการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้นตามลำดับจากวงจร ปฏิบัติการที่ 1 ถึง 3 สูงขึ้นจากระดับน้อยเป็นระดับมาก และมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณหลังจากจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลาง

Title DEVELOPING GRADE 8TH STUDENTS' CRITICAL- PROBLEM SOLVING ABILITIES USING ENGINEERING DESIGN PROCESS ACCORDING TO STEM EDUCATION IN THE TOPIC OF SIMPLE MACHINES

Author Sakda Sriyam

Advisor Assistant Professor Skonchai Chanunan, Ph.D.

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

Keywords Critical Problem-Solving Abilities, STEM Education, Engineering Design Process, Simple machines

ABSTRACT

This research aimed to study 1) learning implementation guidelines, and 2) the results learning implementation based on STEM education concept through engineering design process in the topic of simple machines. The target was 15 grade 8th students, academic year 2020, an opportunity expansion school in Kamphaengphet Province, obtained based on a purposive sampling. Research tools included lesson plans, learning implementation reflection, activity sheets, students 'work pieces assessment, and critical problem solving test. The data was analyzed by content analysis and checked for the reliability through data triangulation. The results showed that learning implementation based on STEM education through engineering design process should focus on creating a problem situation that was a situation close to the student's context, specifying appropriate conditions of using material, using situation that led to variety of designing solutions, analyzing and choosing appropriate information, designing a solution based on the chosen information, encouraging students to discuss the suitability in choosing the way of creating workpieces for problem solving. In addition, the results of the learning implementation showed that students had developed their critical problem solving abilities from learning cycles 1 to 3, rising from low to high level respectively, and

overall student were in moderate level of critical problem solving after learning

ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการค้นคว้าอิสระสำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้ค้นคว้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาคการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่ได้กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิทยาการและมวลประสบการณ์ต่าง ๆ และกรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และตรวจสอบการค้นคว้าอิสระ ตลอดจนผู้เขียนตำราวิชาการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและอ้างอิงทุกท่านขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สุริยา ชาปู่ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ดร.จิรัญธนิน คงจีน ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเพชรบูรณ์ เขต 1 และครูณัฏฐชนม์ กองมา ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนพิชัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้า จนทำให้การค้นคว้าครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า

ขอขอบคุณ คุณลักษิกา จาเลิศ คุณลินละดา จันทนชาติ คุณผดากุล นันทชมภู คุณปาริฉัตร ปานกลิ่นและคณะเพื่อน ๆ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้คำแนะนำและให้กำลังใจในการทำค้นคว้าครั้งนี้

เหนือสิ่งอื่นใดขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติมิตร และเพื่อน ๆ ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน

ศักดา ศรีแย้ม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

ประกาศคุณูปการ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

ตาราง ..... ฎ

ภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

2. จุดมุ่งหมายของการวิจัย 5

3. คำถามวิจัย 5

4. ขอบเขตการวิจัย 5

5. นิยามศัพท์เฉพาะ 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษา พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) 9

2. การแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ 15

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 26

4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับสะเต็มศึกษา 31

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 40
กลุ่มเป้าหมาย 40
รูปแบบการวิจัย 40
บริบทในการทำวิจัย 42
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 42
บทที่ 4 ผลการวิจัย 55
ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรเป็นอย่างไร 55
ตอนที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบ 85
บทที่ 5 บทสรุป 94
สรุปผลการวิจัย 94
อภิปรายผลการวิจัย 97
ข้อเสนอแนะ 102
บรรณานุกรม 103
ภาคผนวก 111
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 112
ภาคผนวก ข ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ 113
ภาคผนวก ค ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของใบกิจกรรม 119
ภาคผนวก ง ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมี วิจารณญาณ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย 121
ภาคผนวก จ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ 123

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้..... 141
ภาคผนวก ช แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ 149
ประวัติผู้วิจัย..... 157

ตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ของรายวิชาวิทยาศาสตร์ 10

ตาราง 2 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ของรายวิชาวิทยาศาสตร์ 11

ตาราง 3 แสดงโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4.....14

ตาราง 4 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นการจัดการเรียนรู้.....43

ตาราง 5 แสดงองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ.....46

ตาราง 6 แสดงคะแนนร้อยละและระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ 54

ตาราง 7 แสดงการสะท้อนผลการปฏิบัติการวงจรปฏิบัติการที่ 1 63

ตาราง 8 แสดงการสะท้อนผลการปฏิบัติการแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 71

ตาราง 9 แสดงการสะท้อนผลการปฏิบัติการแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3.....78

ตาราง 10 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและแนวทางการจัดการเรียนรู้ 79

ตาราง 11 แสดงระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ 86

ตาราง 12 แสดงคะแนนร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ.....87

ตาราง 13 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องคาน..... 113

ตาราง 14 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาความสามามารถในการ

แก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง รอก ล้อและเพลา..... 115

ตาราง 15 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นเอียง..... 117

ตาราง 16 แสดงผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย..... 119

ตาราง 17 แสดงผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย..... 121

ภาพ

หน้า

ภาพ 1 โครงสร้างของทักษะในศตวรรษที่ 21 16
ภาพ 2 แสดงแผนผังการเปรียบเทียบกระบวนการและผลผลิตที่ได้การจัดการเรียนรู้ 29
ภาพ 3 Increasing levels of integration 30
ภาพ 4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 34
ภาพ 5 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ 42
ภาพ 6 นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการยกและเคลื่อนย้ายวัตถุในวงจรปฏิบัติการที่ 1 58
ภาพ 7 การตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมการเลือกแบบร่างชิ้นงานในวงจร 59
ภาพ 8 ตัวอย่างชิ้นงานที่นักเรียนสร้างในวงจรปฏิบัติการที่ 1 60
ภาพ 9 บันทึกการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 61
ภาพ 10 การทดสอบชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 61
ภาพ 11 การนำเสนอชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 62
ภาพ 12 การทำใบกิจกรรมสืบค้นข้อมูล ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 67
ภาพ 13 การออกแบบชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 68
ภาพ 14 การบันทึกการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 70
ภาพ 15 การนำเสนอผลงานของนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 71
ภาพ 16 การวิเคราะห์ปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนดในวงจรปฏิบัติการที่ 3 73
ภาพ 17 การออกแบบชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 75
ภาพ 18 การเลือกแบบร่างชิ้นงานของนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 76

ภาพ 19 ชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....76
ภาพ 20 โปสเตอร์นำเสนอผลงาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....77
ภาพ 21 การตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 1 วงจรปฏิบัติการที่ 3.....88
ภาพ 22 การตอบคำถามของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความสามารถ.....89
ภาพ 23 การตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 1 วงจรปฏิบัติการที่ 1.....89
ภาพ 24 การตอบคำถามของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ..90
ภาพ 25 การตอบคำถามของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ..91
ภาพ 26 ชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....92
ภาพ 27 ชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....92
ภาพ 28 ชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....93
ภาพ 29 การตอบคำถามของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความสามารถการ.....93

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคมและการเมืองล้วนเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้เกิดผลดีและผลเสียต่อมนุษย์ สังคม หรือทรัพยากรทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สิ่งที่จะช่วยพัฒนาและแก้ไขการเปลี่ยนแปลงในโลกปัจจุบันให้ดีขึ้นคือการพัฒนามนุษย์โดยองค์รวม พัฒนาตั้งแต่เริ่มเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ทำให้การศึกษาเข้ามามีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงมนุษย์ (สุวิมล สาสังข์, 2562) จึงไม่ใช่เรื่องแปลกที่ทุกองค์กรทั้งในระดับโลก ระดับประเทศ และระดับท้องถิ่น ต่างเห็นความสำคัญและให้การสนับสนุนเรื่องการศึกษา องค์การสหประชาชาติ (UN) ได้กำหนดให้การศึกษาเป็นหนึ่งในเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนแห่งสหัสวรรษ 2030 (Sustainable Development Goals: SDGs) ข้อที่ 4 ว่าด้วยการส่งเสริมการศึกษาที่เท่าเทียมและส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตแก่ทุกคน (กานต์ธีรา ภูริวิกรัย, 2560) เพราะว่าการศึกษาจะเป็นสิ่งที่ช่วยให้คนในประเทศสามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าแนวโน้มการจัดการศึกษาจะต้องเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงอันหลากหลาย ทั้งในรูปเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย เป็นสัญญาณเตือนว่าในยุคแห่งภาพอนาคตของการศึกษาจะมีปรากฏการณ์ต่าง ๆ เกิดขึ้นเกินกว่าจะคาดถึง (พรชัย เจดามาน, 2560) ประเทศต่าง ๆ ในโลก จึงได้มีการพัฒนาทางด้านการศึกษา เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับประชาชนในประเทศของตน ในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะการสร้างในคนในประเทศมีความสามารถในการเผชิญกับปัญหาหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

ประเทศไทย เป็นหนึ่งในประเทศที่ให้ความสำคัญกับการศึกษา ได้มีการวางรากฐานทางการศึกษาเพื่อเตรียมความพร้อมที่จะรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น มุ่งสร้างทักษะที่จำเป็นในการใช้ชีวิตประจำวันอย่างปกติสุข เห็นได้จากยุทธศาสตร์ข้อ 3 ของแผนการศึกษาแห่งชาติ 20 ปี โดยมุ่งส่งเสริมให้เยาวชนมีคุณธรรม รักความเป็นไทย มีทักษะและคุณลักษณะที่จำเป็น สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นและสามารถใช้ชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) และในวิสัยทัศน์ของแผนการศึกษาชาติ พ.ศ.2560 – 2579 ที่กำหนดไว้ว่า “คนไทยทุกคนได้รับการศึกษาและเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่าง มีคุณภาพ ดำรงชีวิตอย่างเป็นสุข สอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและการเปลี่ยนแปลงของโลกศตวรรษที่ 21” (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) ซึ่งโลกในศตวรรษที่ 21 นี้ต้องอาศัยทักษะที่จำเป็น เพื่อให้มนุษย์สามารถดำรงชีวิตในได้อย่างมีความสุข และเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพของประเทศ

ทักษะในศตวรรษที่ 21 เป็นทักษะแห่งอนาคตใหม่ ซึ่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยภาคส่วนที่เกิดจากวงการนอกการศึกษา องค์กรวิชาชีพระดับประเทศ และสำนักงานด้านการศึกษาของรัฐ รวมตัวและก่อตั้งเป็นเครือข่ายองค์กรความร่วมมือเพื่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) หรือเรียกย่อ ๆ ว่าเครือข่าย P21 ได้พัฒนาวิสัยทัศน์การเรียนรู้เป็นกรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยผสมผสานองค์ความรู้ทักษะเฉพาะด้าน ความชำนาญการและความรู้เท่าทันด้านต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้ประสบความสำเร็จในการทำงานและการดำเนินชีวิต (สกล สุวรรณาพิสิทธิ์, 2555) ซึ่งการนำทักษะในศตวรรษที่ 21 ไปใช้กับนักเรียน จำเป็นต้องให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความรู้ความเข้าใจเนื้อหาหลักด้านวิชาการ แล้วบูรณาการให้เข้ากับทักษะต่าง ๆ โดยทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่ทุกคนต้องเรียนรู้ตั้งแต่ชั้นอนุบาลไปจนถึงมหาวิทยาลัย และตลอดชีวิต คือ 3R x 7C ซึ่ง 3R ได้แก่ อ่านออก เขียนได้ และ คิดเลขเป็น 7C ได้แก่ ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะในการแก้ปัญหา ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรมทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ ทักษะด้านความร่วมมือการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศและรู้เท่าทันสื่อ ทักษะด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้ (วิจารณ์ พานิช, 2555, หน้า 18-19) ซึ่งทักษะเหล่านี้เป็นทักษะการคิดขั้นสูง ที่ควรสร้างให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน โดยเฉพาะทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เนื่องจากในสภาพสังคมปัจจุบันต้องประสบกับอุปสรรคในสังคมอยู่เสมอ รวมทั้งความต้องการดำรงชีวิตอย่างปกติสุขและมีคุณภาพของมนุษย์ ในขณะที่ทรัพยากรมีอยู่อย่างจำกัด ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการเตรียมพร้อมให้ผู้เรียนเติบโตไปอย่างมีคุณภาพ สามารถแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย มีระบบการคิดตัดสินใจอย่างรอบคอบ สามารถใช้วิจารณญาณในการตัดสินใจแก้ปัญหาได้

รูปแบบการประเมินความรู้ความสามารถของนักเรียนในปัจจุบัน ก็มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การปรับเปลี่ยนรูปแบบของข้อสอบให้อยู่ในรูปการคิดแก้ปัญหา หรือการนำเอาความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น โครงการการประเมินผลนักเรียน นานาชาติ (Programmed for International Student Assessment หรือ PISA) โดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ได้มีการสร้างแบบทดสอบเพื่อประเมินประเทศที่เป็นสมาชิก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินนักเรียนที่จบการศึกษาภาคบังคับ (เยาวชนอายุ 15 ปี) จะได้รับการเตรียมพร้อมความรู้และทักษะ ที่จำเป็นสำหรับการเป็นประชาชนที่มีคุณภาพในอนาคต และมีส่วนร่วมสร้างสังคมได้หรือไม่ เพียงใด และเป็นการประเมินต่อเนื่อง โดยจำแนกเป็น 3 ระยะ ลักษณะเด่นของแบบทดสอบ PISA จะถามเรื่องการใช้ความรู้และกระบวนการที่ต้องใช้ในการดำรงชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) เป็นการประเมินวิชาที่เป็นหัวใจของการพัฒนา

สามวิชาหลัก คือ การอ่าน คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเพิ่มเติมด้านทักษะที่ต้องใช้ในกระบวนการการเรียนรู้ คือ ทักษะการแก้ปัญหา โดยเน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน (ศรายุทธ รูปโฉม, 2560)

ประเทศไทยได้เข้าร่วมการประเมิน PISA ตั้งแต่ปี พ.ศ.2549 จนถึงปัจจุบัน พบว่า ผลการประเมินของไทยยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD โดยในปี พ.ศ. 2561 (PISA 2018) ผลการประเมินนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์ 426 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 489 คะแนน) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของคะแนนต่ำกว่าประเทศเพื่อนบ้านในอาเซียน อย่างเช่น ประเทศสิงคโปร์ มาเลเซีย และบรูไนดารุสซาลาม ถ้าในด้านความสามารถนักเรียนไทยประมาณ 56% มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป (จาก 6 ระดับ) ค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD มีนักเรียน 78% ที่มีความสามารถในระดับดังกล่าว โดยที่ระดับ 2 นี้ หมายถึงระดับที่นักเรียนสามารถรู้คำอธิบายที่ถูกต้องของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่คุ้นเคยและไม่ซับซ้อนเกินไป สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อบอกว่าการลงข้อสรุปถูกต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่มีหรือไม่ ถือว่าเป็นระดับพื้นฐานที่นักเรียนเริ่มแสดงว่ารู้และสามารถใช้ประโยชน์จากความรู้ในชีวิตจริงได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ขาดการบูรณาการความรู้สู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ซึ่งครูผู้สอนควรเร่งพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เผชิญสถานการณ์และใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้น ๆ

การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งผู้วิจัยเป็นครูผู้สอน พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาเน้นรูปแบบการบรรยาย ขาดการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงและขาดการเชื่อมโยงความรู้สู่การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถบอกหรืออธิบายความรู้ในเรื่องที่เรียนได้ แต่ยังไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ ขาดการใช้วิจารณญาณในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับผลการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ซึ่งได้จากการนำเครื่องมือวิจัยของ

กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) ที่ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ไปทดสอบกับนักเรียน โดยเลือกแบบทดสอบจำนวน 1 สถานการณ์ ประกอบด้วยคำถามย่อย ๆ อีก 3 ข้อ เป็นลักษณะคำถามปลายเปิด ผลการทดสอบพบว่า จากนักเรียนทั้งหมด 18 คน มีนักเรียน 12 คน มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาปานกลาง และมีนักเรียน 6 คน มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณน้อย

สะเต็มศึกษา เป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน (ชลาธิป สมาหิโต, 2557; สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติและวิธีการสอนของแต่ละวิชา มาผสมผสานกัน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้แก้ปัญหา ค้นคว้า และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, หน้า 50) โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน รูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐาน และรูปแบบการเรียนรู้แบบการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง หรืออาจจัดสภาพการณ์ให้นักเรียนเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน (ทิศนา แขมมณี, 2560, หน้า 137-138) การเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าลงมือปฏิบัติตามความสนใจ ความถนัดและความสามารถของตน ครูผู้สอนเป็นเพียงผู้ที่คอยให้คำปรึกษาช่วยเหลือเท่านั้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการทำงานที่เน้นการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อใช้แก้ไขปัญหา สร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่หรือนวัตกรรมโดยการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขและการวิเคราะห์หาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ไขหรือพัฒนาที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมในปัจจุบัน (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) จากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ข้างต้น ผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ในแต่รูปแบบมีความเหมาะสมกับเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน

จากปัญหาและความสำคัญที่กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หลักสูตรและตัวชี้วัดรายวิชาวิทยาศาสตร์ (ว22102) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ในเนื้อหาในเรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ประกอบไปด้วยเนื้อหาย่อย ๆ ได้แก่ คาน รอก พื้นเอียง ล้อและเพลา เป็นเนื้อหาที่นักเรียนสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เกี่ยวข้องกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว เช่น การใช้กรรไกรตัดกระดาษ การปั่นจักรยาน และการออกแบบเครื่องมือทุ่นแรงต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ที่เป็นพื้นฐานสำหรับการออกแบบหรือสร้างชิ้นงานในเชิงวิศวกรรม จากเนื้อหาที่ทำการวิเคราะห์ รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีการเชื่อมโยงความรู้ และบูรณาการกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

2. จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

3. คำถามวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรเป็นอย่างไร

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้หรือไม่ อย่างไร

4. ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่ง ในจังหวัดกำแพงเพชร ที่เรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์4 รหัสวิชา ว22102 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 15 คน ซึ่งถูกเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมา ขาดการบูรณาการความรู้ไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนขาดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

วิทยาศาสตร์ (Science) คือ ความรู้ในเนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์ 4 เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย ในหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้แก่ คาน รอก พื้นเอียง ล้อและเพลา และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างรูปแบบหรือแบบจำลอง และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกตและการวัด

เทคโนโลยี (Technology) คือ กระบวนการทางเทคโนโลยีในการเลือกใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ให้เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงาน สร้างชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหาเรื่อง

เครื่องกลอย่างง่าย รวมถึงการสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ ทางอินเตอร์เน็ต และการนำเสนอโดยใช้สื่อต่าง ๆ มาเป็นตัวช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ง่ายขึ้นในการนำเสนอ

วิศวกรรม (Engineering) คือ กระบวนการที่ใช้วางแผนและออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งมี 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

คณิตศาสตร์ (Mathematic) คือ การนำความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาเรื่องเครื่องกลอย่างง่ายได้อย่างเหมาะสม ได้แก่ การวัด การคำนวณ อัตราส่วนและร้อยละ

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 3 สัปดาห์ เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย โดยทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง ดำเนินการทำวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ที่บูรณาการความรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยอาศัยการระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ออกแบบวิธีในการแก้ปัญหา วางแผน ดำเนินการแก้ปัญหา ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ระบุปัญหา เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

1.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

1.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

1.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

1.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาที่พิจารณา ไตร่ตรอง วิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ อย่างรอบคอบในการตัดสินใจหาข้อสรุปและตัดสินใจด้วยการประเมินข้อมูล เพื่อวางแผนและปฏิบัติการแก้ปัญหา ตลอดจนประเมินผลการแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง สมบูรณ์และบรรลุวัตถุประสงค์ มี 5 องค์ประกอบ ดังนี้

2.1 การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม โดยวิเคราะห์ เข้าใจปัญหา เรียงลำดับปัญหา บอกสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์

2.2 การรวบรวม/จัดการข้อมูล โดยวิเคราะห์ จำแนก จัดระบบข้อมูลที่เกี่ยวกับประเด็นปัญหา แล้วพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล ตัดสินใจเลือกข้อมูล

2.3 การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ เป็นการหาแนวทางแก้ปัญหา วิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสม เป็นไปได้ และตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ

2.4 การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ตามวิธีการที่ตัดสินใจและรวบรวมข้อมูลเพื่อสรุปการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ

2.5 การประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ตรวจสอบผลโดยใช้เหตุผล ชั่งน้ำหนัก ผลดี ผลเสีย ตีความหมาย อ้างอิง และอธิบายความสัมพันธ์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ซึ่งได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
    1.1 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้
    1.2 คำอธิบายรายวิชา
    1.3 โครงสร้างรายวิชา
2. การแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ
    2.1 การแก้ปัญหา
    2.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
    2.3 การแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ
    2.4 ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
    3.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
    3.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา
    3.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา
4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับสะเต็มศึกษา
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    5.1 งานวิจัยในประเทศ
    5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษา พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้จัดทำขึ้นเพื่อให้การจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อมและความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เป็นการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพของคนในชาติ เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ยกระดับคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและมีมาตรฐานระดับสากลสอดคล้องกับนโยบายของประเทศไทย 4.0 และโลกในศตวรรษที่ 21 รวมทั้งทัดเทียมกับนานาชาติ ผู้เรียนมีศักยภาพในการแข่งขันและดำรงชีวิตอย่างสร้างสรรค์ในประชาคมโลกตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1.1 วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี ทั้งนี้ยังมีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระ เคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ซึ่งองค์ประกอบของหลักสูตร ทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน

ตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด ได้แก่

ว 2.3 ม 2/2 วิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากข้อมูลที่รวบรวมได้

ว 2.3 ม 2/3 ตะหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ตาราง 1 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ของรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัดชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. วิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากข้อมูลที่รวบรวมได้ 2. ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	- งานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า กำลัง หลักการของงานนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายได้แก่ คาน พื้นเอียง รอกเดี่ยว ลิ่ม สกรู ล้อและเพลา ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

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

ว 4.1 ม 2/1 คาดการณ์แนวโน้มเทคโนโลยีที่จะเกิดขึ้นโดยพิจารณาจากสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและวิเคราะห์ เปรียบเทียบ ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม

ว 4.1 ม 2/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชุมชนหรือท้องถิ่น สรุปกรอบของปัญหา รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ว 4.1 ม 2/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

ว 4.1 ม 2/4 ทดสอบ ประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้กรอบเงื่อนไขพร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

ว 4.1 ม 2/5 ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัย

ตาราง 2 แสดงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ของรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี

ตัวชี้วัดชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. คาดการณ์แนวโน้มเทคโนโลยีที่จะเกิดขึ้น โดยพิจารณาจากสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและวิเคราะห์เปรียบเทียบ ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยี โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม	- สาเหตุหรือปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความก้าวหน้าของศาสตร์ต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจสังคม วัฒนธรรม ทำให้เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา - เทคโนโลยีแต่ละประเภทมีผลกระทบต่อชีวิตสังคม และสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงต้อง
2. ระบุปัญหาหรือความต้องการในชุมชนหรือท้องถิ่น สรุปกรอบของปัญหา รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย และตัดสินใจ เลือกใช้ให้เหมาะสม - ปัญหาหรือความต้องการในชุมชนหรือท้องถิ่นมีหลายอย่าง ขึ้นกับบริบทหรือสถานการณ์ที่ประสบ เช่น ด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อมการเกษตร การอาหาร - การระบุปัญหาจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์สถานการณ์ของปัญหาเพื่อสรุปกรอบของปัญหาแล้วดำเนินการสืบค้น รวบรวมข้อมูลความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน	- การวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น โดยคำนึงถึงเงื่อนไขและทรัพยากร เช่น งบประมาณ เวลา ข้อมูลและสารสนเทศ วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ช่วยให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม
	- การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้

ตัวชี้วัดชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	หลากหลายวิธี เช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพ การเขียนผังงาน - การกำหนดขั้นตอนระยะเวลาในการทำงานก่อนดำเนินการแก้ปัญหาจะช่วยให้การทำงานสำเร็จได้ตามเป้าหมาย และลดข้อผิดพลาดของการทำงานที่อาจเกิดขึ้น
4. ทดสอบ ประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้กรอบเงื่อนไข พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา	- การทดสอบและประเมินผลเป็นการตรวจสอบชิ้นงาน หรือวิธีการว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหาข้อบกพร่อง และดำเนินการปรับปรุงให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ - การนำเสนอผลงานเป็นการถ่ายทอดแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานและชิ้นงานหรือวิธีการที่ได้ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การเขียนรายงานการทำแผ่นนำเสนอผลงาน การจัดนิทรรศการ
5. ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัย	- วัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น ไม้ โลหะ พลาสติก จึงต้องมีการวิเคราะห์สมบัติเพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน - การสร้างชิ้นงานอาจใช้ความรู้เรื่องกลไก ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์เช่น LED มอเตอร์บัซเซอร์เฟือง รอก ล้อ เพลา - อุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการมีหลายประเภท ต้องเลือกใช้ให้ถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย รวมทั้งรู้จักเก็บรักษา

1.2 คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4

รายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 2.0 หน่วยกิต ระยะเวลา 80 ชั่วโมง ศึกษาทดลอง วิเคราะห์ อธิบาย พยากรณ์ เขียนแผนภาพ ออกแบบการทดลอง ตระหนักถึงการเปรียบเทียบ คำนวณ แปลความหมายข้อมูล สร้างแบบจำลอง ตรวจวัดสมบัติบางประการ การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกัน เขียนแผนภาพแสดงแรงและแรงลัพธ์เกิดจากแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุใน
แนวเดียวกัน ปัจจัยที่มีผลต่อความดันของของเหลว แรงพยุงและการจม การลอยของวัตถุในของเหลว แผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุในของเหลว แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน แผนภาพแสดงแรงเสียดทานและแรงอื่น ๆ ที่กระทำต่อวัตถุ ประโยชน์ของความรู้เรื่องแรงเสียดทาน วิธีการลดหรือเพิ่มแรงเสียดทานที่เป็นประโยชน์ต่อการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน โมเมนต์ของแรง แหล่งของสนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า และสนามโน้มถ่วง และทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในแต่ละสนาม แผนภาพแสดงแรงแม่เหล็ก แรงไฟฟ้า และแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงแม่เหล็ก แรงไฟฟ้า และแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในสนามนั้น ๆ กับระยะห่างจากแหล่งของสนามถึงวัตถุ อัตราเร็ว ความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ แผนภาพแสดงการกระจัดและความเร็ว งานและกำลังที่เกิดจากแรงที่กระทำต่อวัตถุ หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่าย ประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย ปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วง การเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานจลน์ของวัตถุโดยพลังงานกลของวัตถุมีค่าคงตัว การเปลี่ยนและการถ่ายโอนพลังงานโดยใช้กฎการอนุรักษ์ กระบวนการเกิด สมบัติ และการใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบจาการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ผลจากการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ แนวทางการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ข้อดีและข้อจำกัดของพลังงานทดแทน แนวทางการใช้พลังงานทดแทนที่เหมาะสมในท้องถิ่น โครงสร้างภายในโลกตามองค์ประกอบทางเคมี กระบวนการผุพังอยู่กับที่ การกร่อนและการสะสมตัวของตะกอนจากแบบจำลอง ผลของกระบวนการดังกล่าวที่ทำให้ผิวโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง ลักษณะของชั้นหน้าตัดดิน กระบวนการเกิดดิน ปัจจัยที่ทำให้ดินมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน สมบัติบางปัจจัยและกระบวนการเกิดแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินจากแบบจำลอง การใช้น้ำและแนวทางการใช้น้ำอย่างยั่งยืนในท้องถิ่นของตนเอง กระบวนการเกิดและผลกระทบของน้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง ดินถล่ม หลุมยุบ แผ่นดินทรุด

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล บันทึกจัดกลุ่มข้อมูล เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถนำเสนอข้อมูลสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ เห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม รวมทั้งหมด 31 ตัวชี้วัด

1.3 โครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4

ตาราง 3 แสดงโครงสร้างรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
4. เครื่องกลอย่างง่าย	ว 2.3 ม2/2 วิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากข้อมูลที่รวบรวมได้ ว 2.3 ม2/3 ตะหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ว 4.1 ม 2/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชุมชนหรือท้องถิ่น สรุปกรอบของปัญหา รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	งานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า กำลัง หลักการของงานนำไปอธิบายการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายได้แก่ คาน พื้นเอียงรอกเดี่ยวลิ่มสกรูล้อและเพลาซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน การระบุปัญหาจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์สถานการณ์ของปัญหาเพื่อสรุปกรอบของปัญหาแล้วดำเนินการสืบค้น รวบรวมข้อมูลความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การออกแบบ	14
	ว 4.1 ม 2/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจ ว 4.1 ม 2/4 ทดสอบประเมินผล และอธิบายปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้กรอบเงื่อนไข พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา	แนวทางการแก้ปัญหา วิเคราะห์ตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น โดยคำนึงถึงเงื่อนไขทรัพยากรเพื่อให้ได้แนวทางที่เหมะสม ออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้หลากหลายวิธี กำหนดขั้นตอนการทำงาน ดำเนินการตามเป้าหมาย ทำการทดสอบและประเมินผล นำไปสู่การนำเสนอผลงานเป็นการถ่ายทอดแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจกระบวนการ	

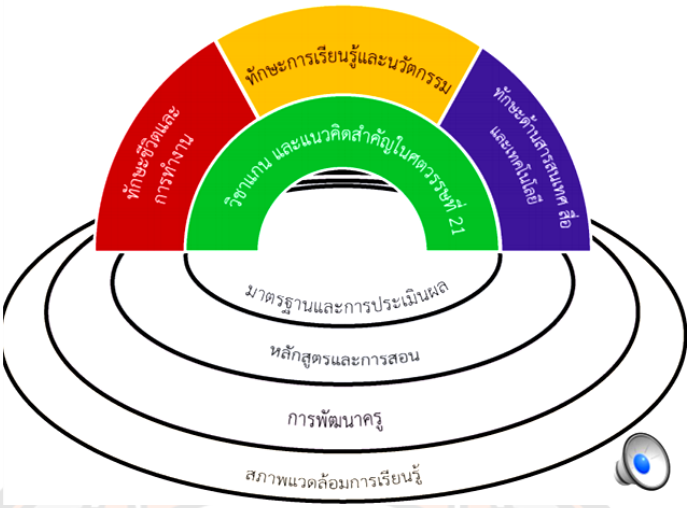
ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	ว 4.1 ม 2/5 ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัย		

จากการวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ผู้วิจัยได้นำเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง คาน ล้อ รอกและเพลา และพื้นเอียง โดยมีการบูรณาการเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อจัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 12 ชั่วโมง

2. การแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

การแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณเป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 เป็นการเน้นการแก้ปัญหาที่ต้องอาศัยการพิจารณาไตร่ตรอง อย่างถี่ถ้วน ซึ่งเป็นความเกี่ยวเนื่องกันกับทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ เป็นส่วนหนึ่งในทักษะศตวรรษที่ 21 ดังนั้นการศึกษาจึงเน้นให้นักเรียน มีความสามารถในการแก้ปัญา และคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน ซึ่งทักษะในศตวรรษที่ 21 มีจุดเริ่มต้นมาจากการประชุมร่วมกันของนักวิชาการหลากหลายสาขาใน สหรัฐอเมริกามาประชุมร่วมกัน โดยรัฐบาลต้องการพัฒนา คุณภาพประชากรประเทศเพื่อยกระดับขีดความสามารถของประเทศกับนานาชาติ และต้องการให้ประชากรนั้นมีคุณภาพและศักยภาพในสังคม สามารถดำรงชีวิตอยู่ในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้องค์ประกอบในด้าน ต่าง ๆ ที่ควรเกิดขึ้นในผู้เรียนจากการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (21" Century student Outcomes) ได้แก่ ความรู้ ทักษะ ความเชี่ยวชาญ (The Partnership for 21s' Century Skills, 2009) ดังต่อไปนี้



ภาพ 1 โครงสร้างของทักษะในศตวรรษที่ 21
ที่มา : ศิริวรรณ ช้างงาม, 2558

1. ความรู้ในวิชาหลักและเนื้อหาประเด็นที่สำคัญสำหรับศตวรรษที่ 21 (CoreSubject and 21 Century Themes) ได้แก่ ภาษาอังกฤษ การอ่าน ศิลปะในการใช้ภาษา ภาษาต่างประเทศ คณิตศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ศิลปะ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ หน้าที่พลเมือง และการปกครอง ซึ่งควรครอบคลุมเนื้อหาในสาขาใหม่ ๆ ที่มีความสำคัญต่อการ ทำงานและชุมชน แต่สถาบันการศึกษาไม่ได้ให้ความสำคัญ ได้แก่ จิตสำนึกต่อโลก ความรู้พื้นฐานด้านการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ ความรู้พื้นฐานด้านพลเมือง และตระหนักในสุขภาพและสวัสดิการ

2. ทักษะการเรียนและนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ได้แก่

2.1 ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) ซึ่งครอบคลุมไปถึงการคิดแบบสร้างสรรค์ การทำงานอย่างสร้างสรรค์ร่วมกับผู้อื่น และการนำความคิดนั้นไปใช้อย่างสร้างสรรค์

2.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) หมายความรวมถึงการคิดอย่างมีเหตุผล การคิดเชิงระบบ การคิดตัดสินใจและการคิดแก้ปัญหา

2.3 การสื่อสารและการร่วมมือ (Com munication and Collaboration) ซึ่งเน้นการสื่อสารโดยใช้รูปแบบต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพชัดเจน และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ

3. ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, Media and Technology skill) ซึ่งในศตวรรษที่ 21 นี้นับได้ว่ามีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมาก ดังนั้นผู้เรียนจึงควรมี

ทักษะดังต่อไปนี้คือ

3.1 การรู้เท่าทันสารสนเทศ (Information literacy)

3:2 การรู้เท่าทันสื่อ (Media literacy)

3.3 การรู้เท่าทันเทคโนโลยีสารสนเทศ (CT: Information Communication and technology Literacy)

4. ทักษะชีวิตและการทำงาน (Life and Career Skills) ในการดำรงชีวิตและในการทำงานนั้นไม่เพียงต้องการคนที่มีความรู้ ความสามารถในเนื้อหาความรู้ หรือทักษะการคิดเท่านั้นหากแต่ยังต้องการผู้ที่สามารถทำงานในบริบทที่มีความซับซ้อนมากขึ้นอีกด้วย ทักษะที่จำเป็น ได้แก่

4.1 ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว (Flexibllty and adaptablity)

4.2 ความคิดริเริ่มและการชี้นำตนเอง (Initiative and Self Direction)

4.3 ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ข้ามวัฒนธรรม (Social and Cross-cultural

4.4 การเพิ่มผลผลิตและความรู้รับผิด (Productivity and accountability)

4.5 ความเป็นผู้นำและความรับผิดชอบ (Leadership and responsibility)

ซึ่งการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบขึ้นจากแนวคิดการแก้ปัญหาร่วมกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งนำมาผนวกรวมกันเป็นการแก้ปัญหาในทางวิทยาศาสตร์ ที่มีความสมบูรณ์ถูกต้อง และเกิดจากขั้นตอนที่มีเป้าหมายชัดเจน ร่วมกับการมีความรอบคอบ ไตร่ตรอง และรับผิดชอบกระบวนการคิดในทุก ๆ ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การแก้ปัญหา

การแก้ปัญหา เป็นการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีผู้ให้ความหมายที่คล้ายคลึงกัน มีรายละเอียดดังนี้

Good (1973) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหา เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ คือ การแก้ปัญหานั่งเอง การแก้ปัญหาเป็นแบบแผนวิธีดำเนินการ ซึ่งอยู่ในสภาวะที่มีความยากลำบาก ยุ่งยาก หรืออยู่ในสภาวะที่พยายามตรวจข้อมูลที่หามาได้ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับปัญหา มีการตั้งสมมติฐานภายใต้การควบคุม มีการรวบรวมเก็บข้อมูลจากการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ที่จะทดสอบสมมติฐานนั้นว่าเป็นจริงหรือไม่

Krulik and Rudrick (1996) กล่าวว่า การแก้ปัญหา หมายถึงกระบวนการหรือวิธีการที่บุคคลที่ใช้ความรู้ ทักษะ และความเข้าใจที่มีอยู่เพื่อจัดการกับสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยนั้น กระบวนการแก้ปัญหาเริ่มต้นจากการเผชิญปัญหาและยุติลงเมื่อได้คำตอบที่บรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งผู้เรียนจะสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทศโนโลยี (2546) ให้ความหมายของการแก้ปัญหา ว่า หมายถึง การหาคำตอบของปัญหาที่ยังไม่รู้วิธีการมาก่อนทั้งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในวิทยาศาสตร์โดยตรงและปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยใช้เทคนิควิธีการหรือกลยุทธ์ต่าง ๆ

กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) ให้ความหมายของการแก้ปัญหา ว่า หมายถึง การนำองค์ความรู้ ประสบการณ์เดิม ผ่านกระบวนการ ขั้นตอน วิธีการเพื่อคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา ซึ่งอาจจะผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องก่อนที่จะได้คำตอบ เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

จิรันธนิน คงจีน (2560) การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการหรือวิธีการที่มีแบบแผน เกิดจากบุคคลอยู่ในสภาวะเผชิญปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยตรงและปัญหาในชีวิตประจำวัน มีการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาหรือหาคำตอบนั้น ซึ่งผู้เรียนจะสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นได้

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า การแก้ปัญหา เป็นวิธีการหรือขั้นตอนที่มีแบบแผน ที่ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาหรือหาคำตอบที่เป็นสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องก่อนที่จะได้คำตอบ เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

2.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีผู้นิยามความหมายที่คล้ายคลึงกัน มีรายละเอียดดังนี้

Good (1973) นำเสนอว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการคิดการประเมินอย่างรอบคอบและมีหลักการ มีหลักฐานอ้างอิง ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาข้อสรุปโดยใช้กระบวนการตรรกวิทยาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

Sternberg (1985) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง การคิดที่อยู่ในส่วนของตัวควบคุมกระบวนการประมวลความรู้ของบุคคลและช่วยให้บุคคลดำเนินการคิดและประเมินผลที่ได้จากการคิด เป็นกระบวนการขั้นสูงที่ใช้ในการวางแผน ติดตาม ประเมินผลการปฏิบัติงาน เป็นกระบวนการที่รับผิดชอบในการกำหนด ตัดสินใจให้ดำเนินไปอย่างถูกต้อง

Ennis (1996) กล่าวถึงการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า เป็นการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล เพื่อมุ่งสู่การตัดสินใจในสิ่งที่ควรเชื่อหรือควรทำ

ทิศนา แขมมณี (2544) กล่าวว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นความสามารถทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ความจำ ความเข้าใจจนถึงการวิเคราะห์ สังเคราะห์ผ่านการพิจารณาไตร่ตรองทั้งทางด้านคุณ -โทษ และคุณค่าที่แท้จริงของสิ่งนั้นแล้วมากลั่นกรอง

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2552) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถทำให้เรามีความมั่นใจในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ถูกทาง ตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผลทำให้เป็นผู้ที่

มีบุคลิกภาพที่ดีเป็นคนที่มีความรอบคอบ ก่อนที่จะตัดสินใจทำเรื่องใดจะต้องมีหลักฐานประกอบในการวิเคราะห์ตัดสินใจ ทำให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้อย่างมีคุณภาพ เพราะมีการคิดอย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอน มีทักษะในการสื่อสารกับผู้อื่นได้ดีในทุกด้าน การพัฒนาวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่เสมอ จะส่งผลให้เรามีสติปัญญาที่เฉียบแหลม พัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้เราเป็นผู้ที่มีวินัยและมีความรับผิดชอบในการปฏิบัติงาน อยู่บนพื้นฐานของหลักการและเหตุผลทำให้งานออกมาอย่างมีคุณภาพ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2548) กล่าวว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการพิจารณาไตร่ตรองด้วยเหตุผลอย่างรอบครอบ โดยอาศัยหลักฐานข้อสรุปที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ การคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเริ่มจากสถานการณ์ที่ยุ่งยาก ซับซ้อน และจบลงด้วยสถานการณ์ที่มีการพิจารณาไตร่ตรองด้วยเหตุผลว่าสิ่งใดมีความสำคัญเป็นสิ่งจำเป็นก่อนจะตัดสินใจเชื่อหรือปฏิบัติ

กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า หมายถึง กระบวนการคิดขั้นสูงที่มีความซับซ้อน ได้แก่ กระบวนการคิดอย่างมีจุดหมาย คิดอย่างเป็นระบบ โดยอ้างอิงเหตุและผล รวมทั้งการคิดพิจารณา ไตร่ตรอง อย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูลสถานการณ์ที่เป็นปัญหา มีการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล โดยมีหลักฐานที่สามารถตรวจสอบได้

จิรันธนิน คงจีน (2560) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ว่า เป็นการคิดอย่างรอบคอบของบุคคล ในสถานการณ์หรือปัญหา โดยใช้ความรู้ ประสบการณ์ของตนเอง รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ ตีความ อาศัยทักษะหลาย ๆ ด้าน เช่น การวิเคราะห์ และประเมินเพื่อตัดสินเกี่ยวกับสถานการณ์หรือปัญหาที่พบ สามารถสรุปผลและประเมินผลการคิดของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สริญญา มารศรี (2562) ได้กล่าวว่า ผู้ที่มีคุณลักษณะของผู้ที่มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จะต้องเป็นผู้ที่มีใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของคน ไม่ยึดมั่นความคิดเห็นของตนเป็นหลัก มีใจเป็นกลางและตัดสินใจโดยการใช้ข้อมูลประกอบหลายด้าน มีความรู้สึกไวต่อสถานการณ์และความรู้สึกของผู้อื่น สามารถเปลี่ยนความคิดเห็นของตนได้หากมีเหตุผล
ที่มากกว่า เป็นผู้มีความกระตือรือร้นในการค้นหาข้อมูลความรู้ มีความรู้มากเพื่อใช้ประกอบในการตัดสินใจ และที่สำคัญต้องเป็นผู้ที่มีเหตุผลไม่ใช้อารมณ์หรืออคติในการตัดสินใจ

การจัดสื่อการเรียนรู้แบบต่าง ๆ จะช่วยส่งเสริมการฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งสื่อมีหลายรูปแบบ สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือ บทความประเภทต่าง (หนังสือพิมพ์ นิทาน ฯลฯ) เมื่อนักเรียนอ่านแล้วครูอาจใช้คำถามฝึกการคิด เช่น เรื่องนี้คล้ายคลึงหรือแตกต่างกันอย่างไร ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการอ่านจะช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้อีกวิธีหนึ่ง

ครูอาจจัดทำแบบฝึกหัดทักษะการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน ซึ่งอาจมีรูปแบบหลากหลาย เช่น สถานการณ์จำลองและครูใช้คำถาม

นอกจากนั้นการส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักวางแผนการทำงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ โดยแนะนำให้นักเรียนวางเป้าหมายตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงานว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ โดยมีข้อมูลหลักฐานในการตรวจสอบและใช้เหตุผลในการพิจารณาตัดสินใจปรับปรุง หรือดำเนินงานตามแผน และรู้จักวิธีการในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม รอบคอบและควบคุมตนเองให้ดำเนินงานตามแผน การทำงานหรือกิจกรรมใด ๆ ก็ตามที่ครูฝึกให้นักเรียนรู้จักวางแผน ย่อมเป็นการดำเนินงานและมีการตรวจสอบตลอดจนเมื่อมีการดำเนินงานตามแผนแล้วมีการประเมินผลการดำเนินงานนั้นจัดได้ว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการคิดที่พิจารณาไตร่ตรองของบุคคลอย่างรอบครอบ ในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยอาศัยหลักฐานข้อสรุปที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ ร่วมกับทักษะในหลาย ๆ ด้าน มีการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล โดยมีหลักฐานที่สามารถตรวจสอบได้

2.3 การแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

การแก้ปัญหาและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ถือเป็นการคิดที่อยู่ในกลุ่มของการคิดขั้นสูง ที่สามารถพัฒนาขึ้นได้จากการเรียนรู้และฝึกฝน ซึ่งทั้งการแก้ปัญหาและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความเกี่ยวเนื่องกัน ซึ่งมีนักการศึกษาหลายคนได้ศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ เช่น

เพ็ญพิศุทธิ์ เนคมานุรักษ์ (2537) ได้แบ่งองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็น 7 ด้าน คือ

1. การระบุประเด็นปัญหา เป็นการระบุ หรือทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหา ข้อคำถาม ข้ออ้าง หรือข้อโต้แย้ง ประกอบด้วยความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏ รวมทั้งความหมายของคำหรือความชัดเจนของข้อความ เพื่อกำหนดประเด็นข้อสงสัย และประเด็นหลักที่ควรพิจารณาและการแสวงหาคำตอบ

2. การรวบรวมข้อมูล เป็นความสามารถในการรวบรวมข้อมูลทั้งทางตรงและทางอ้อมจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงการรวมข้อมูลจากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ ซึ่งได้จากการคิด การพูดคุยการสังเกตที่เกิดขึ้นจากตนเองและผู้อื่น

3. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล เป็นการวัดความสามารถในการ พิจารณาประเมิน ตรวจสอบ ตัดสินข้อมูล ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยพิจารณาถึงที่มาของ ข้อมูลสถิติและหลักฐานที่ปรากฏ รวมทั้งความเพียงพอของข้อมูลในแง่มุมต่าง ๆ ที่จะนำไปสู่การลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล หากยังไม่เกี่ยวข้องที่จะใช้พิจารณาลงข้อสรุป ก็จะต้องรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม

4. การระบุลักษณะของข้อมูล เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกประเภทของข้อมูล ระบุแนวคิดที่อยู่เบื้องต้นหลังข้อมูลที่ปรากฏ ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการพิจารณาแยกแยะ เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูล การตีความข้อมูล ประเมินว่าข้อมูลใดเป็น ข้อเท็จจริง ข้อมูลใดเป็นข้อคิดเห็น รวมถึงการระบุข้อสันนิษฐานหรือข้อตกลงเบื้องต้นที่อยู่เบื้องหลังข้อมูลที่ปรากฏเป็นการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่อาศัยข้อมูลจากประสบการณ์เดิมมาร่วมพิจารณา เพื่อทำการสังเคราะห์จัดกลุ่มและจัดลำดับความสำเร็จของ ข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการพิจารณาตั้งสมมติฐานต่อไป

5. การตั้งสมมติฐานเป็นการวัดความสามารถเหนือกำหนดขอบเขต แนวทางการ พิจารณาหาข้อสรุปของคำถาม ประเด็นปัญหา และข้อโต้แย้ง ประกอบด้วยความสามารถในการ คิดถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อระบุทางเลือกที่เป็นไปได้ โดยเน้นที่ความสามารถพิจารณาเชื่อมโยงเหตุการณ์และสถานการณ์

6. การลงข้อมูล เป็นการวัดความสามารถในการลงข้อสรุปโดยการใช้เหตุผลซึ่งถือว่าเป็นส่วนสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลนั้นอาจใช้เหตุผลเชิงอุปนัยหรือเหตุผลเชิงนิรนัย

6.1 การให้เหตุผลเชิงอุปนัยเป็นการสรุปความโดยพิจารณาข้อมูล หรือกรณีเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเฉพาะเรื่องเพื่อไปสู่กฎเกณฑ์ ในที่นี้เป็นการวัดความสามารถในการสรุปความเหตุการณ์หรือข้อมูลที่กำหนดเป็นคำถามโดยใช้ข้อมูลหรือข้อความที่บอกมาเป็นเหตุผลหรือ กฎเกณฑ์เพื่อการหาข้อสรุป

6.2 การใช้เหตุผลเชิงนินัย เป็นการสรุปความโดยพิจารณาเหตุผลจากกฎเกณฑ์และหลักการทั่วไป ไปสู่เรื่องเฉพาะ ซึ่งเป็นการวัดความสามารถในการสรุปความโดยพิจารณาจากหลักการหรือกฎเกณฑ์ทั่วไปที่กำหนดไว้แล้ว ตัดสินใจลงข้อสรุปในประเด็นคำถาม

7. การประเมินผล เป็นการจัดความสามารถในการพิจารณา ประเมินความถูกต้องสมเหตุสมผลของข้อสรุป ซึ่งต้องอาศัยความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินอย่างไตร่ตรองรอบคอบ เพื่อพิจารณาความสมเหตุสมผลเชิงตรรกะจากข้อมูลที่มีอยู่ ข้อสรุปนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ มีผลตามมาอย่างไร มีการตัดสินคุณค่าได้อย่างไร และมีหลักเกณฑ์อย่างไรกล่าวได้ความเข้าใจกับประเด็นปัญหา คำถาม หรือสถานการณ์ที่พบ แล้วมี การรวบรวมข้อมูลหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องโดยการพิจารณาว่าข้อมูลใดมีเหตุผลน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือ แล้วจึงสรุป
เพื่อตัดสินใจ

จิรันธนิน คงจีน (2560, หน้า 16-29) ที่ได้ทำการศึกษาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นและการช่วยเสริมศักยภาพ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยได้

สังเคราะห์นิยามความหมายของการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ โดยการเชื่อมโยงระหว่างทักษะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า เป็นการแก้ปัญหาที่พิจารณา ไตร่ตรอง วิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบอย่างรอบคอบในการตัดสินหาข้อมูลสรุปและตัดสินใจด้วยการประเมินข้อมูล จากความรู้ประสบการณ์และทักษะการคิดขั้นสูง เพื่อวางแผนและปฏิบัติการแก้ปัญหา ตลอดจนประเมินผลการแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง สมบูรณ์ และบรรลุวัตถุประสงค์ โดยมีขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม โดยวิเคราะห์ ทำความเข้าใจปัญหา เรียงลำดับปัญหา บอกสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์ อาจใช้การถามกลุ่ม ให้ช่วยกันคิดหาคำตอบ ฝึกการคิดประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อให้ได้คำตอบ

2. รวบรวม/จัดการข้อมูล โดยวิเคราะห์ จำแนก จัดระบบข้อมูลที่เกี่ยวกับประเด็นปัญหาหรือข้อโต้แย้ง แล้วพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล ตัดสินใจเลือกข้อมูล

3. วางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ เป็นการหาแนวทางแก้ปัญหา วิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสม เป็นไปได้ และตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ

4. ดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ตามวิธีการที่ตัดสินใจและรวบรวมข้อมูล เพื่อสรุปการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ

5. ประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ตรวจสอบผลโดยใช้เหตุผลชั่งน้ำหนัก ผลดีผลเสีย ตีความหมาย อ้างอิง และอธิบายความสัมพันธ์

ซึ่งจากนิยามดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาปรับประยุกต์ใช้ และได้ให้นิยามของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาที่พิจารณา ไตร่ตรอง วิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ อย่างรอบคอบในการตัดสินใจ หาข้อสรุปและตัดสินใจเลือกด้วยการประเมินข้อมูล เพื่อวางแผนและปฏิบัติการแก้ปัญหา ตลอดจนประเมินผลการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องสมบูรณ์และบรรลุวัตถุประสงค์

2.4 แนวทางการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการแก้ปัญหาที่พิจารณา ไตร่ตรอง วิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ อย่างรอบคอบในการตัดสินใจ หาข้อสรุปและตัดสินใจเลือกด้วยการประเมินข้อมูล เพื่อวางแผนและปฏิบัติการแก้ปัญหา ตลอดจนประเมินผลการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องสมบูรณ์และบรรลุวัตถุประสงค์ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้จึงเป็นต้องใช้แนวทางการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการแก้อย่างมีวิจารณญาณ เช่น

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง(Constructivism)

ทิศนา แขมมณี (2550) ได้รวบรวมทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองไว้ดังนี้

Piaget (1972:1-12) กล่าวไว้ว่า คนทุกคนจะมีพัฒนาเชาว์ปัญญาไปตามลำดับขั้น จากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ และประสบการณ์เกี่ยวกับการคิดเชิงตรรกะและคณิตศาสตร์ รวมทั้งการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะ และกระบวนการพัฒนาความสมดุลของบุคคลนั้น

Vygotsky (1978:90-91) กล่าวไว้ว่า การให้ความช่วยเหลือชี้แนะแก่เด็ก ซึ่งอยู่ในลักษณะของ assisted learning หรือ scaffolding เป็นสิ่งสำคัญมากเพราะสามารถช่วยพัฒนาเด็กให้ไปถึงระดับที่อยู่ในศักยภาพของเด็กได้

Devries (1992:3-6) กล่าวไว้ว่า การเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้และควบคุมการเรียนรู้เปลี่ยนไปเป็นการให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ คือการเรียนการสอนจะต้องเปลี่ยนจาก instruction ไปเป็น construction คือเปลี่ยนจากการให้ความรู้ไปเป็นการให้ผู้เรียนสร้างความรู้

อัชรา เอิบสุขสิริ (2557) กล่าวถึงทฤษฎีนี้ว่า เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ รวมทั้งโครงสร้างทางปัญญาและความเชื่อที่ใช้ในการแปลความหมายเหตุการณ์และสิ่งต่างๆ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูล นอกจากกระบวนการเรียนรู้จะเป็นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในสมองแล้ว ยังเป็นกระบวนการทางสังคมด้วย การสร้างความรู้จึงเป็นกระบวนการทั้งด้านสติปัญญาและสังคมควบคู่กันไป หลักการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีนี้จะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้ (process of knowledge construction) เป้าหมายของการสอนจะเปลี่ยนจากการถ่ายทอดให้ผู้เรียนได้รับสาระความรู้ที่แน่นอนตายตัว ไปสู่การสาธิตกระบวนการแปลและสร้างความหมายที่หลากหลาย ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่างๆ และจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตนเอง โดยการให้ผู้เรียนอยู่ในบริบทจริง ในการจัดการเรียนการสอนครูจะต้องพยายามสร้างบรรยากาศทางสังคมจริยธรรมให้เกิดขึ้น ผู้เรียนได้มีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่โดยผู้เรียนจะนำตนเองและควบคุมตนเองในการเรียนรู้ บทบาทของครูจะเป็นผู้ให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ การประเมินผลการเรียนรู้ตามทฤษฎีนี้มีลักษณะที่ยืดหยุ่นกันไปในแต่ละบุคคล การประเมินควรใช้วิธีการที่หลากหลาย การวัดผลจะต้องใช้กิจกรรมหรืองานในบริบทจริงด้วย ซึ่งในกรณีที่จำเป็นต้องจำลองของจริงมา ก็สามารถทำได้ แต่เกณฑ์ที่ใช้ควรเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในโลกความจริงด้วย

เทอดชัย บัวผาย (2559) กล่าวไว้ว่าทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง(Constructivism) เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการสร้างความรู้ความ เข้าใจจากประสบการณ์ รวมทั้งโครงสร้างทางปัญญาและความเชื่อที่ใช้ในการแปลความหมายเหตุการณ์และสิ่งต่าง ๆ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูล นอกจากกระบวนการเรียนรู้

จะเป็นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในสมองแล้ว ยังเป็นกระบวนการทางสังคมด้วย การสร้างความรู้จึงเป็นกระบวนการทั้งด้านสติปัญญาและสังคมควบคู่กันไป หลักการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีนี้จะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้(process of knowledge construction) เป้าหมายของการสอนจะเปลี่ยนจากการถ่ายทอดให้ผู้เรียนได้รับสาระความรู้ที่แน่นอน ตายตัว ไปสู่การสาธิตกระบวนการแปลและสร้างความหมายที่หลากหลาย ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่าง ๆ และจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตนเอง โดยการให้ผู้เรียนอยู่ในบริบทจริง ในการจัดการเรียนการสอนครูจะต้องพยายามสร้างบรรยากาศทางสังคมจริยธรรมให้เกิดขึ้น ผู้เรียนได้มีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่โดยผู้เรียนจะนำตนเองและควบคุม ตนเองในการเรียนรู้ บทบาทของครูจะเป็นผู้ให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ การประเมินผลการเรียนรู้ตามทฤษฎีนี้มีลักษณะที่ยืดหยุ่นกันไปในแต่ละบุคคล การประเมินควรใช้วิธีการที่หลากหลาย การวัดผลจะต้องใช้กิจกรรมหรืองานในบริบทจริงด้วย ซึ่งในกรณีที่จำเป็นต้องจำลองของจริงมาก็สามารถทำได้ แต่เกณฑ์ที่ใช้ควรเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในโลกความจริงด้วย

จากนิยามสามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง(Constructivism) เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ รวมทั้งโครงสร้างทางปัญญาและความเชื่อที่ใช้ในการแปลความหมายเหตุการณ์และสิ่งต่าง ๆ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูล นอกจากกระบวนการเรียนรู้จะเป็นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในสมองแล้ว ยังเป็นกระบวนการทางสังคมด้วย การสร้างความรู้จึงเป็นกระบวนการทั้งด้านสติปัญญาและสังคมควบคู่กันไป การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างมากกว่ารับความรู้ ดังนั้นเป้าหมายของการสอน จะสนับสนุนกระบวนการสร้างมากกว่าการรับรู้ ดังนั้นเป้าหมายของการสอนจะสนับสนุนการสร้างมากกว่าความพยายามในการถ่ายทอด ความรู้ จึงได้มุ่งเน้นการสร้างความรู้ใหม่อย่างเหมาะสมของแต่ละบุคคล และสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญ

ในการสร้างความหมายของความเป็นจริง จากความเชื่อดังกล่าว จึงส่งผลให้แนวทางจัดการเรียนการสอนตามแนวทาง Constructivism เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนลงมือกระทำในการสร้างความรู้มากกว่า เป็นผู้รับการถ่ายทอดความรู้จากครูผู้สอน

ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful verbal Learning)

เป็นทฤษฎีที่เน้นความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมายการเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เรียนรวมหรือเชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่เรียนใหม่หรือข้อมูลใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอด (Concept) หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ ในโครงสร้าง สติปัญญากับความรู้เดิมที่อยู่ในสองของผู้เรียนอยู่แล้ว (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการ เรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful verbal Learning) ได้แก่ 1) ผู้สอนควรมีการแนะนำบทเรียนก่อนการเรียน

การสอน และก่อนที่จะสอนสิ่งใดใหม่มีการสำรวจความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเสียก่อนว่ามีพอที่จะทำความเข้าใจ เรื่องที่จะเรียนใหม่หรือไม่ถ้ายังไม่มีต้องจัดให้ก่อนสอนเรื่องใหม่ 2) ผู้สอนควรสอนโดยไม่เน้นการท่องจำ แต่สอนให้เกิดการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีมาก่อนกับข้อมูลใหม่หรือความคิดรวบยอดใหม่ที่จะต้องเรียน 3) ผู้สอนควรใช้ Advance organizer เป็นเทคนิคที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างมีความหมายจากการสอนหรือการบรรยายของผู้สอน 4) ผู้สอนควรช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยการจัดเรียบเรียงข้อมูลข่าวสารที่ต้องการให้เรียนรู้ออกเป็นหมวดหมู่ 5) ผู้สอนควรนำเสนอกรอบหลักการกว้างๆ ก่อนที่จะให้เรียนรู้ในเรื่องใหม่ๆ

การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มมีลักษณะ 5 ประการ ได้แก่ (ธิรดา ถาวรทัศนกิจ, 2560)

(1) เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ

(2) ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ

(3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

(4) ท้าทายความคิดของนักเรียน

(5) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้ง 4 วิชา

จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน

จากการศึกษา ผู้วิจัยเห็นว่าทฤษฎีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน อีกทั้งยังเป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้น
ผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ และการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีผู้ให้นิยามความหมาย ประวัติความเป็นมาและรูปแบบที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

3.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

คำว่า สะเต็ม (STEM) ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วสหรัฐอเมริกาและประเทศต่างๆ ทั่วโลก คำว่า STEM ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (NSF) เพื่ออ้างถึงโครงการหรือโปรแกรมที่พวกเขาศึกษาทั้งหมดในหน่วยงาน NSF ซึ่งในวันนี้ คำย่อ STEM นี้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในบริบทต่าง ๆ และได้รับการยกย่องว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการผสมผสานกันของวิชาที่แตกต่างกันเป็นวิชาใหม่ที่สอดคล้องกัน

ความเป็นมาของการจัดการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเกิดขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากผลการสอบ PISA และ TIMSS ของนักเรียนสหรัฐอเมริกาได้คะแนนน้อยและนักเรียนสหรัฐอเมริกาไม่สามารถนำความรู้ในเนื้อหาที่เรียนมาประยุกติใช้ในชีวิตประจำวันได้ประกอบกับบุคลากรในการทำงานด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มีน้อย รัฐบาลสหรัฐจึงเห็นถึงความสำคัญของการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาลงไว้ในหลักสูตรของห้องรียน เพื่อช่วยส่งเสริมให้เยาวชนมีความรู้ในเนื้อหาที่เรียน และนำความรู้
ที่ได้ไปพัฒนาหรือประยุกต์ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน การประดิษฐ์หรือสร้างนวัตกรรมต่างๆ ขึ้น เพื่อช่วยยกระดับผลการทดสอบต่าง ๆ และเป็นการเตรียมพร้อมผู้เรียนให้เป็นประชากรที่มีคุณภาพ และเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

ในประเทศไทยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา จึงได้นำเสนอยุทธศาสตร์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยศาสตร์ คณิตศาสตร์ สู่การใช้ประโยชน์และเทคโนโลยี ที่บูรณาการวิศวกรรมศาสตร์ สู่การใช้ประโยชน์ในการประกอบวิชาชีพ และการศึกษาตลอดชีวิตให้กับนักเรียนไทย คณะกรรมการส่งเสริม

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงมีมติเห็นชอบให้สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดำเนินโครงการสะเต็มศึกษา(STEM Education) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, น. 4-5)

ในปี พ.ศ.2556 คณะกรรมการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีมติเห็นชอบให้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ดำเนินการสะเต็มศึกษาโดยให้จัดตั้งคณะกรรมการชุดหนึ่งและจัดตั้งศูนย์สะเต็มศึกษา (STEM Academy) เพื่อเริ่มทำ โครงการนำร่องสะเต็มศึกษาใน 12 จังหวัด จังหวัดละ 3 โรงเรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, น. 4-5) และหลังจากนั้นกระทรวงศึกษาธิการ ที่มีนโยบายขับเคลื่อนสะเต็มสู่สถานศึกษาซึ่งถือว่า เป็นจุดเริ่มต้นในการวางรากฐานสะเต็มศึกษาของไทย

3.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้มีการให้นิยามความหมายของสะเต็มศึกษาไว้มากมาย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ราชบัณฑิตยสถาน (วิจารณ์ พานิช, 2555) ให้ความหมายอักษรย่อของศาสตร์ที่เอามาเรียงเป็น STEM ไว้ว่า

วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ที่ได้จากการสังเกตและค้นคว้าจากปรากฏการณ์ธรรมชาติแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ, วิชาที่ค้นคว้าได้ด้วยหลักฐานและเหตุผลแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ

เทคโนโลยี คือ วิทยาการที่นำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติและอุตสาหกรรม

วิศวกรมศาสตร์ คือ วิชาที่เกี่ยวกับการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ธรรมชาติมาประยุคตใช้

คณิตศาสตร์ คือ วิชาว่าด้วยการคำนวณ (คำนวณ = คิดหาผลลัพธ์ด้วยวิธีเลข)

Maryland State Board of Education (2012) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้ สะเต็มศึกษา คือ วิธีการสอนและการเรียนรู้ที่รวมเนื้อหาและทักษะของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศสตร์ โดยมาตรฐานของการเรียนการสอนแบบสะเต็มได้กำหนดพฤติกรมการเรียนผสานกับเนื้อหาวิชา ซึ่งคาดหวังว่าให้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนที่เชี่ยวชาญทางด้านสะเต็ม โดยพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจะรวมไปถึงการใช้ตรรกะเหตุผล การทำงานร่วมกัน และการตรวจสอบหาความจริงต่าง ๆ และที่สำคัญเป้าหมายของสะเต็มศึกษาคือการเตรียมความพร้อมสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา และพร้อมสำหรับแรงงานในศตวรรษที่ 21

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) ได้กล่าวว่าสะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการกลุ่มสาขาวิชาต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์โดยการนำจุดเด่นและวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนได้นำ

ความรู้ทุกศาสตร์วิชามาใช้ในการค้นคว้า แก้ปัญหา และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน

Vasquez (2013) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีการแบบสหวิทยาการควบคู่กับการนำไปใช้ในชีวิตจริงกับการเรียนรู้โดยมีปัญหาเป็นฐาน โดยสะเต็มศึกษาจะเป็นการบูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชาเพื่อเชื่อมโยงวิธีการสอน และวิธีการเรียนให้เข้าด้วยกัน ซึ่งทั้ง 4 สาขาวิชา

สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

เขมวดี พงศานนท์ (2557, อ้างถึงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558 หน้า 201-207) อธิบายความหมายแต่ละส่วนของสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้ การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาในสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลก อวกาศ ดาราศาสตร์) ความสามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาระวิชา และมีทักษะปฏิบัติเชิงวิทยาศาสตร์ การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) หมายถึง ความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างคำอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการวินิจฉัยและตัดสินใจ การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) หมายถึง ความเข้าใจในการพัฒนา หรือ การได้มาของเทคโนโลยีโดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรม และความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558) สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์(Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์(Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ที่เน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริงตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

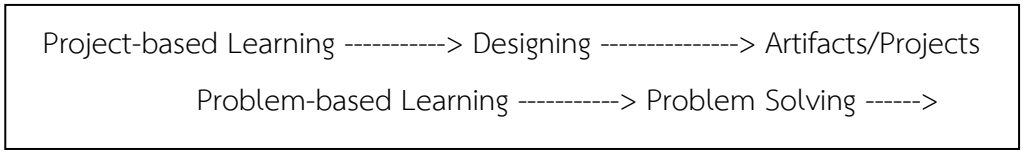
ไตรรงค์ เมธีผาติกุล (2560) สะเต็มศึกษา หมายถึง การบูรณาการความรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกันผ่านจุดเชื่อมโยงของเนื้อหา โดยมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหาซึ่งเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียน และสามารถนำความความรู้ที่ได้ ประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน สามารถออกแบบหรือพัฒนาผลงานหรือสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมาใหม่ โดยอาจสร้างขึ้นเองหรือปรับปรุงมาจากของเดิมที่มีอยู่ก็ได้ โดยเน้นไปที่การส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะต่าง ๆ ที่สำคัญขึ้น

สุธิดา วันสุดล (2561) สะเต็มศึกษา หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะเฉพาะ โดยมีการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ มีการนำความรู้และเนื้อหา รวมถึงวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกัน

จากนิยามของสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การบูรณาการความรู้และกระบวนการเรียนรู้ทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยใช้วิธีการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

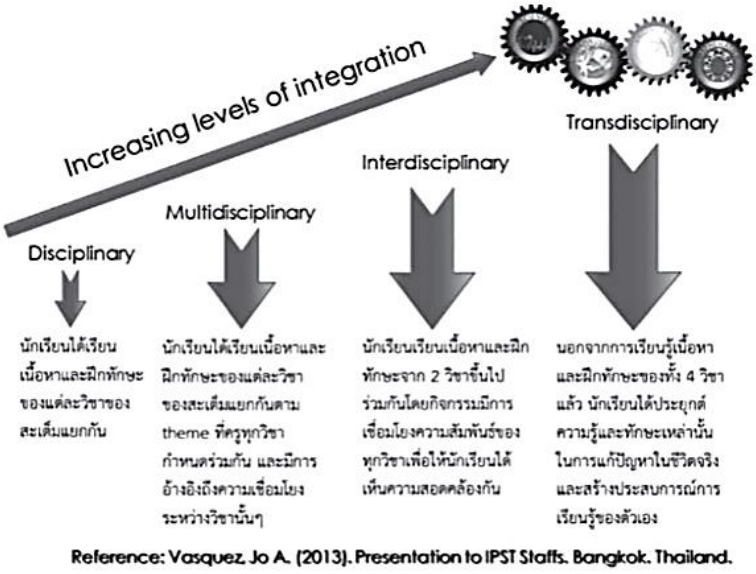
กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-based Learning) และแนวทางการแก้ปัญหาตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) เหมาะสมในการนำมาใช้ออกแบบกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติโดยเฉพาะในกรอบของสะเต็ม (Capraro et al., 2013) เนื่องจากสิ่งที่ผู้เรียนต้องสร้างขึ้นมาในท้ายที่สุดคือ ชิ้นงาน โครงการ หรือวิธีแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด ดังที่แสดงกระบวนการในภาพ 2 ซึ่งถือว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยผลของการจัดกิจกรรมของทั้งสองวิธีมีจุดมุ่งหมายพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะของนักประดิษฐ์หรือ



ภาพ 2 แสดงแผนผังการเปรียบเทียบกระบวนการและผลผลิตที่ได้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานซึ่งสอดคล้องกับสะเต็มศึกษา

เมกเกอร์ (Maker1) หรือ นักแก้ปัญหา (Problem solver) โดยคุณลักษณะแบบเมกเกอร์เน้นเป็นพื้นฐานสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (Honey & Kanter, 2013; Peppler, 2013 ; Martin, 2015)

สะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการเพื่อช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยง ระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ ทั้งนี้ ระดับการบูรณาการ ที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ disciplinary, multidisciplinary integration, interdisciplinary integrationและ transdisciplinary integration แสดงดังภาพ 3



ภาพ 3 Increasing levels of integration

ที่มา: Vasquez, J. A., Snelder, C. & Comer, M. (2013)

การบูรณาการภายในวิชา คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้ คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

การบูรณาการแบบสหวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกันโดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกันโดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้

เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์หลังจากการเรียนเรื่องการถ่ายโอนความร้อนและฉนวนกันความร้อน ครูกำหนดให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บความร้อนของกระติบข้าว โดยขอให้ครูคณิตศาสตร์สอนเรื่องการหาพื้นที่ ผิวสัมผัสและปริมาตรของรูปทรงต่าง ๆ ก่อนให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นเมื่อนักเรียนทดลองและเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้วให้นำข้อมูลจากการทดลองไปสร้างกราฟและตีความผลการทดลองในวิชาคณิตศาสตร์

การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียน เชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตัวเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือ theme ของปัญหากว้าง ๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้นครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และ 3) ความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบ problem/ project based learning เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางบูรณาแบบนี้ หากพิจารณาการใช้กระติบข้าวเป็นหัวข้อหลักในการเรียนรู้สะเต็มศึกษาครูสามารถจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบข้ามสาขาวิชาโดยกำหนดกรอบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาคุณภาพของกระติบข้าวโดยกำหนดเป็นสถานการณ์ เช่น การใช้กระติบข้าวในร้านอาหารที่มักมีการบรรจุข้าวในถุงพลาสติกก่อนบรรจุลงในกระติบข้าวเพื่อป้องกันข้าวเหนียวติดค้างที่กระติบมีผลให้ทำความสะอาดยากและผู้เรียนต้องออกแบบกระติบข้าวหรือวิธีการที่จะทำให้กระติบข้าวมีคุณสมบัติการลดการติดของข้าวเหนียว เพื่อลดการใช้ถุงพลาสติก หลังจากที่ผู้สอนนำเสนอปัญหาดังกล่าวแล้วผู้เรียนต้องกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดและทักษะทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้น มีหลากหลายรูปแบบทั้งการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นมีหลากหลายรูปแบบทั้งการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem based Learning) การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project based Leamng) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Proces) โดยในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกะบวนการที่ผู้เรียนต้องประยุกต์ใช้ความรู้จากหลายวิชา ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และ

เทคโนโลยี มาใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนอย่างเป็นระบบ ปัญหาทางวิศวกรรมนั้นเกี่ยวข้องกับโลกความเป็นจริง และมีความกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียนและสังคม ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะช่วยกระตุ้นให้ผู้รียนมีความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีได้อย่างลึกซึ้งมากขึ้น ซึ่งได้มีผู้นำเสนอการจัดการเรียนรู้ไว้มากมาย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สภาวิจัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (NationalResearch Council: NRC) (อ้างถึงในกฤษลดา ชูสินคุณาวุฒ, 2557, หน้า 37) ได้ร่วมกับสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (the National Science Teachers Association: NSTA) และสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา (the American Association for the Advancement of Science; AAAS) กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่สำหรับประเทศ เรียกว่า (Next Generation Science Standard: NGSS) โดยเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเสนอขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การกำหนดปัญหา
2. การพัฒนาแนวทางแก้ปัญหา
3. การลงมือปฏิบัติเพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดของการแก้ปัญหา

สมาคมนักเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา(International Technology and Engineering Educators Association; ITEEA) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการทำงานหรือกระบวนการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีไว้ในมาตรฐานการรู้เทคโนโลยี (Standards for Technological Literacy) และเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานสำคัญ ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา (Identifying the problem)
2. สร้างแนวคิดด้วยเทคนิคการระดมสมอง (Generating ideas)
3. การดำเนินการวิจัย เพื่อสำรวจแนวคิดการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้การเลือกแนวคิดที่เหมาะสม (Selecting a solution)
4. การทดสอบ (Testing the solution) ด้วยการสร้างแบบจำลอง (Models) และต้นแบบ (Prototypes) เพื่อตรวจสอบแนวคิดการแก้ปัญหาการปฏิบัติงาน (Making the item) ด้วยการสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปแก้ปัญหา
5. การประเมินผล (Evaluating it) เป็นการดำเนินการแก้ปัญหาด้วยชิ้นงาน การประเมินว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่
6. การนำเสนอผล (Presenting the results) ทั้งนี้การทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด (Optimum)

พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์บอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Museum of Science, Boston) ดำเนินโครงการพัฒนาเด็กให้รู้ วิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering and technological literacy) หรือเรียกว่า Engineering is Elementary (EiE) เพื่อวิจัยพัฒนาหลักสูตร ขับเคลื่อนมาตรฐานและนำหลักสูตรไปใช้ในชั้นเรียนโดยบูรณาการ แนวความคิดด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีและทักษะทางวิทยาศาสตร์ โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือเด็กนักเรียนในระดับประถมศึกษา (Grades 1-5) และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย

1. ค้นหาปัญหา
2. สร้างแนวคิดและเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด
3. วางแผนลงมือปฏิบัติ
4. ตรวจสอบ

สสวท. โดยสาขาออกแบบและเทคโนโลยี ได้ศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบกระบวนการทำงานดังกล่าว และสังเคราะห์กระบวนการทำงานที่สอดคล้องกับบริบทของประเทศไทยไว้ ตั้งแต่หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 จนมาถึง หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ใน สาระการออกแบบและเทคโนโลยีกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีและเรียกชื่อกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการเทคโนโลยี(Technological process) ซึ่งสามารถนำไปจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการได้โดยการทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่าง ๆ ได้ตลอดขึ้นอยู่กับสถานการณ์

(NRC, 2012) อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการ

แก้ปัญหาสอดคล้องกับ เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5.ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป โดยแสดงขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมดังภาพ 4

ภาพ 4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา (NRC, 2012) อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557

จากการนำเสนอกระบวนการขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะพบว่า มีรูปแบบและขั้นตอนการทำงานบางอย่างแตกต่างกัน แต่มีเป้าหมายเดียวกันคือทำให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้วิจารณญาณ ใช้ทรัพยากร (Resouccs) อย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัด (Constaint) สามารถคิดหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด การออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เข้าใจได้ง่ายและสอดคล้องกับบริบทของกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

สุธิดา วันสุดล (2561) ได้ทำการศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ต้นอ่อนทานตะวัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยพิจารณา 3 ประเด็น คือ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน 2) ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้หน่วยการเรียนรู้ ฯ ผลการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาโดยภาพรวมและรายองค์ประกอบของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ ฯ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้ ฯ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนรู้ด้วยหน่วยการเรียนรู้ ฯ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวมและรายด้านหลังเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

อัจฉรีย์ สังขรักษ์ (2560) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเพื่อพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนวิทยาศาสตร์แห่งหนึ่งในจังหวัดสตูล ปีการศึกษา 2558 จำนวน 25 คน โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการของเคมมิสและแมคแทกการ์ต (Kemmis and McTaggart) มาช่วยในการดำเนินการวิจัย ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งผลให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีการพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมดีขึ้นตามลำดับระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง และนักเรียนมีความสามารถในการการออกแบบเชิงวิศวกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่นักเรียนทั้งหมดมีความสามารถในการการออกแบบเชิงวิศวกรรมอยู่ในระดับดีเป็นต้นไป

กนกทิพย์ ยาทางไชย (2559) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 40 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม E1/E2 เท่ากับ 76.25/74.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ฐิติยา เนตรวงษ์ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ตอนเรียน A1 จำนวน 33 คน ซึ่งลงทะเบียนเรียนวิชาการจัดการสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ ปีการศึกษา 2559 ผลการศึกษาพบว่า ทักษะการแก้ปัญหาของกลุ่มตัวอย่างทุกคนมีพัฒนาการทักษะการแก้ปัญหาสูงขึ้น โดยภาพรวมสูงขึ้นร้อยละ 13.03 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังเรียนมีความแตกต่างกัน โดยทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการแก้ปัญหาของกลุ่มตัวอย่างพบว่าผู้เรียนทุกคนมีพัฒนาการทางการเรียนในการแก้ปัญหาสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 17.92 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกัน โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการแก้ปัญหาโดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าภาพรวมทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กัน โดยตัวแปรทั้งสองสัมพันธ์ตามกันในทิศทางบวกในระดับปานกลาง

อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 42 คน โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง ในกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิด สะเต็มศึกษามีร้อยละเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 75 จัดอยู่ในระดับดีมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และมีร้อยละคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดี อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จิรันธนิน คงจีน (2560) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวการเรียนรู้อย่างกระตือรือล้นและการช่วยเสริมศักยภาพเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 32 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณกลุ่มเก่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จำนวนนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มอ่อนมีแนวโน้มลดลง

มัฏฐวรรณ ลี้ยุทธานนท์ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนการปฏิบัติการพยาบาลตามหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาพยาบาล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาพยาบาลปี 3 ฝึกรายวิชาปฏิบัติการพยาบาล บุคคลที่มีปัญหาทางจิต เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 8 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 8 คน ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย ทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างวิจารณญาณหลังได้รับการสอนตามรูปแบบของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลองหลังการสอนตามรูปแบบสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจของนักศึกษาต่อรูปแบบของกลุ่มทดลองอยู่ในระดับมาก

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Rany Apriyani et al. (2019, p 85-91) ได้ศึกษาวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนในเรื่องไฟฟ้ากระแสตรงในที่จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในขอบเขตของการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม การปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับปัญหาของแบบจำลองและการเรียนรู้แบบโครงงาน วิธีการวิจัยที่ใช้ คือการทดสอบก่อน – หลัง ของนักเรียนกลุ่มหนึ่ง หัวข้อการวิจัยประกอบด้วยนักเรียน 27 คนที่อยู่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนอาชีวศึกษาใน Kabupaten Bandung Barat เครื่องมือของความสามารถในการแก้ปัญหาในการศึกษานี้มีโครงสร้าง 4 แบบ รายละเอียดคำถามแต่ละคำถามประกอบด้วยคำถาม 5 ข้อย่อยตัวบ่งชี้ความสามารถในการแก้ปัญหา ได้แก่ 1) การมองเห็นปัญหา 2) การอธิบายปัญหาในคำอธิบายทางฟิสิกส์ 3)การวางแผนการแก้ปัญหา 4)ดำเนินการตามแผนและตรวจสอบ และ 5) การประเมินผล จากผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (73.75) สูงกว่าก่อนเรียน (17.55%) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเพิ่มขึ้น ด้วยการประยุกต์ใช้ปัญหารูปแบบการบูรณาการและการเรียนรู้แบบโครงงานโดยใช้สะเต็มศึกษา

Yulia Elfrida Yanty Siregar (2019, p 1-6) ได้ศึกษาผลของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณในโรงเรียนประถมศึกษา โดยจุดประสงค์ของการวิจัยเพื่อ อธิบายว่าการศึกษาแบบ STEM สามารถปรับปรุงทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนในโรงเรียนประถมศึกษาได้หรือไม่และผลของทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนโดยใช้ STEM มีความแตกต่างกันหรือไม่ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในอาเจะห์ จำนวน 120 คน ทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการศึกษานี้พบว่า การสอนแบบ STEM สามารถปรับปรุงการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนในโรงเรียนประถมศึกษาได้ โดยมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา โดยการทดสอบก่อนเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 6.61 หลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 7.61)

Fikroturrofiah Suwandi Putria et al. (2017, p1269-1280) ได้ศึกษาการพัฒนาการประเมินผลทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มเป็นฐาน ในวิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษา โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำเครื่องมือประเมินทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์แบบ STEM ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ความเป็นไปได้ การวิจัยเพื่อการพัฒนานี้อ้างถึงแบบจำลองที่พัฒนาโดย Borg & Gall และได้รับการแก้ไขโดยใช้เครื่องมือแบบจำลองการพัฒนา ที่พัฒนาโดย Oriondo & Antonio เป้าหมายการวิจัย ได้แก่ ครูฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 129 คนและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 331 คน

การรวบรวมข้อมูลดำเนินการโดยใช้แบบประเมินตนเอง (rubrics)แบบสังเกตใบงานของนักเรียน (LKPD) การให้คะแนนรายงานและเครื่องมือทดสอบทักษะการคิดวิเคราะห์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการประเมินสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นได้ตอบสนองความตรงตามเนื้อหาจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คนและผู้ปฏิบัติงาน 3 คน ความน่าเชื่อถือของรูบริกทั้งหมดในการประเมินประสิทธิภาพจัดอยู่ในประเภทที่สูงมาก การทดสอบทักษะการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย 72 รายการได้รับการประกาศว่าเหมาะสมโดยใช้ PCM และระดับความยากของรายการอยู่ระหว่าง -0.69 ถึง 1.14 ซึ่งถือว่าดี การทดสอบยังมีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงเท่ากับ 0.81 และจัดอยู่ในกลุ่มสูง และเหมาะสมสำหรับการวัดนักเรียนที่มีความสามารถอยู่ระหว่าง -1.60 ถึง 1.70 ในมาตราส่วน นอกจากนี้ครูและนักเรียนให้การตอบสนองเชิงบวกต่อการประยุกต์ใช้การประเมินที่พัฒนาขึ้น ดังนั้นการประเมินสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นของทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ตาม STEM จึงเป็นไปตามเกณฑ์ความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ในชั้นเรียนฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

Sahin. (2014) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมสะเต็มศึกษาต่อการจัดหลักสูตรสำหรับเด็กหลังเลิกเรียนและศึกษาผลที่ เกิดขึ้นกับผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในเขต ตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา งานวิจัยนี้มีเพื่อศึกษาการทำความเข้าใจในมุมมอง ของนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมสะเต็ม การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างและการจดบันทึกข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษามีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเรียนรู้เพิ่มเติมทักษะการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์การทำงานร่วมกันและการสืบเสาะหาความรู้ตลอดจนนำไปสู่การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่น่าสนใจ มีความเหมาะสมในการนำมาศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากเป็นวิธีที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้ในด้านเนื้อหา วิธีการ และกระบวนการ ไปสู่การปฏิบัติจริง เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ โดยอาศัยการวิเคราะห์ ไตร่ตรอง เลือกข้อมูล วิธีการหรือแนวทางที่เหมาะสมที่สุดที่นำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างมีวิจารญาณ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 2) เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. รูปแบบการวิจัย
3. บริบทในการทำวิจัย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่ง ในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 15 คน ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งถูกเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมา ขาดการบูรณาการความรู้ไปสู่การลงหรือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนขาดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis and Schmuck (อ้างอิงในสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 149-152) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan) เป็นขั้นตอนการสร้างและออกแบบการปฏิบัติว่าจะมีลักษณะใด โดยจะต้องมีความยืดหยุ่นมากพอในการปฏิบัติ เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถคาดเดาสิ่งที่จะเกิดขึ้นในห้องเรียนได้ ในการวางแผนผู้วัจัยจะต้องสำรวจปัญหาในการจัดการเรียนรู้ของตนที่จะทำให้การจัดการเรียนรู้ไม่ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ มีการวิเคราะห์ปัญหาและตั้งคำถามของการวิจัยเพื่อหาคำตอบ ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาของผู้วิจัยเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ (Act) เป็นการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยครูผู้วิจัยได้นำแผนหรือแนวคิดที่ตนคิดว่าสามารถแก้ปัญหาได้ ลงมือปฏิบัติการสอนจริงในห้องเรียน โดยขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกับขั้นตอนต่อไปนี้ คือ การสังเกต โดยครูจะต้องสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลหลักฐาน ที่เกิดขึ้นมาประเมินการปฏิบัติของตนเอง ซึ่งการปฏิบัติอาจไม่ได้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ก่อนหน้านี้ทั้งหมด เพราะสิ่งที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์ เวลา และสถานที่จริงอาจไม่เหมือนกับที่คาดการณ์ไว้

ขั้นที่ 3 สังเกต (Observe) เป็นการรายงานสิ่งที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการปฏิบัติในขั้นนี้ ครูผู้วิจัยต้องตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการสอนในขั้นที่ 2 ว่าวิธีการนั้นได้ผลหรือไม่ และครูมีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนวิธีนั้นหรือไม่ กล่าวคือ ครูจะต้องคิดหาข้อบกพร่องของการจัดการเรียนรู้ และหาสาเหตุ จากนั้นให้ดำเนินการแก้ไขอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นหรือสะท้อนผลว่า รู้สึกอย่างไร หรือได้เรียนรู้อะไรจากการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ของครูบ้าง โดยการสังเกตครอบคลุมไปถึงวิธีการอื่น ๆ ที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้การสังเกตจะทำให้ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลที่รวบรวมมาสะท้อนความคิดที่มีประสิทธิภาพ สิ่งที่จำเป็นต่อการสังเกตได้แก่ ความรอบคอบ การเปิดใจให้กว้าง เพื่อรับสิ่งใหม่ ๆ ที่จะเกิดขึ้น

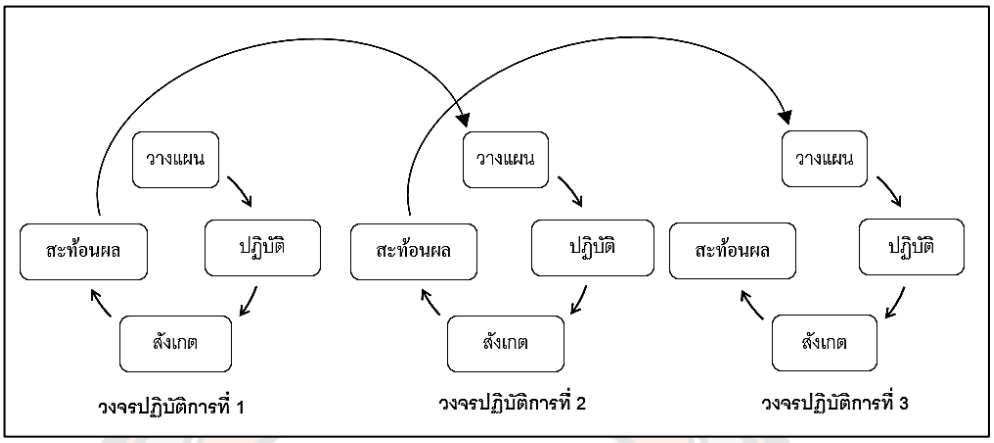
ขั้นที่ 4 สะท้อนผล (Reflect) เป็นการย้อนคิดถึงการปฏิบัติของตนโดยมีเป้าหมายเพื่อทำความเข้าใจกับกระบวนการปัญหา และประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ศึกษา รวมทั้งเป็นการเสนอแนวทางสำหรับการปฏิบัติต่อไป เพื่อให้เกิดความเข้าใจว่าสิ่งใดช่วยสนับสนุนหรือเป็นอุปสรรคต่อการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย มีการปรับปรุงและพัฒนาในการสอนครั้งต่อไป การสะท้อนความคิดนั้นจะเกิดขึ้นเมื่อมีการบันทึกหลังสอนและมีการอภิปรายร่วมกันระหว่างกลุ่มผู้วิจัยด้วยกันเองเพื่อนำไปเป็นพื้นฐานในการปรับปรุง

ซึ่งเมื่อได้รับข้อสรุปแล้วจึงเริ่มดำเนินการในขั้นวางแผนของวงจรต่อไป โดยดำเนินการในลักษณะเป็นวงจรที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งในงานวิจัย เรื่อง วิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยมีลักษณะเป็นการปฏิบัติซ้ำเป็นวงจรทั้งหมด 3 วงจร แบ่งได้ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง คาน

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง รอก ล้อและเพลา

วงจรปฏิบัติการที่ 3 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นเอียง โดยลักษณะวงจรที่ 3 แสดงดังภาพ 5



ภาพ 5 แสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

บริบทในการทำวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ณ โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร โดยมีนักเรียนทั้งหมด 176 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 15 คน

ห้องเรียนที่ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตั้งอยู่ในอาคารเรียนหลังที่ 2 ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีพัดลมจำนวน 4 ตัว หน้าต่าง 16 บาน มีตู้เก็บสื่อและเครื่องมือปฏิบัติการอยู่บริเวณด้านหลังห้องเรียนจำนวน 4 ตู้ มีอ่างล้างมือจำนวน 2 อ่าง มีโต๊ะเรียนซึ่งแบ่งเป็นกลุ่ม จำนวน 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4-5คน ด้านหน้าของห้องเรียน มีกระดานไวท์บอร์ดตั้งอยู่บริเวณด้านหน้าชั้นเรียน มีโทรทัศน์สมาร์ททีวีขนาด 55 นิ้ว จำนวน 1 เครื่อง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ มี 5 เครื่องมือ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
3. แบบประเมินใบกิจกรรม
4. แบบประเมินชิ้นงาน

5. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด และหลักการ การจัดเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนกลุ่มเป้าหมาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รวมถึงวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ กับรายละเอียดของเนื้อหา เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย แล้วจัดแบ่งเวลาที่ดำเนินการสอนให้เหมาะสม

1.3 ศึกษาหลักการและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้คิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จนได้องค์ความรู้พื้นฐานในการนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของ The National Research Council (NCR) จำนวน 6 ขั้นตอน มาประยุกต์ใช้ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

โดยแต่ละแผนการเรียนรู้ มีองค์ประกอบ ดังนี้ 1) มาตรฐานการเรียนรู้ สาระสำคัญ 2) จุดประสงค์การเรียนรู้ 3) ภาระงาน / ชิ้นงาน 4) กิจกรรมการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5) สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ 6) การวัดการประเมินผลการเรียนรู้ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 4 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	**เนื้อหาบูรณาการสะเต็มศึกษา**	**สถานการณ์**	**จำนวนชั่วโมง**
แผนที่ 1	S = คาน T = การสืบค้นข้อมูล การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์	สถานการณ์ พบวัตถุต้องสงสัยถูกนำไปทิ้งที่กองขยะ มีลักษณะเป็นแท่งโลหะสีเงิน จากการสัณนิษฐานของเจ้าหน้าที่	4

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหาบูรณาการสะเต็มศึกษา	สถานการณ์	จำนวนชั่วโมง
	เหมาะสม E = กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม M = การวัด การคำนวณการกำหนดอัตราส่วน และร้อยละ	เบื้องต้น อาจเป็นวัตถุวัตถุอันตรายมีฤทธิ์กัดกร่อนสูง <u>ชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ</u> การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ยกและเคลื่อนย้ายวัตถุอันตราย	
แผนที่ 2	S = รอก ล้อและเพลา T = การสืบค้นข้อมูล การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์เหมาะสม E = กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม M = การวัด การคำนวณการกำหนดอัตราส่วน และร้อยละ	สถานการณ์ ผู้รับเหมารายหนึ่งรับเหมาปูพื้นกระเบื้องอาคารที่บริเวณชั้น 5 ทางผู้รับเหมาต้องขนอุปกรณ์ทั้งหมดขึ้นไปทำงานที่ชั้น 5 เนื่องจากมีคนงานน้อย จึงต้องอาศัยเครื่องมือที่จะช่วยขนอุปกรณ์ทั้งหมดไปยังชั้น 5 <u>ชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ</u> การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ส่งวัสดุและอุปกรณ์ขึ้นชั้น 5	4
แผนที่ 3	S = พื้นเอียง T = การสืบค้นข้อมูล การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์เหมาะสม E = กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม M = การวัด การคำนวณการกำหนดอัตราส่วน และร้อยละ	สถานการณ์ มีรถขนส่งพัสดุของบริษัทแห่งหนึ่ง ตกลงไปในเหวลึกที่มีความลาดเอียงของ ทางบริษัทขนส่งต้องรีบขนย้ายพัสดุขึ้นมาส่งลูกค้าอย่างเร่งด่วน <u>ชิ้นงานที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ</u> การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ขนย้ายพัสดุจากเหวขึ้นมายังด้านบน	4

1.4 ส่งแผนการจัดการเรียนรู้ใช้ผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ อาจารย์ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ครูผู้มีประสบการณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่า 10 ปี จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจพิจารณาความเหมาะสมของวิธีสอน กิจกรรมที่ใช้ ลำดับขั้นตอน การจัดเวลา สื่อที่ใช้ คำถามที่ใช้ ใบกิจกรรม ความเหมาะสมของกิจกรรมการทดลอง และข้อควรระวังในการทดลอง

โดยผู้เชี่ยวชาญพิจารณาลงความเห็นตามเกณฑ์ที่กำหนดให้ ซึ่งปรับปรุงจากแบบประเมินผลการวิจัยและเกณฑ์การประเมินผลของ บุญชม ศรีสะอ้าน (2554, น. 121) ตามเกณฑ์ประเมินความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

3 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

1.5 นำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ คำนวณหาค่าเฉลี่ยร้อยละ

1.6 พิจารณาค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านจากผลการประเมินแล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ (บุญชม ศรีสะอ้าน ,2554, น. 121) ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์การตัดสินผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจะถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมได้จะต้องมีค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.51 คะแนน ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 2 และ 3 มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.22 4.37 และ 4.31 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ดังนี้ 1) ปรับตัวชี้วัดให้ครอบคลุมนิยามการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ 2) ปรับรูปแบบคำถามให้มีความชัดเจนขึ้น 3)ปรับรายละเอียดในการนำเสนอชิ้นงานของนักเรียนจาก 8 ประเด็นให้เหลือ 4 ประเด็น ทั้งนี้ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 แผน แสดงในภาคผนวก ข

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

โดยในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ได้ดังนี้

1. ระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม โดยวิเคราะห์เข้าใจปัญหา เรียงลำดับปัญหา บอกสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์

2. รวบรวม/จัดการข้อมูล โดยวิเคราะห์ จำแนก จัดระบบข้อมูลที่เกี่ยวกับประเด็นปัญหา แล้วพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล ตัดสินใจเลือกข้อมูล

3. วางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ เป็นการหาแนวทางแก้ปัญหา วิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสม เป็นไปได้ และตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ

4. ดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ตามวิธีการที่ตัดสินใจและรวบรวมข้อมูลเพื่อสรุปการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ

5. ประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ตรวจสอบผลโดยใช้เหตุผลชั่งน้ำหนัก ผลดี ผลเสีย ตีความหมาย อ้างอิง อธิบายความสัมพันธ์และนำผลการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียง

โดยมีรายละเอียดการพัฒนาในองค์ประกอบย่อย ๆ จำแนกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

ที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	**ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ**
1.ระบุปัญหา	1. การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม - การระบุปัญหาจากสถานการณ์ - วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนด
2.รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	2. การรวบรวม/จัดการข้อมูล - วิเคราะห์รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ
	- การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล และตัดสินใจเลือกข้อมูล
3.ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	3. การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ - การหาแนวทางการแก้ปัญหา - การวิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมเป็นไปได้ - การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา
4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	4. การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ - การดำเนินการแก้ปัญหาตามรูปแบบที่ตัดสินใจเลือก - สรุปผลการแก้ปัญหา
5.ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	5. การประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ - ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา - ระบุข้อดี ข้อเสีย ของผลการแก้ปัญหา - บอกข้อเสนอแนะในการปรับปรุงการแก้ปัญหา
6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	

ซึ่งจะเห็นว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณได้ครบทุกองค์ประกอบและครบถ้วนทุกองค์ประกอบย่อย

2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

เป็นแบบบันทึกสำหรับผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย ใช้สะท้อนผลการดำเนินการและประสบการณ์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน เพื่อที่ผู้วิจัยจะได้นำมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด เขียนตอบอิสระเกี่ยวกับ ความคิดเห็นและความรู้สึก สภาพปัญหา ข้อดี ข้อด้อย สิ่งที่อยากให้คงไว้และสิ่งที่ควรแก้ไขของการจัดการเรียนรู้ โดยจะมีอยู่ทั้งหมด 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง

คือ การอธิบายความคิดเห็นและความรู้สึกต่อการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม ส่วนที่สอง คือ การบันทึกความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ ในแต่ละขั้น จะมี 3 ข้อ คือ ปัญหา ข้อดีข้อเสียและข้อเสนอแนะของข้อนั้น ๆ และส่วนที่สาม คือ สรุปปัญหาหรือข้อเสนอแนะให้แก่ผู้วิจัย โดยผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย ทำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ทั้งสามส่วน มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. กำหนดกรอบและประเด็นสำคัญให้ครูผู้มีประสบการณ์ทางการสอนมากกว่า 10 ปี ผู้วิจัย และนักเรียน เขียนแสดงความเห็นและความรู้สึกของตนเองที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดไว้ในแต่ละแผน

2. สร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามขอบข่ายของแต่ละลำดับขั้นตอนของรูปแบบการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3. นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้อง เหมาะสม

4. ปรับปรุง แก้ไข แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5. นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ต่อไป

3. ใบกิจกรรม มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อสะท้อนถึงความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ จากนั้นทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหา

2. สร้างใบกิจกรรมนักเรียน โดยมีขอบข่ายดังนี้

2.1 ส่วนนำเข้าสู่บทเรียน สถานการณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้สถานการณ์ทั้งหมด 3 สถานการณ์ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ คาน รอก ล้อและเพลา และพื้นเอียง

2.2 ส่วนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ จะเป็นข้อคำถามเพื่อนำไปสู่การลงมือปฏิบัติในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ตามสถานการณ์ที่ออกแบบไว้

2.3 ส่วนสรุป เป็นชิ้นงานที่นักเรียนทำขึ้นโดยใช้ข้อมูลจากใบกิจกรรมที่นักเรียนได้เรียนรู้ และนำข้อมูลเหล่านั้นทำออกมาในรูปของแผ่นป้ายนิเทศ และนำเสนอหน้าชั้นเรียน

3. นำใบกิจกรรมของนักเรียนให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณา เพื่อรับข้อเสนอแนะ

4. ทำการแก้ไขและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

5. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบใบกิจกรรม โดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องของใบกิจกรรม (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย อาจารย์ด้าน

วิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ครูผู้มีประสบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่า 10 ปี จำนวน 2 ท่าน

โดยตรวจสอบความสอดคล้องของใบกิจกรรม ซึ่งมีเกณฑ์การให้ผลคะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

-1 หมายถึง ข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

ซึ่งค่าความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.5 ถือว่าข้อคำถามในใบกิจกรรมนั้นสามารถนำไปใช้วัดการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณได้ (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2552)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อคำถามในใบกิจกรรมมีความครอบคลุมนิยามความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีค่าความสอดคล้องในใบกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 0.78 0.83 และ 0.78 ตามลำดับ และมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญที่ผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขแล้ว ดังนี้ 1) ปรับข้อคำถามในใบกิจกรรมให้ชัดเจนขึ้น 2) เพิ่มเกณฑ์การประเมินการให้คะแนนโดยระบุแนวคำตอบให้ชัดเจนขึ้น ทั้งนี้ผลการประเมินความสอดคล้องของใบกิจกรรมจากผู้เชี่ยวชาญแสดงดังภาคผนวก ค

6. นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ไปแก้ไข ปรับปรุงใบกิจกรรมให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา

7. นำใบกิจกรรมของนักเรียนที่ได้รับการตรวจสอบและพิจารณาความเหมาะสมแล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำไปใช้ต่อไป

4. แบบประเมินชิ้นงาน

มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบการเรียนรู้ในชั่วโมงนั้น ๆ ของนักเรียนว่ามีความถูกต้องตรงตามที่ผู้เรียนได้วางแผนไว้หรือไม่ และมีการแสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณหรือไม่ โดยที่นักเรียนจะทำชิ้นงานออกมาในรูปของงานกลุ่ม ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชิ้นงานของนักเรียนว่าจำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์อะไรบ้าง

2. ศึกษาเนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

3. ศึกษาตัวบ่งชี้ของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

4. กำหนดขอบข่ายการประเมินและทดสอบชิ้นงานของนักเรียน

5. ทดลองออกแบบชิ้นงานตามขอบข่ายที่แต่ละสถานการณ์กำหนดไว้

6. นำชิ้นงานที่ออกแบบเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญเพื่อรับข้อเสนอแนะและปรับปรุงแนวทางในการกำหนดขอบข่ายชิ้นงาน

7. จัดทำสถานการณ์ที่กำหนดขอบข่ายของชิ้นงานของนักเรียนลงในใบกิจกรรมฉบับสมบูรณ์

5. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

ในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นโดยใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการสร้างแบบทดสอบผู้วิจัยใช้สถานการณ์ปัญหาที่มีเนื้อหาเรื่องเครื่องกลอย่างง่าย โดยดำเนินการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับการวัดและประเมินผล วิธีสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

2. ศึกษาและสร้างนิยามปฏิบัติการเพื่อกำหนดกรอบพฤติกรรมการเรียนรู้ของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อให้แบบทดสอบที่สร้างครอบคลุมเนื้อหา และสามารถวัดได้ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม โดยวิเคราะห์เข้าใจปัญหา เรียงลำดับปัญหา บอกสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากข้อเท็จจริงตามสถานการณ์

องค์ประกอบที่ 2 การรวบรวม/จัดการข้อมูล โดยวิเคราะห์ จำแนก จัดระบบข้อมูลที่เกี่ยวกับประเด็นปัญหา แล้วพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล ตัดสินใจเลือกข้อมูล

องค์ประกอบที่ 3 การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ เป็นการหาแนวทางแก้ปัญหา วิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสม เป็นไปได้ และตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ

องค์ประกอบที่ 4 การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ตามวิธีการที่ตัดสินใจและรวบรวมข้อมูล เพื่อสรุปการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ

องค์ประกอบที่ 5 ประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ตรวจสอบผลโดยใช้เหตุผลชั่งน้ำหนัก ผลดี ผลเสีย ตีความหมาย อ้างอิง อธิบายความสัมพันธ์และนำผลการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียง

3. สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ เป็นแบบทดสอบชนิดเขียนตอบ โดยมีลักษณะเป็นสถานการณ์ 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อสอบ 4 ข้อ ข้อสอบทั้งหมดรวม 12 ข้อ ประเมินโดยใช้เกณฑ์รูบริคส์ มีลักษณะประมาณค่า 4 ระดับ ที่ 0-3 ดังนี้

มาก	ให้คะแนนเป็น	3	คะแนน
ปานกลาง	ให้คะแนนเป็น	2	คะแนน
น้อย	ให้คะแนนเป็น	1	คะแนน
ไม่มี/ไม่ปรากฏ	ให้คะแนนเป็น	0	คะแนน

4. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ โดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องของแบบทดสอบ (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย อาจารย์ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ครูผู้มีประสบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่า 10 ปี จำนวน 2 ท่าน

โดยตรวจสอบความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีเกณฑ์การให้ผลคะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง แบบทดสอบมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

-1 หมายถึง แบบทดสอบไม่มีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

ซึ่งค่าความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.5 ถือว่าข้อคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ นั้นสามารถนำไปใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณได้ (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2552)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ครอบคลุมนิยามความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีค่าเฉลี่ยความสอดคล้อง เท่ากับ 0.78 และมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญที่ผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขแล้ว ดังนี้ 1) ปรับสถานการณ์ให้มีความใกล้เคียงกับบริบทของนักเรียน 2) เพิ่มเกณฑ์การประเมินให้มีการระบุแนวคำตอบที่ชัดเจน ทั้งนี้ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญารจากผู้เชี่ยวชาญแสดงดังภาคผนวก ง

5. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านให้มีความสมบูรณ์

6. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้ร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ของโรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 15 คน โดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน รวมเวลา 12 ชั่วโมง โดยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลตามรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนของ Kemmis and Schmuck

(อ้างถึงใน จรูญพงษ์ ชลสินธุ์, 2561, 32-46) จำนวน 3 วงจร ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ดังนี้

1. ขั้นวางแผน ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการจัดการเรียนรูปตามแนวสะเต็มศึกษา และความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ศึกษาปัญหาในชั้นเรียนจากการสอน การสังเกตพฤติกรรม และแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ตลอดจนวิเคราะห์หลักสูตร มาตรฐานและผลการเรียนรู้ในเรื่องเครื่องกลอย่างง่าย จากนั้นวางแผนและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและสร้างเครื่องมือในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบประเมินชิ้นงาน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

2. ขั้นปฏิบัติ ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามที่ได้วางแผน โดยจัดการเรียนรู้วงจรละ 1 แผน ใช้เวลาจำนวน 4 ชั่วโมง และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยหลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน ผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้และผู้วิจัย จะบันทึกแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้คนละ 1 ชุด แต่ละคนจะบันทึกความเห็นที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน รวมทั้งความเหมาะสมของกิจกรรมและเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ จากการสังเกตพฤติกรรมการดำเนินการจัดการเรียนรู้ ด้วยการเขียนอธิบายและบรรยายสิ่งที่เกิดขึ้น

3. ขั้นสังเกต ผู้วิจัยสังเกตผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติของผู้เรียนที่เกิดจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน รวมไปถึงข้อมูลจากใบบันทึกกิจกรรม ชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาของนักเรียนต่อไป นอกจากนี้ผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้ทำการสังเกตการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้น

4. ขั้นสะท้อนผล ผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้และผู้วิจัยทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยแหล่งข้อมูลมาจากการสังเกตและการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และชิ้นงานของนักเรียน ให้ได้เป็นข้อค้นพบหรือแนวทางในการปฏิบัติเพื่อนำไปใช้ปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้นั้นมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพซึ่งผู้วิจัยทำการตรวจสอบข้อมูลและวิเคราะห์ตามจุดมุ่งหมายของการวิจัยโดยสามารถจำแนกตามเครื่องมือที่ใช้ตอบคำถามวิจัยในแต่ละข้อ ดังนี้

คำถามข้อที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรเป็นอย่างไร

เพื่อปรับปรุงและพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แหล่งที่มาของข้อมูล ได้แก่ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ซึ่งได้จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีดังนี้

1.1 อ่านสิ่งที่ผู้วิจัยได้บันทึกลงไปในแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ซึ่งประกอบด้วยประเด็นต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น

1.2 ให้ครูวิชาการโรงเรียน ร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ผู้วิจัยได้บันทึกไว้

1.3 สร้างบทสรุปและเขียนสรุปจากข้อสรุปชั่วคราวที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้โดยให้มีความเชื่อมโยงเป็นความเรียง โดยสรุปเป็น 4 ส่วน คือ ประเด็นการจัดการเรียนรู้ ปัญหาอุปสรรค ข้อดีข้อเสีย และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1.4 นำมาสรุปภาพรวมของการจัดการเรียนรู้ที่ได้ผลจากการสะท้อนการจัดการเรียนรู้ว่ามีภาพรวมอย่างไร บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ มีข้อบกพร่องอย่างไร เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อปรับปรุงและพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในวงรอบต่อไป

1.5 ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการตรวจสอบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Resource Triangulation) แหล่งข้อมูลที่ได้มาจาก ผู้วิจัยและครูประจำการจัดการเรียนรู้โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลการดำเนินการว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

คำถามข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้หรือไม่ อย่างไร

วิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน แหล่งที่มาของข้อมูล ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ใบกิจกรรมและชิ้นงานของนักเรียน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตีความและสรุปข้อมูลให้ทราบถึงการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียนและผลจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณที่ได้หลังการจัดการเรียนรู้ จากนั้นใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ แล้วจัดระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ทำการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการสามเส้า(Method triangulation) ซึ่งเกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณเป็นช่วงคะแนนร้อยละที่ได้

ซึ่งประยุกต์จากเกณฑ์ของบลูม (Bloom, 1971) โดยแบ่งเกณฑ์คุณภาพออกเป็น 3 ระดับ แสดงดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงคะแนนร้อยละและระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

คะแนนร้อยละ	**ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ**
80 - 100	ระดับมาก
60 - 79	ระดับปานกลาง
0 - 59	ระดับน้อย

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน และจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เวลาแผนละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูล นำมาวิเคราะห์และเสนอผลการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตามคำถามวิจัย ได้แก่ ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรเป็นอย่างไร ตอนที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้หรือไม่ อย่างไร

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรเป็นอย่างไร

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิจัยตามการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยแบ่งเนื้อหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ออกเป็นเนื้อหาย่อย 3 เรื่อง 3 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่ วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง คาน วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง รอก ล้อและเพลา และวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง พื้นเอียง

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง คาน

จากคำถามวิจัยข้อที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรเป็นอย่างไร

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมด้วยการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการ

สอนซึ่งเป็นผู้ที่มีประสบการสอนในโรงเรียน ผลการศึกษาสามารถจำแนกตามขั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

1.1 ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพปัญหาการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชั้นเรียนของโรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร จากการสังเกตจากการจัดการเรียนรู้และสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน แล้วรวบรวมปัญหาที่สังเกตได้มาวิเคราะห์ถึงแนวทางในการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงที่จะนำมาใช้ในห้องเรียน จากนั้นได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แล้วออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง คาน จัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนในวันที่ 3,5 และ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 จำนวน 4 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาเรียนตามปกติของนักเรียน ผู้วิจัยทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้และทำการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้

1.2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมด้วยการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย ซึ่งเป็นครูที่มีประสบการสอนในโรงเรียน ผลการศึกษาสามารถจำแนกตามขั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้ โดยนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้การทดลอง เกี่ยวกับการคีบจับวัตถุโดยใช้คีมคีบและใช้วีดิทัศน์เรื่อง การเก็บโคบอลต์-60 ที่มีการลักลอบทิ้งที่กองขยะ เพื่อเป็นการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน จากนั้น ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาสถานการณ์จากในใบกิจกรรมที่ 1 เป็นสถานการณ์เกี่ยวกับการคีบจับและเคลื่อนย้ายวัตถุที่พบในบริเวณริมถนน มีลักษณะเป็นแท่งโลหะสีเงินมันวาว มีกลิ่นฉุนและพบหญ้าแห้งตายบริเวณโดยรอบ หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถามในใบกิจกรรม โดยวิเคราะห์ปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ในระหว่างดำเนินการพบว่า นักเรียนมีความสับสนในการระบุปัญหา และเกิดคำถามว่าปัญหาของสถานการณ์เป็นอย่างไร เงื่อนไขที่สถานการณ์ที่บอกมาจัดเป็นปัญหาด้วยหรือไม่ โดยส่วนใหญ่ยังระบุปัญหาไม่ค่อยสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยมีผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนบันทึกไว้ว่า

...นักเรียนมีการถามคำถามกับครูเกี่ยวกับการระบุสถานการณ์ปัญหาว่าจะระบุอย่างไร และมีนักเรียนสงสัยเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้จัดว่าเป็นปัญหาหรือไม่...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2564)

จากการสังเกตในระหว่างการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง คาน โดยผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน พบว่า ครูใช้เวลาในการกระตุ้นความสนใจในช่วงแรกมากเกินไป และผู้วิจัยอธิบายใบงานที่ 1 สั้นเกินไปทำให้นักเรียนหลายคนยังไม่เข้าใจในคำถามในใบกิจกรรม ส่งผลให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ค่อยสอดคล้องกับสถานการณ์ อีกทั้งยังเขียนตอบแบบสั้น อธิบายเพิ่มเติมน้อยเกินไป เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่มีความแปลกใหม่และนักเรียนยังไม่คุ้นเคย

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ ให้นักเรียนทำการรวบรวมข้อมูลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาและเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด โดยนักเรียนจะต้องสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตโดยใช้โน๊ตบุ๊ค แท็บเลต หรือโทรศัพท์ที่ผู้วิจัยจัดเตรียมไว้ และเขียนความรู้ที่ได้จากการสืบค้นในด้านความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีหรือเครื่องมือที่จะใช้แก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด ลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 2 จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนอภิปรายร่วมกันถึงความรู้ที่ได้จากการสืบค้น และทำการทดลองศึกษาการออกแรงในตำแหน่งต่าง ๆ ของคานอันดับ ซึ่งรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมที่มุ่งให้นักเรียนสามารถสืบค้นความรู้จากอินเทอร์เน็ตที่มีข้อมูลอยู่มากมาย ทำให้นักเรียนได้ข้อมูลที่มีความหลากหลาย

จากแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนสังเกตเห็นว่า นักเรียนบางกลุ่มสืบค้นข้อมูลอย่างกว้าง ไม่ค่อยสอดคล้องกับปัญหาหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ เน้นการสืบค้นข้อมูลในเชิงวิทยาศาสตร์เท่านั้น ส่วนความรู้ในด้านคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม สืบค้นข้อมูลมาน้อย ขาดการเลือกใช้ข้อมูลที่มีความเหมาะสม อีกทั้งในขั้นตอนที่ให้นักเรียนทดลองในเรื่องคาน มีบางกลุ่มที่สืบค้นข้อมูลช้า ทำให้ทดลองไม่ทันเวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงควรปรับในเรื่องของเวลาให้มีความกระชับและกำหนดกรอบการสืบค้นข้อมูลให้แคบลงเพื่อให้นักเรียนมีแนวทางในการสืบค้นข้อมูล

... การรวบรวมข้อมูลของนักเรียนมีเนื้อหาที่กว้าง ขาดการเจาะลึกในประเด็นที่สำคัญ ขาดการเลือกใช้ข้อมูลที่เหมาะสมและการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 3 กุมภาพันธ์ 2564)

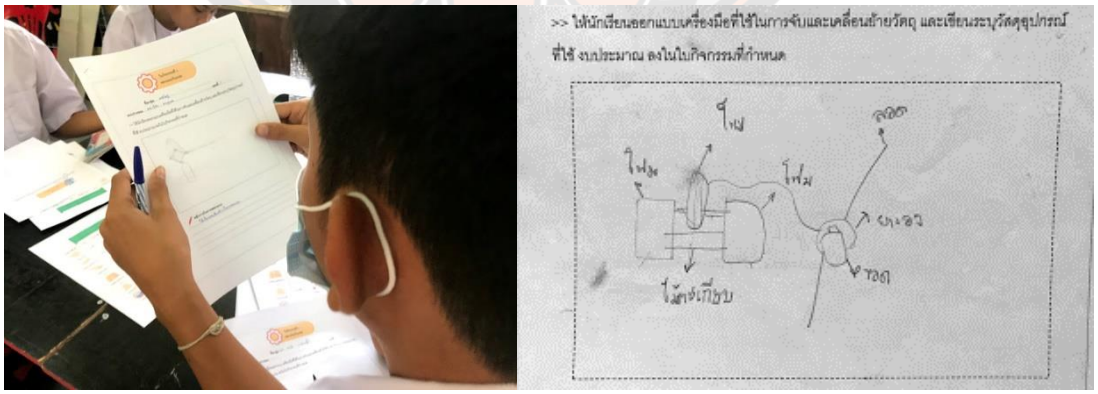
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้วางแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ให้นักเรียนได้ออกแบบ เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดไว้ โดยนำความรู้ที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่แล้วมาออกแบบเครื่องมือที่จะขนย้ายวัตถุให้เคลื่อนที่จากจุดที่กำหนดไปยังอีกพื้นที่หนึ่งได้ โดยทำการออกแบบเครื่องมือลงในใบกิจกรรมที่ 2 พร้อมทั้งระบุวัสดุที่จะใช้ จำนวนเงินที่ใช้ ครูจะรับบทบาทเป็นเจ้าของกิจการร้านขายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน นักเรียนแต่ละคนจะได้งบประมาณ 500 บาทในการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เหมะสมในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละคนออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยครูมีหน้าที่กระตุ้นและคอยแนะนำนักเรียนให้สามารถออกแบบได้ตามข้อมูลที่ได้สืบค้นหรือที่คิดไว้ มีระยะเวลากำหนดให้ 30 นาที สำหรับการทำกิจกรรมนี้

จากการสังเกตของผู้วิจัยกับผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ พบว่า รูปแบบในการออกแบบของนักเรียนบางคนไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้สืบค้นและเลือกไว้ หรือไม่ได้นำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นเข้ามาใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาตามเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนด ลักษณะรูปแบบชิ้นงานที่ออกแบบส่วนใหญ่จะเป็นรูปแบบที่นักเรียนเคยพบเห็นในชีวิตประจำวัน ดังนั้น ผู้วิจัยควรจะอธิบายขั้นตอนการออกแบบให้ชัดเจน โดยกำชับให้นักเรียนนำความรู้ที่สืบค้นได้เข้ามาร่วมในการออกแบบชิ้นงาน หรือเพิ่มตัวอย่างเครื่องมือที่มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

...นักเรียนบางส่วนออกแบบไม่ตรงกับความรู้ที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2564)



ภาพ 6 นักเรียนออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการยกและเคลื่อนย้ายวัตถุในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้วางแผนการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและเลือกแบบร่างชิ้นงานของสมาชิกในกลุ่ม ว่าการออกแบบของนักเรียนคนใดมีความเหมาะสมและเป็นไปได้ในการนำไปสร้างชิ้นงานมากที่สุด พร้อมทั้งระบุเหตุผลที่ใช้ในการเลือกแบบร่างชิ้นงานนั้น จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างชิ้นงานตามแบบร่างที่เลือกไว้ โดยการส่งตัวแทนไปซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่ครูตามรายการที่เลือก ในระหว่างนักเรียนสร้างชิ้นงานครูคอยเดินสำรวจเพื่อสอบถามกระตุ้น หรือชี้แนะแนวทางในการสร้างชิ้นงาน ระยะเวลาที่ใช้ในขั้นนี้ 70 นาที

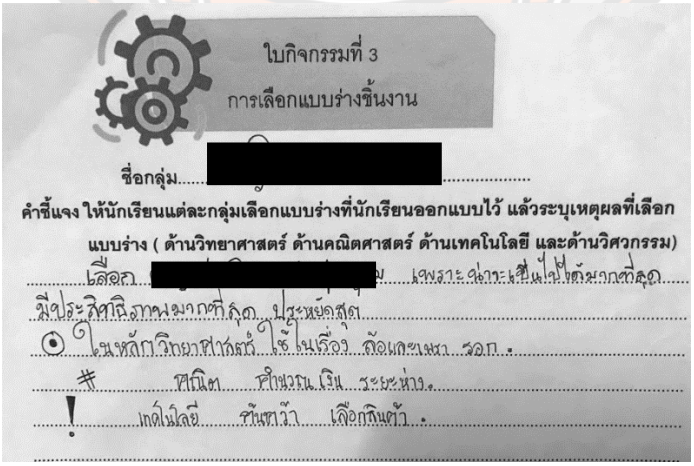
จากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนพบว่า ในขั้นตอนการเลือกแบบร่างชิ้นงานนักเรียนยังขาดการอภิปรายระบุเหตุผลที่เลือกได้ไม่ชัดเจน ขาดหลักการที่กล่าวถึงความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

...นักเรียนขาดการอภิปรายระบุเหตุผลที่เลือกแบบร่างชิ้นงานได้ไม่ชัดเจนใช้เวลาในการเลือกแบบร่างชิ้นงานเป็นเวลานาน...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

...นักเรียนขาดการอภิปรายระบุเหตุผลที่เลือกแบบร่างชิ้นงานและระบุเหตุผลในการเลือกแบบร่างชิ้นงานได้ไม่ชัดเจน...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2564)



ภาพ 7 การตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมการเลือกแบบร่างชิ้นงานในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ส่วนในขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน นักเรียนบางกลุ่มชิ้นงานไม่ตรงตามรูปแบบหรือหลักการที่ได้เขียนไว้ในตอนต้น ขาดความแข็งแรง และระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน ก็ใช้เวลามาก เนื่องจากนักเรียนยังไม่คุ้นเคยในรูปแบบกิจกรรม

...นักเรียนบางกลุ่มเมื่อเลือกแบบร่างชิ้นงานแล้ว อยากนำชิ้นงานไปปรับปรุงก่อนเล็กน้อย เนื่องมาจากเมื่อเข้าสู่กระบวนการกลุ่มนักเรียนจะสามารถช่วยกันระดมความคิดในการออกแบบได้...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

...ขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานก็ใช้เวลานาน เนื่องมาจากเป็นการเรียนรู้แบบสะเต็มเป็นครั้งแรกทำให้ยังไม่คุ้นชินกับรูปแบบกิจกรรม ครูจึงควรควบคุมและกำหนดเวลาให้ดี ...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2564)

ภาพ 8 ตัวอย่างชิ้นงานที่นักเรียนสร้างในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

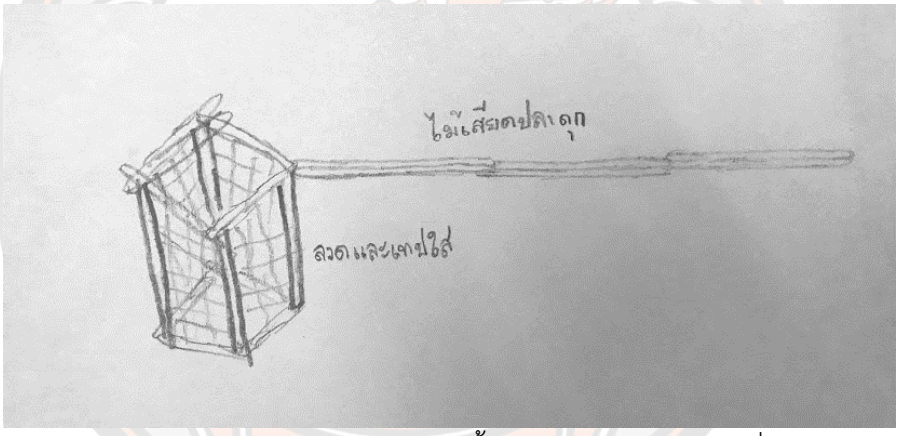
ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ว่า ให้นักเรียนนำชิ้นงานที่ได้มาทำการทดสอบประสิทธิภาพว่าสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดได้หรือไม่ โดยนักเรียนจะทำการบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรมที่ 4 จากนั้นหาวิธีการปรับปรุงชิ้นงานให้บรรลุวัตถุประสงค์หรือมีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่าเดิม แล้วบันทึกวิธีการปรับปรุงชิ้นงานพร้อมทั้งผลการปรับปรุงลงในใบกิจกรรมที่ 4 โดยครูจะคอยสังเกตการทดสอบของนักเรียนและคอยกระตุ้นให้นักเรียนนำปัญหาที่พบมาวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหานั้น แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรม หลังจากทดสอบ

แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการประเมินชิ้นงานของกลุ่มตนเองลงในใบกิจกรรมที่ 5 พร้อมทั้งบอกข้อดี ข้อเสียและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงชิ้นงาน

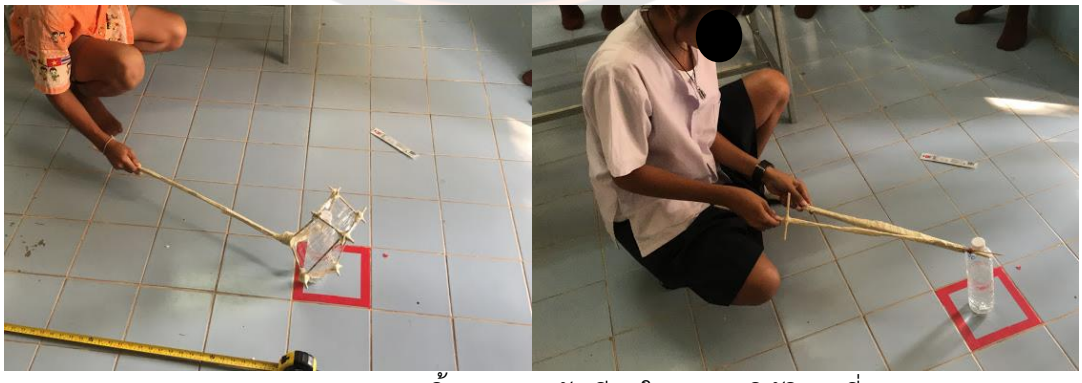
จากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนพบว่า ในขั้นตอนการปรับปรุงชิ้นงานนักเรียนใช้ลักษณะลองผิดลองถูก ไม่ดำเนินการตามขั้นตอนที่ควรจะเป็น คือทดสอบไปด้วยปรับปรุงชิ้นงานไปด้วย ทำให้รูปแบบของชิ้นงานมีความแตกต่างจากแบบที่เลือกไว้ อีกทั้งในช่วงที่ปรับปรุงชิ้นงานนักเรียนยังบันทึกรายละเอียดในการปรับปรุงชิ้นงานในใบกิจกรรมไม่มากนักขาดการบอกรายละเอียดหรือเหตุผลในการปรับปรุงชิ้นงาน

...นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกการปรับปรุงชิ้นงานยังไม่ดีนัก ขาดการอธิบายเหตุผลในการปรับปรุงชิ้นงาน และใช้วิธีการลองผิดลองถูกในการปรับปรุงชิ้นงาน ...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 5 กุมภาพันธ์ 2564)



ภาพ 9 บันทึกการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานในวงจรปฏิบัติการที่ 1



ภาพ 10 การทดสอบชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ว่า ให้นักเรียนได้นำข้อมูลที่ทำการบันทึกเกี่ยวกับการดำเนินกิจกรรมในครั้งนี้ลงในใบกิจกรรมมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อนำเสนอในประเด็นดังนี้ 1) ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข 2) ผลการทดสอบชิ้นงาน 3) ข้อดี ข้อเสีย ของชิ้นงาน 4) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการปรับปรุงชิ้นงานในอนาคต จากนั้นให้แต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมที่ 5 เพื่อประเมินชิ้นงานของตนเอง แล้วละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอที่หน้าชั้นเรียน และพูดคุยอภิปรายร่วมกันในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนออกแบบโปสเตอร์การนำเสนอลงในกระดาษบรูฟตามหัวข้อที่กำหนดให้ แล้วออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่ม โดยมีเวลาให้นำเสนอและอภิปรายร่วมกัน 5 นาที สุดท้ายเมื่อจบครบทุกกลุ่มแล้วจะมีการอภิปรายร่วมกันถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์

จากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มยังอธิบายไม่ตรงตามประเด็นในหัวข้อที่กำหนด เหตุผลในการนำเสนอยังไม่ดีเท่าที่ควร ส่วนใหญ่ขาดการอธิบายโดยใช้หลักการและเหตุผล ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา รวมทั้งใช้เวลาในการทำโปสเตอร์เพื่อนำเสนอก็ใช้เวลานานกว่าที่ครูกำหนด

...นักเรียนใช้เวลานานในการออกแบบโปสเตอร์เพื่อนำเสนอ...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

...นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลยังไม่ชัดเจน ขาดหลักการตอบในเชิงการนำความรู้ในด้านสะเต็มเข้ามาเกี่ยวข้อง...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 8 กุมภาพันธ์ 2564)

ภาพ 11 การนำเสนอชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1

1.3 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากการสะท้อนผลการวิจัยโดยผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทำให้เราทราบข้อดีและข้อที่ควรปรับปรุงของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงการสะท้อนผลการปฏิบัติการวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	นักเรียนระบุปัญหาไม่ค่อยสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ มีความสับสนในการระบุปัญหา และเกิดคำถามว่าปัญหาของสถานการณ์เป็นอย่างไร เงื่อนไขที่สถานการณ์ที่บอกมาจัดเป็นปัญหาด้วยหรือไม่	ควรอธิบายให้ชัดเจนและยกตัวอย่างการระบุปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้สถานการณ์สมมติ
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	นักเรียนสืบค้นข้อมูลอย่างกว้างไม่ค่อยสอดคล้องกับปัญหาหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ ขาดการเลือกใช้ข้อมูลที่เหมาะสม เน้นการสืบค้นข้อมูลในเชิงวิทยาศาสตร์เท่านั้น ส่วนความรู้ในด้านคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม สืบค้นข้อมูลมาน้อย	ควรยกตัวอย่างเว็บไซต์หรือแหล่งขอข้อมูล 1-2 แหล่งข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้นข้อมูลและควรชี้แจง เน้นย้ำข้อมูลที่ต้องสืบค้น ให้ครบทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ และกระตุ้นการเลือกใช้ข้อมูลอย่างเหมาะสม
	นักเรียนบางกลุ่มใช้เวลาในการสืบค้นข้อมูลช้า ทำให้การทดลองในเรื่องคานไม่ทันเวลาที่จะตรวจสอบความรู้ที่ได้สืบค้น	ควรชี้แจงเวลาให้ชัดเจนและกำชับเรื่องการรักษาเวลาในการทำกิจกรรม
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	รูปแบบในการออกแบบของนักเรียนบางคน ยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้สืบค้นไว้ หรือไม่ได้นำ	ควรควรจะอธิบายขั้นตอนการออกแบบให้ชัดเจน โดยกำชับให้นักเรียนนำความรู้ที่สืบค้นได้เข้า

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
	ความรู้ที่ได้จากการสืบค้นเข้ามาใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาตามเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนด	มาร่วมในการออกแบบชิ้นงาน หรือเพิ่มตัวอย่างเครื่องมือที่มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	ขั้นตอนการเลือกแบบร่างชิ้นงาน นักเรียนยังขาดการอภิปรายระบุเหตุผลที่เลือกได้ไม่ชัดเจน ขาดหลักการที่กล่าวถึงความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์	ควรเน้นย้ำในเรื่องการระบุเหตุผลในการเลือกชิ้นงานของนักเรียนให้ครอบคลุมหลักการในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์และกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายอย่างมีเหตุผลในการเลือกแบบร่างชิ้นงาน
	ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน นักเรียนบางกลุ่มชิ้นงานได้ไม่ตรงตามรูปแบบหรือหลักการที่ได้เลือกไว้ในตอนต้น	ควรกำกับติดตามและเน้นย้ำให้นักเรียน สร้างชิ้นงานตามรูปแบบที่เลือกไว้
	นักเรียนใช้เวลานานในการสร้างชิ้นงาน	ควรกำกับติดตามและกำชับเวลา
ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	ขั้นตอนการปรับปรุงชิ้นงาน นักเรียนใช้ลักษณะลองผิดลองถูกคือทดสอบไปด้วยปรับปรุงไปด้วยทำให้ขาดการบันทึกการปรับปรุงชิ้นงานก่อนการปรับปรุงจริง	ควรกำหนดระยะเวลาในการทดสอบชิ้นงาน ให้นักเรียนมีการออกแบบในการปรับปรุงชิ้นงานก่อน ทำการปรับปรุงชิ้นงานแล้วค่อยนำมาทดสอบ
	นักเรียนบันทึกรายละเอียดในการปรับปรุงชิ้นงานในใบกิจกรรมน้อย ขาดการบอกรายละเอียดหรือเหตุผลในการปรับปรุงชิ้นงาน	ควรกำกับติดตามและย้ำให้นักเรียนอธิบายเหตุผลในการปรับปรุงชิ้นงานให้มีความชัดเจน
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา	นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายเหตุผลในการนำเสนอยังไม่ดีเท่าที่ควร	ควรแนะแนวทาง หรือยกตัวอย่างวิธีการนำเสนองาน โดยให้นักเรียน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	ส่วนใหญ่เป็นการนำเสนอแบบสั้น ขาดการอธิบายโดยใช้หลักการและเหตุผล	อธิบายข้อมูลตามที่บันทึกในใบกิจกรรมให้ครบถ้วน
	นักเรียนใช้เวลานานในการทำโปสเตอร์เพื่อนำเสนอ	ควรกำกับติดตามและกำชับเวลา

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง รอก ล้อและเพลา

จากผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีรายละเอียดการดำเนินกิจกรรมดังนี้

2.1 ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยนำผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง รอก ล้อและเพลา โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการปัญหาเกี่ยวกับการขนส่งวัสดุปูพื้นกระเบื้องขึ้นชั้น 5 ของอาคารแห่งหนึ่ง แล้วออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เลือกแบบร่างชิ้นงานและสร้างชิ้นงานที่ใช้เป็นแบบจำลองชิ้นงานเพื่อนำไปทดสอบตามเกณฑ์
ที่กำหนด

2.2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง รอก ล้อและเพลา ใช้เวลาทั้งสิ้น 4 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่นักเรียนไม่เข้าใจสถานการณ์ที่กำหนดเนื่องจากสถานการณ์ที่ใช้ไม่ชัดเจน ในวงจรที่ 2 ผู้วิจัยจึงได้จัดรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนดูวีดิทัศน์การทำงานของลิฟต์ จากนั้นให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 1 เป็นสถานการณ์เกี่ยวกับการขนส่งวัสดุปูพื้นกระเบื้องขึ้นชั้น 5 ของอาคาร แล้วทำการวิเคราะห์ปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด โดยผลจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 นำมาปรับปรุงผลพบว่า

จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ในระหว่างดำเนินการพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการวิเคราะห์ปัญหาและเงื่อนไขของสถานการณ์ได้ดีขึ้น สามารถเขียนอธิบายปัญหาได้ชัดเจน

...นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้ดีขึ้น บอกรายละเอียดได้ชัดเจน...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2564)

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

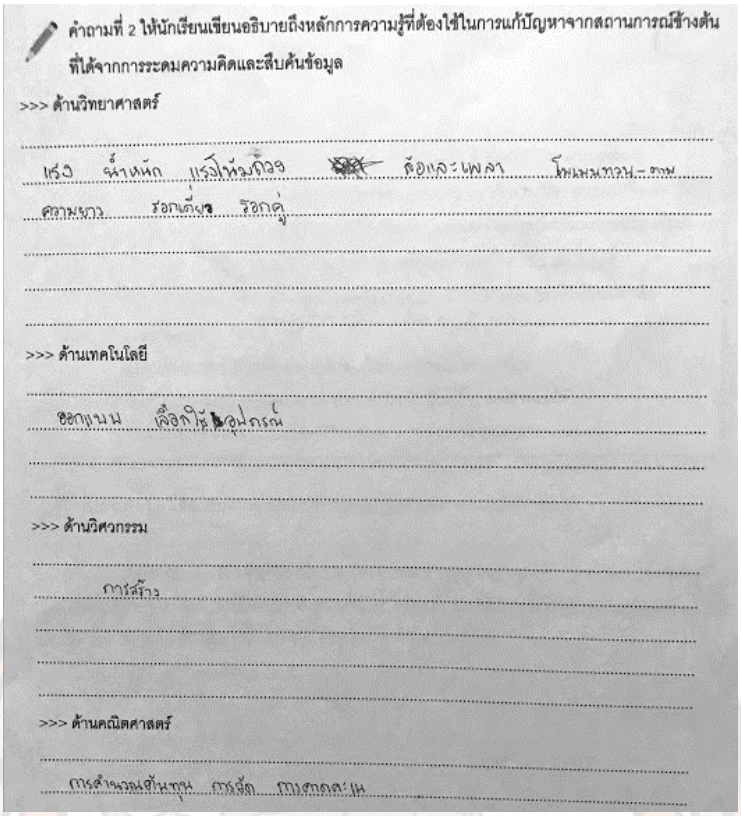
ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและเงื่อนไขที่นักเรียนได้ทำการวิเคราะห์ไว้ในขั้นตอนที่ 1 เพื่อออกแบบชิ้นงานที่จะใช้ในการแก้ปัญหาตามเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนด โดยใช้โน๊ตบุ๊ค แท็บเลต หรือโทรศัพท์ที่ผู้วิจัยจัดเตรียมไว้

ซึ่งผู้วิจัยได้นำผลจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาปรับปรุงในวงจรที่ 2 โดยผู้วิจัยได้แนะนำเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องในเรื่องนี้กับนักเรียน 2 แหล่ง เพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้นข้อมูล และเดินสำรวจผู้เรียนตามแต่ละกลุ่มและคอยใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนเพื่อให้นักเรียนรวบรวมความรู้แนะแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับตนเองไว้ ให้ครอบคลุมเนื้อหาของสะเต็ม และเลือกใช้ข้อมูลที่มีความเหมาะสมกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนด เช่น ในด้านวิทยาศาสตร์ เช่น ชนิดของรอก เพลา หลักการทำงานของรอกและเพลา แรง เป็นต้น ในด้านเทคโนโลยี เช่น การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสม และการใช้เครื่องมือ ด้านวิศวกรรม เช่น หลักการที่ใช้ในการออกแบบชิ้นงาน และด้านคณิตศาสตร์ เช่น การคำนวนขนาดของชิ้นงาน เงิน ราคาสินค้า เป็นต้น

จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนสังเกตเห็นว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการสืบค้นข้อมูลได้ตรงประเด็นเพิ่มมากขึ้น มีคำตอบครบครอบคลุมในทั้ง 4 ด้าน (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์) แต่ยังเป็นคำตอบในแบบสั้น ๆ ยังไม่ค่อยอธิบายหรือใส่รายละเอียดเรื่องนั้นๆ และยังขาดการเลือกใช้ข้อมูลอย่างเหมาะสม ส่วนเวลาที่ใช้ในการสืบค้น ทำให้ดีเป็นไปตามเวลาที่ผู้วิจัยกำหนดไว้

...นักเรียนแต่ละกลุ่มหาข้อมูลได้ครอบคลุมเนื้อหาสะเต็มดีขึ้น แต่ยังขาดการอธิบาย เป็นการตอบแบบบสั้น และเลือกข้อมูลที่สืบค้นได้ยังไม่เหมาะสม...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 15 กุมภาพันธ์ 2564)


คำถามที่ 2 ให้นักเรียนเขียนอธิบายถึงหลักการความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ข้างต้น ที่ได้จากการระดมความคิดและสืบค้นข้อมูล

>>> ด้านวิทยาศาสตร์

แรง ความหนัก แรงโน้มถ่วง ล้อและเพลา โพเมนทวน-ตาม ความยาว รอกเดี่ยว รอกคู่

>>> ด้านเทคโนโลยี

ออกแบบ เลือกใช้อุปกรณ์

>>> ด้านวิศวกรรม

การสร้าง

>>> ด้านคณิตศาสตร์

การคำนวณต้นทุน การชั่ง การตวง

ภาพ 12 การทำใบกิจกรรมสืบค้นข้อมูล ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

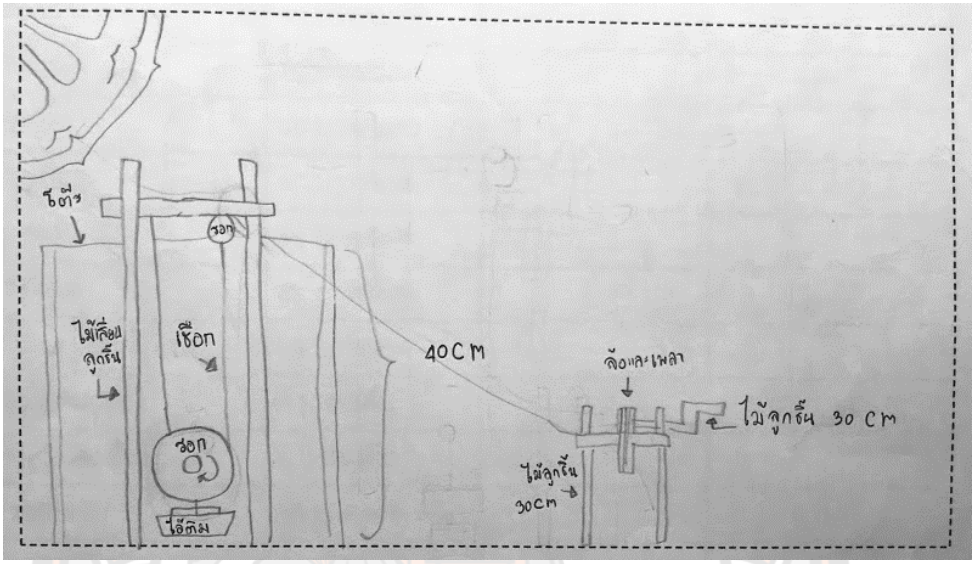
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นนี้ผู้วิจัยได้นำผลจากการปฏิบัติในวงจรที่ 1 มาปรับการจัดการเรียนรู้โดยยกตัวอย่างเป็นเครื่องมือที่ใช้ขนส่งของขึ้นที่สูง เพื่อให้เป็นแนวทางในการออกแบบของนักเรียน และกำชับให้นักเรียนออกแบบเครื่องมือ ตามข้อมูลที่นักเรียนได้สืบค้น โดยผู้วิจัยได้ออกแบบสถานการณ์ที่กำหนดไว้ โดยนำความรู้ที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่ 2 มาออกแบบเครื่องมือที่จะขนส่งวัสดุปูพื้นกระเบื้องขึ้นชั้น 5 โดยทำการออกแบบเครื่องมือลงในใบกิจกรรมที่ 2 พร้อมทั้งระบุวัสดุที่จะใช้จำนวนเงินที่ใช้

จากการสังเกตของผู้วิจัยกับผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ พบว่า รูปแบบในการออกแบบของนักเรียนเริ่มมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่สืบค้น แต่รูปแบบที่ออกแบบนั้น นักเรียนยังระบุรายละเอียดในเรื่องของขนาดชิ้นงานยังไม่ชัดเจน ทำให้การคำนวณขนาดและปริมาณของวัสดุที่จะใช้ไม่ชัดเจนไปด้วย นักเรียนบางคนออกแบบชิ้นงานแบบเน้นประหยัดเกินไป ทำให้อาจส่งผลต่อความแข็งแรงของชิ้นงานที่จะสร้างได้

...ชิ้นงานของนักเรียนที่ออกแบบ ส่วนใหญ่ขาดการกำหนดรายละเอียดของชิ้นงาน เช่น ความยาวของส่วนฐาน หรือ การระบุรายละเอียดที่จะใช้ในแต่ละส่วนก็ยังไม่ชัดเจน...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2564)



ภาพ 13 การออกแบบชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

จากผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่พบว่า การออกแบบของนักเรียนไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่สืบค้นไว้ ผู้วิจัยจึงได้ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและเลือกแบบร่างชิ้นงานของสมาชิกในกลุ่ม ว่าการออกแบบของใครมีความเหมาะสมและเป็นไปได้ในการนำไปสร้างชิ้นงานมากที่สุด พร้อมทั้งระบุเหตุผลที่ใช้ในการเลือกแบบร่างชิ้นงานนั้น โดยผู้วิจัยได้ทำการเน้นย้ำให้นักเรียนระบุเหตุผลที่เลือกแบบล่างชิ้นงานนั้น ๆ ในเชิงสะเต็มศึกษา คือมีทั้งเหตุผลในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างชิ้นงานตามแบบร่างที่เลือกไว้ โดยการส่งตัวแทนไปซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยตามรายการที่เลือก ในขั้นนี้ผู้วิจัยต้องคอยกับกับติดตามให้นักเรียนสร้างชิ้นงานตามรูปแบบที่ได้เลือกไว้และเน้นย้ำในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน

จากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนพบว่า ในขั้นตอนการเลือกแบบร่างชิ้นงานนักเรียนเลือกแบบร่างชิ้นงานได้อย่างมีเหตุและผลมากขึ้น มีการพูดคุยอภิปรายถึงเหตุผลที่เลือกแบบร่างชิ้นงานถึงความเป็นไปได้ในการสร้างชิ้นงาน แต่ยังมีบางกลุ่มที่ยังอธิบายเหตุผลในการเลือกได้ไม่ดี บางกลุ่มเลือกแบบร่างชิ้นงานในด้านคณิตศาสตร์เป็นหลัก คือ ดูเฉพาะ

ราคาในการสร้าง ทำให้เวลานำไปสร้างจริงเกิดปัญหาขึ้น ส่วนในเรื่องระยะเวลาในการสร้างชิ้นงานยังใช้เวลามากกว่าที่ครูกำหนด

...นักเรียนมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดในเรื่องการเลือกชิ้นงาน มีการอธิบายเหตุผลประกอบในการเลือกดีขึ้น ...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2564)

...นักเรียนอธิบายเหตุผลในการเลือกชิ้นงานได้ดีขึ้น มีบางกลุ่มเท่านั้นที่ยังให้เหตุผลได้ไม่ดี...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2564)

...นักเรียนใช้เวลาในการสร้างชิ้นงานนานกว่าที่ครูกำหนด...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 22 กุมภาพันธ์ 2564)

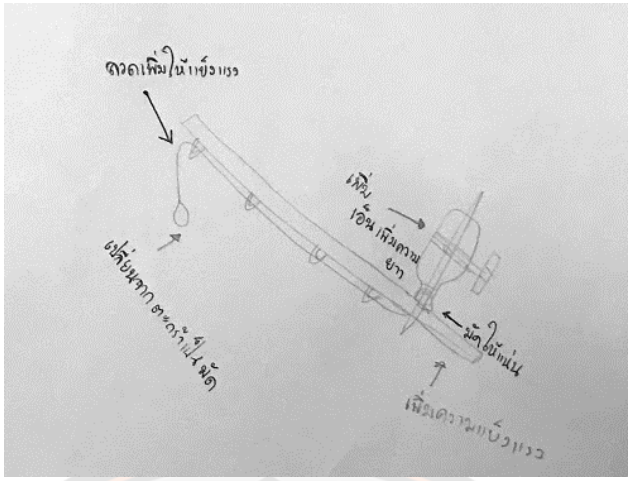
ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

จากผลการศึกษาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่พบว่า นักเรียนขาดการบันทึกการปรับปรุงชิ้นงาน ในวงจรที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดการทดสอบของแต่ละกลุ่มว่าให้ทำเสร็จเรียบร้อยก่อนแล้วค่อยมาทดสอบ ในขั้นการปรับปรุงชิ้นงาน ผู้วิจัยได้กำชับให้นักเรียนต้องพูดคุยถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยการบันทึกลงในแบบปรับปรุงชิ้นงานให้เรียบร้อยแล้วทำการบันทึกปรับปรุงชิ้นงาน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมาทดสอบ โดยการยกถุงทรายขนาด 200 กรัม และ 500 กรัม ให้ขึ้นสูงจากพื้น 50 เซนติเมตร

จากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนพบว่า นักเรียนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนที่ผู้วิจัยกำหนดได้ดีขึ้น โดยเฉพาะใช้ช่วงการทดสอบผลและปรับปรุงชิ้นงานมีการสร้างชิ้นงานเสร็จก่อนแล้วจึงนำไปทดสอบ แต่ในส่วนการประเมินผลงานนั้น นักเรียนยังขาดการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล

...นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับขั้นตอนในการทดสอบได้ดี ทำตามที่ครูกำหนดในเรื่องของลำดับขั้นตอน แต่ในขั้นการปรับปรุงชิ้นงาน ไม่มีการร่างแบบการปรับปรุงก่อน ในส่วนของการประเมินผลงานยังตอบแบบไม่ค่อยมีเหตุผล...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2564)



ภาพ 14 การบันทึกการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

จากผลการศึกษาในวงจรที่ 1 ผู้วิจัยได้ปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการยกตัวอย่างวิธีการนำเสนอชิ้นงานและการออกแบบโปสเตอร์เพื่อนำเสนอชิ้นงาน ผลการสังเกตพบว่าจากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถนำเสนอได้ชัดเจนตรงตามประเด็นในหัวข้อที่กำหนด มีการปรับรูปแบบจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ที่เน้นความสวยงามมากไป ทำให้ใช้เวลานาน เป็นการเน้นเนื้อหาที่จะนำเสนอ ทำให้เวลาเป็นไปตามกำหนด และวิธีการนำเสนอก็ดีขึ้น สามารถอธิบายได้ชัดเจนดี

...นักเรียนนำเสนอได้ดี อธิบายได้ชัดเจนดีขึ้น ...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2564)

...นักเรียนจัดการเวลาในการทำโปสเตอร์นำเสนอได้ดี มีวิธีการอธิบายที่ชัดเจนดี...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 24 กุมภาพันธ์ 2564)

ภาพ 15 การนำเสนอผลงานของนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

2.3 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากการสะท้อนผลการวิจัยโดยผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำให้เราทราบปัญหาที่พบหรือสาเหตุของปัญหา รวมถึงแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงการสะท้อนผลการปฏิบัติการแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	-	-
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลแลแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	นักเรียนเขียนการสืบค้นข้อมูลเป็นลักษณะข้อความแบบสั้น ๆ ยังไม่ค่อยอธิบายหรือใส่รายละเอียดข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมากนัก และการเลือกใช้ข้อมูลยังไม่เหมาะสม	ควรเน้นย้ำในเรื่องการสืบค้นข้อมูลและการเลือกใช้ข้อมูล และควรเขียนอธิบายหลักการที่ได้สืบค้นให้ครบถ้วน
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	นักเรียนส่วนใหญ่ขาดการระบุรายละเอียดในเรื่องของขนาดเครื่องมือที่ออกแบบ ทำให้การคำนวณขนาดและปริมาณของวัสดุที่จะใช้สร้างชิ้นงานไม่ชัดเจนไปด้วย	ควรกำกับดูแลนักเรียนและเน้นย้ำในเรื่องการออกแบบให้ระบุรายละเอียดของชิ้นงานให้ครบถ้วน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	นักเรียนบางกลุ่มยังอธิบายเหตุผลในการเลือกแบบร่างชิ้นงานได้ไม่ดี บางกลุ่มเลือกแบบร่างชิ้นงานเพราะใช้เฉพาะราคาเป็นหนึ่งในเหตุผลในการเลือก ทำให้เวลานำไปสร้างจริงเกิดปัญหาขึ้น	ควรเน้นย้ำในหลักการในการเลือกชิ้นงาน ต้องระบุเหตุผลให้ชัดเจนครอบคลุมทั้ง 4 ด้านของสะเต็มและเลือกชิ้นงานที่มีความเหมาะสมที่สุด
	ระยะเวลาในการสร้างชิ้นงาน ยังใช้เวลามากกว่าที่ครูกำหนด	ควรกำกับติดตามในเรื่องเวลากับนักเรียน โดยทำการกระตุ้นเป็นระยะ ๆ
ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	นักเรียนขาดการให้เหตุผลที่สมเหตุสมผลในการประเมินผลงาน	ควรกำกับติดตามและย้ำให้นักเรียนอธิบายเหตุผลในการประเมินผลงาน
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	-	-

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง พื้นเอียงจากผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดย
มีรายละเอียดการดำเนินกิจกรรมดังนี้

3.1 ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยนำผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นเอียง โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์สถานการปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ที่มีรถขนส่งพัสดุของบริษัทแห่งหนึ่ง ตกลงไปในเหวลึกที่มีความลาดเอียง ทางบริษัทขนส่งต้องรีบขนย้ายพัสดุขึ้นมาส่งลูกค้าอย่างเร่งด่วน แล้วให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เลือกแบบร่างชิ้นงาน สร้างชิ้นงานที่ใช้เป็นแบบจำลองชิ้นงานเพื่อนำไปทดสอบตามเกณฑ์ที่กำหนดและนำเสนอ

3.2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง พื้นเอียง ใช้เวลาทั้งสิ้น 4 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

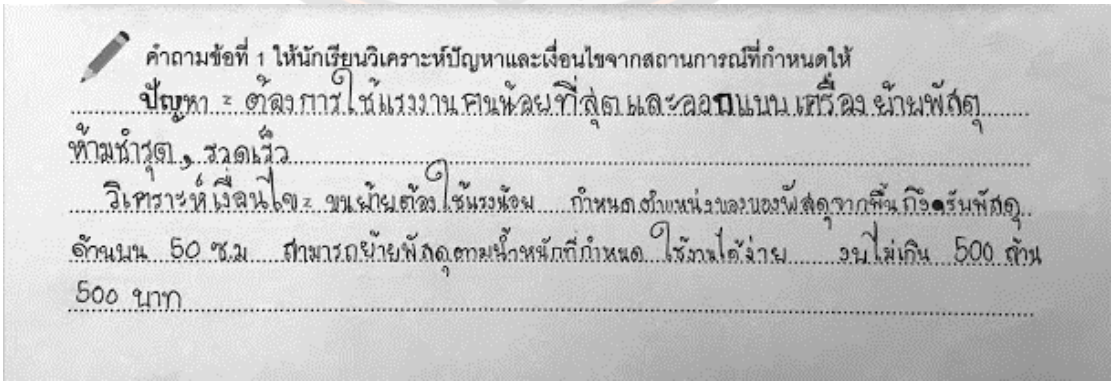
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

ผู้วิจัยได้จัดรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนดูวีดิทัศน์การทำงานของรางเลื่อนสำหรับขอส่งพัสดุ จากนั้นให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 1 โดยสถานการณ์คือรถขนส่งพัสดุของบริษัทแห่งหนึ่ง ตกลงไปในเหวลึกที่มีความลาดเอียงของ ทางบริษัทขนส่งต้องรีบขนย้ายพัสดุขึ้นมาส่งลูกค้าอย่างเร่งด่วน แล้วทำการวิเคราะห์ปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ในระหว่างดำเนินการพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถวิเคราะห์สถานการณ์และระบุปัญหาและเงื่อนไขของสถานการณ์ได้ดี

...นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถระบุปัญหาที่วิเคราะห์จากสถานการณ์ได้ดี...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 3 มีนาคม 2564)



ภาพ 16 การวิเคราะห์ปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนดในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้นำผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาปรับปรุงรูปแบบการเรียนรู้โดยควรเน้นย้ำในเรื่องการสืบค้นข้อมูลและการเลือกใช้ข้อมูลและควรเขียนอธิบายหลักการที่ได้สืบค้นให้ครบถ้วนจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนสังเกตเห็นว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการสืบค้นข้อมูลได้ตรงประเด็นดี ตอบได้ครบ

...นักเรียนอธิบายหลักการที่หามาได้ครอบคลุม มีการเลือกใช้ข้อมูลเพื่อนำมาอธิบายได้ดี...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 3 มีนาคม 2564)

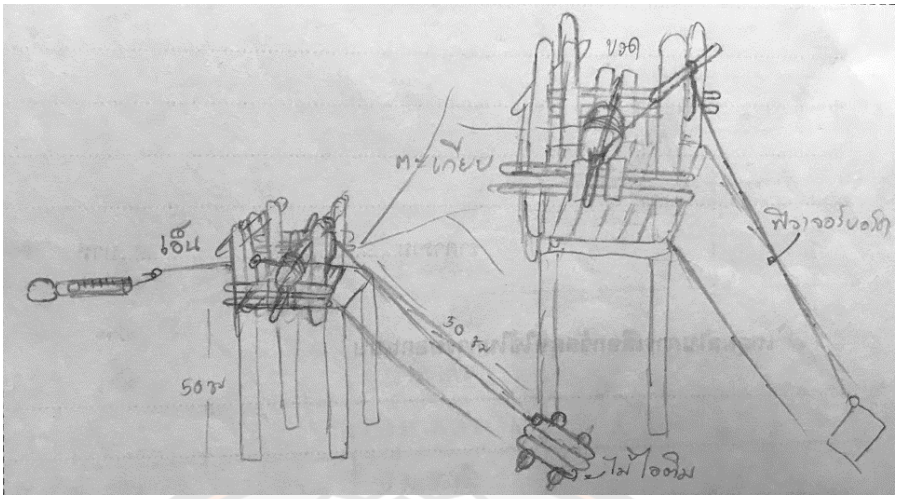
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

จากผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้ปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการเน้นย้ำในเรื่องการออกแบบชิ้นงานให้มีความละเอียดและครบถ้วน

จากการสังเกตของผู้วิจัยกับผู้สังเกตการณ์จัดการเรียนการสอนในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนสามารถออกแบบชิ้นงานได้ดี มีการระบุหลักการที่ใช้ในการออกแบบครอบคลุมองค์ความรู้ในด้านสะเต็ม มีการระบุรายละเอียดของชิ้นงานดีขึ้น ขนาดของชิ้นงานที่ออกแบบยังกำหนดได้สมบูรณ์เช่น ความยาว ความสูง และระบุชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ในการทำชิ้นงานได้ครบถ้วน

...ชิ้นงานของนักเรียนที่ออกแบบมีหลักการดี สามารถวาดอธิบายรูปร่างชิ้นงานได้สมบูรณ์ แต่ยังระบุขนาดของชิ้นงาน กับวัสดุที่ใช้ทำส่วนต่าง ๆ ยังระบุรายละเอียดได้สมบูรณ์...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 5 มีนาคม 2564)



ภาพ 17 การออกแบบชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3

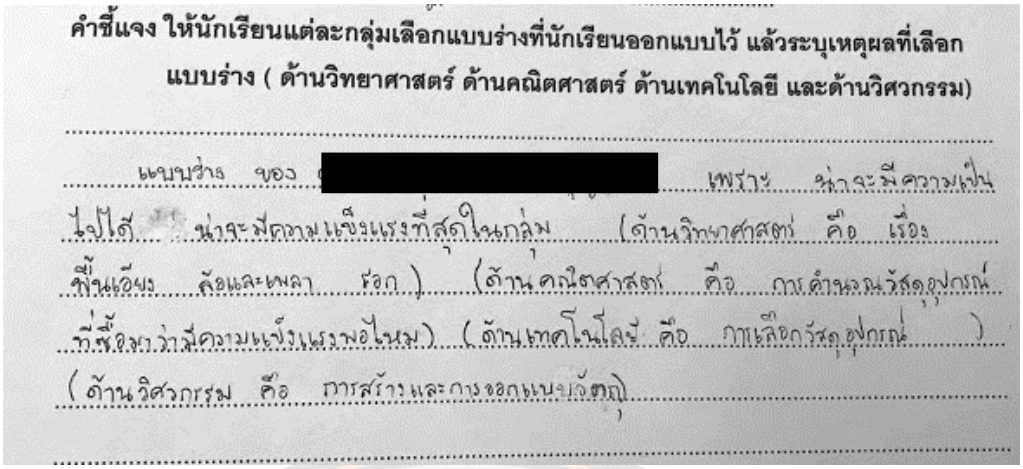
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและเลือกแบบร่างชิ้นงานของสมาชิกในกลุ่ม ว่าแบบร่างชิ้นงานใดมีความเหมาะสมที่สุด พร้อมทั้งระบุเหตุผลที่ใช้ในการเลือกแบบร่าง โดยผู้วิจัยควรเน้นย้ำให้นักเรียนยึดหลักการในการเลือกชิ้นงานที่มีความเหมาะสมที่สุดต้องระบุเหตุผลให้ชัดเจนว่าเพราะเหตุใดจึงเลือกชิ้นงานนี้ ส่วนในขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน ผู้วิจัยทำการกำกับติดตามนักเรียน ให้ใช้เวลาตามที่กำหนดไว้

จากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนพบว่า นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลในการเลือกแบบร่างชิ้นงานได้ดี มีการระบุครบองค์ประกอบของสะเต็ม ในส่วนของการสร้างชิ้นงาน นักเรียนสร้างตามแบบที่วางไว้ รายละเอียดของชิ้นงานที่ออกแบบมีรายละเอียดมากขึ้น

...นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงาน เลือกแบบร่างชิ้นงานที่มีรายละเอียดที่ดี ครบถ้วน...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 8 มีนาคม 2564)


คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกแบบร่างที่นักเรียนออกแบบไว้ แล้วระบุเหตุผลที่เลือกแบบร่าง (ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านคณิตศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี และด้านวิศวกรรม)

แบบร่าง ของ [redacted] เพราะ น่าจะมีความเป็นไปได้ น่าจะมีความแข็งแรงที่สุดในกลุ่ม (ด้านวิทยาศาสตร์ คือ เรื่อง พื้นเอียง ล้อและเพลา รอก) (ด้านคณิตศาสตร์ คือ การคำนวณวัสดุอุปกรณ์ที่ซื้อมาว่ามีความแข็งแรงพอไหม) (ด้านเทคโนโลยี คือ การเลือกวัสดุอุปกรณ์) (ด้านวิศวกรรม คือ การสร้างและการออกแบบชิ้นงาน)

ภาพ 18 การเลือกแบบร่างชิ้นงานของนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ภาพ 19 ชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมาทดสอบ โดยการใช้ดินน้ำมันขนาด 200 กรัม และ 500 กรัม มาแทนน้ำหนักของพัสดุ แล้วให้แต่ละกลุ่มยกพัสดุจากพื้นแนวแนวเฉียง ให้ขึ้นไปยังจุดที่กำหนด จากผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้ปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยผู้วิจัยต้องคอยควบคุมนักเรียนในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน โดยบอกหลักเกณฑ์ว่า

ให้แต่ละกลุ่มบันทึกแบบร่างการปรับปรุงให้เรียบร้อยก่อนที่จะปรับปรุง เพื่อให้นักเรียนร่วมกันระดมความคิดในการแก้ปัญหาที่ได้หลังการทดสอบ

จากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน พบว่า ในขั้นการปรับปรุงชิ้นงาน นักเรียนมีการบันทึกรายละเอียดการปรับปรุงชิ้นงานย้อนหลังการปรับปรุงจริง เนื่องมาจากชิ้นงานที่สร้างมีปัญหาหลายจุด ต้องทดสอบอยู่หลายครั้งกว่าจะสำเร็จ

...นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถทำชิ้นงานออกมาได้ดี สามาถใช้แก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้...

(ผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 8 มีนาคม 2564)

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

จากการสังเกตของผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน พบว่านักเรียนทำโปสเตอร์นำเสนอได้ดี มีรายละเอียดครบ สวยงาม และนำเสนอได้ดี และนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการอภิปรายถึงชิ้นงานที่แต่ละกลุ่มนำเสนอ รวมทั้งเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข เป็นรูปแบบการอภิปรายที่ดี

...นักเรียนจัดการเวลาในการทำโปสเตอร์นำเสนอได้ดีครบตามหัวข้อที่กำหนด และนำเสนอได้ดี แต่ละกลุ่มมีการเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขให้กลับกลุ่มอื่น...

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 9 กุมภาพันธ์ 2564)

ภาพ 20 โปสเตอร์นำเสนอผลงาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

3.3 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากการสะท้อนผลการวิจัยโดยผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ทำให้เราทราบปัญหาที่พบหรือสาเหตุของปัญหา รวมถึงแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงการสะท้อนผลการปฏิบัติการแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	**ปัญหาที่พบ/สาเหตุ**	**แนวทางการปรับปรุง**
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	-	-
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	-	-
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	-	-
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	-	-
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	-	-
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	-	-
ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	-	-
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	-	-

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรเป็นอย่างไร

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจาณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนการสอน แสดงให้เห็นว่าลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้จัดขึ้นสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณได้ แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยอาจต้องมีการปรับรูปแบบกิจกรรมให้มีความเหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนและห้องเรียนให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่พัฒนาการแก้ปัญหาอย่างมีวิจาณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและแนวทางการจัดการเรียนรู้

ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

ขั้นการจัดการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการที่			แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
	1	2	3	
ขั้นที่1 ระบุปัญหา	- นักเรียนศึกษาสถานการณ์ทำการระบุปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์ พบว่า นักเรียนระบุปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มีความสับสนในการระบุปัญหาและเกิดคำถามว่าปัญหาหรือสถานการณ์เป็นอย่างไร เงื่อนไขที่บอกมาจัดว่าเป็นปัญหาของสถานการณ์		ขั้นที่1 ระบุปัญหา	- นักเรียนศึกษาสถานการณ์ทำการระบุปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์ พบว่า นักเรียนระบุปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มีความสับสนในการระบุปัญหาและเกิดคำถามว่าปัญหาหรือสถานการณ์เป็นอย่างไร เงื่อนไขที่บอกมาจัดว่าเป็นปัญหาของสถานการณ์หรือไม่

ขั้นการจัดการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการที่			แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
	1	2	3	
	หรือไม่			
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	- นักเรียนสืบค้นข้อมูลอย่างกว้างไม่ค่อยสอดคล้องกับปัญหาหรือเงื่อนไขของสถานการณ์เน้นการสืบค้นข้อมูลในเชิงวิทยาศาสตร์เท่านั้น ส่วนความรู้ในด้านคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมนักเรียนสืบค้นข้อมูลมาน้อย			ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการ	- รูปแบบในการออกแบบของ			ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

81

ขั้นการจัดการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการที่			แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
	1	2	3	
แก้ปัญหา	นักเรียนบางคนยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้สืบค้นไว้ หรือไม่ได้นำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลเข้ามาใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาตามเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนด			
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	- ในขั้นตอนการเลือกแบบร่างชิ้นงานนักเรียนยังระบุเหตุผลที่เลือกได้ไม่ชัดเจน ขาดหลักการที่กล่าวถึงความรู้ใน	ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	- ในขั้นตอนการเลือกแบบร่างชิ้นงานนักเรียนยังระบุเหตุผลที่เลือกได้ไม่ชัดเจน	ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นการจัดการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการที่			แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
	1	2	3	
	ด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์		ขาดหลักการที่กล่าวถึงความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์	
ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	- ในขั้นตอนการปรับปรุงชิ้นงาน นักเรียนใช้ลักษณะลองผิดลองถูกคือทดสอบไปด้วยปรับปรุงชิ้นงานไปด้วย ขาดการบันทึกปรับปรุงชิ้นงานก่อนการปรับปรุงจริง		ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	- ในขั้นตอนการปรับปรุงชิ้นงาน นักเรียนใช้ลักษณะลองผิดลองถูกคือทดสอบไปด้วยปรับปรุงชิ้นงานไปด้วย ขาดการบันทึกปรับปรุงชิ้นงานก่อนการปรับปรุงจริง

ขั้นการจัดการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการที่			แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
	1	2	3	
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	- นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายเหตุผลในการนำเสนอยังไม่ค่อยดีเท่าที่ควร ส่วนใหญ่เป็นการนำเสนอแบบสั้น ขาดการอธิบายโดยใช้หลักกการและเหตุผล และใช้เวลาในการทำโปสเตอร์นำเสนอนานกว่าที่ครูกำหนด	- นักเรียนมีการปรับปรุงรูปแบบของโปสเตอร์นำเสนอโดยเน้นหลักในด้านของเนื่อหาที่จะนำเสนอแล้วค่อยมาตกแต่ง ทำให้ทันเวลาและนำเสนอได้ดี	- นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถสร้างโปสเตอร์ได้ทันตามเวลาที่กำหนด และสามารถอธิบายและยกตัวอย่างประเด็นที่นำเสนอได้อย่างสมเหตุสมผล	การแนะแนวแนวทางหรือยกตัวอย่างวิธีการนำเสนอโดยให้นักเรียนอธิบายข้อมูลตามที่บันทึกไว้ในใบกิจกรรมให้ครบถ้วน และให้เน้นเนื้อหาในการนำเสนอก่อนการตกแต่งโปสเตอร์

ตอนที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบ

เชิงวิศวกรรมช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้หรือไม่ อย่างไร

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้หรือไม่ อย่างไรนั้น ใช้เครื่องมือเพื่อเก็บรวบรวมผลดังนี้ 1) ใบกิจกรรม 2) ชิ้นงาน 3) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งแสดงผลการวิจัยดังนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในภาพรวมระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการและหลังการจัดการเรียนรู้

ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการและหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผลการวิจัยนี้ได้จากการวิเคราะห์ใบกิจกรรมของนักเรียนและชิ้นงานของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการและจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยจัดระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณเป็น 3 ระดับ พิจารณาจากคะแนนร้อยละซึ่งประยุกต์เกณฑ์มาจากบลูม (Bloom, 1971 as cited in Upienpong, 2009) โดยแสดงภาพรวมระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการและหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งพบว่าในระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ
ของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการและผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้	ค่าร้อยละ	ระดับการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ
ระหว่างการจัดการเรียนรู้ (ใบกิจกรรม)		
วงจรที่ 1	51.19	ระดับน้อย
วงจรที่ 2	76.19	ระดับปานกลาง
วงจรที่ 3	89.28	ระดับมาก
ระหว่างการจัดการเรียนรู้ (ชิ้นงาน)		
วงจรที่ 1	68.89	ระดับปานกลาง
วงจรที่ 2	77.77	ระดับปานกลาง
วงจรที่ 3	93.33	ระดับมาก
หลังการจัดการเรียนรู้ (แบบทดสอบ)		
	76.66	ระดับปานกลาง

จากตาราง 11 พบว่าในระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการจากการประเมินใบกิจกรรมของนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณจากระดับน้อยเป็นระดับมากตามลำดับ จากการประเมินชิ้นงานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณจากระดับปานกลางเป็นระดับมากตามลำดับ ตามลำดับ และหลังจากการจัดการเรียนรู้พบว่า จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ นักเรียนมีการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณในระดับปานกลาง

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการและหลังการจัดการเรียนรู้

ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในแต่ละขั้นองค์ประกอบเมื่อพิจารณาทั้ง 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม 2) การรวบรวม/จัดการข้อมูล 3) การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ 4) การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ 5) การประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบจากใบกิจกรรมและชิ้นงานนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณหลังการจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาคะแนนร้อยละ ดังตาราง 12

ตาราง 12 แสดงคะแนนร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละองค์ประกอบย่อย

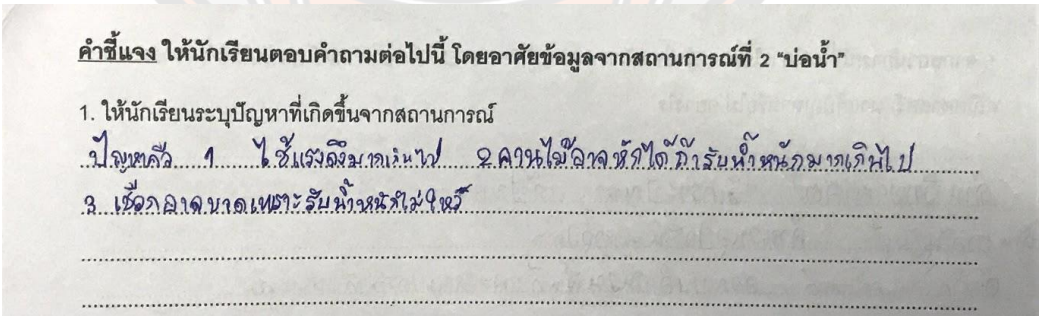
ทักษะ	ร้อยละของคะแนน			
	วงจรที่ 1	วงจรที่ 2	วงจรที่ 3	หลังเรียน
1. การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม	52.38 (ปานกลาง)	66.66 (ปานกลาง)	85.71 (มาก)	77.03 (ปานกลาง)
2. การรวบรวม/จัดการข้อมูล	47.62 (น้อย)	76.19 (ปานกลาง)	85.71 (มาก)	83.70 (มาก)
3. การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	57.14 (น้อย)	71.42 (ปานกลาง)	90.47 (มาก)	71.11 (ปานกลาง)
4. การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	68.88 (ปานกลาง)	77.77 (ปานกลาง)	93.33 (มาก)	71.11 (ปานกลาง)
5. การประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	52.38 (น้อย)	71.42 (ปานกลาง)	85.71 (มาก)	81.48 (มาก)

จากตาราง 12 พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบย่อยระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ในด้านการระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม พบว่ามีคะแนนร้อยละในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 เพิ่มขึ้นจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณในระดับน้อยเป็นระดับมากตามลำดับ ในด้านการจัดการข้อมูล มีคะแนนร้อยละในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 เพิ่มขึ้นจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณในระดับน้อยเป็นระดับมากตามลำดับ ในด้านการวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ พบว่ามีมีคะแนนร้อยละในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 เพิ่มขึ้นจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณในระดับน้อยเป็นระดับมากตามลำดับ ในด้านการดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ มีคะแนนร้อยละในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 เพิ่มขึ้นจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณในระดับปานกลางเป็นระดับมากตามลำดับและในด้านการประเมินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ พบว่ามีคะแนนร้อยละในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3

เพิ่มขึ้นจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณในระดับน้อยเป็นระดับมากตามลำดับ

หลังจากการจัดการเรียนรู้พบว่าคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ในแต่ละองค์ประกอบ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ดังนี้ ด้านการระบุปัญหาหรือตั้งคำถามมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณระดับปานกลาง ด้านการรวบรวม/จัดการข้อมูลมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับมาก ด้านการวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับปานกลาง ด้านการดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับปานกลาง และด้านการประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับมาก ซึ่งแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

ด้านการระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม จากการตรวจสอบใบกิจกรรมที่นักเรียนได้เขียนการระบุปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรม พบว่า ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1-3 มีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับน้อย ระดับปานกลางและระดับมาก ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่านักเรียน มีความสามารถในการระบุปัญหาหรือตั้งคำถามเพิ่มขึ้น ดังภาพการตอบคำถามของนักเรียนในภาพที่ 21 และในการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุปัญหาได้แต่ยังมีบางส่วนที่ยังขาดการอธิบายรายละเอียดของปัญหาเพิ่มเติม ในด้านการรวบรวมจัดการข้อมูล ดังภาพการตอบคำถามของนักเรียนในภาพ 22

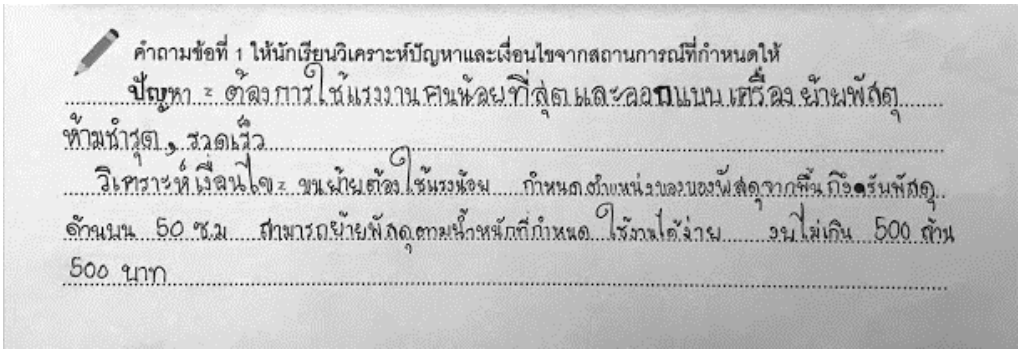

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ โดยอาศัยข้อมูลจากสถานการณ์ที่ 2 "บ่อน้ำ"

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์

ปัญหาคือ 1. ไม้แรงดึงมากเกินไป 2. คานไม้ลาดหักได้ถ้ารับน้ำหนักมากเกินไป

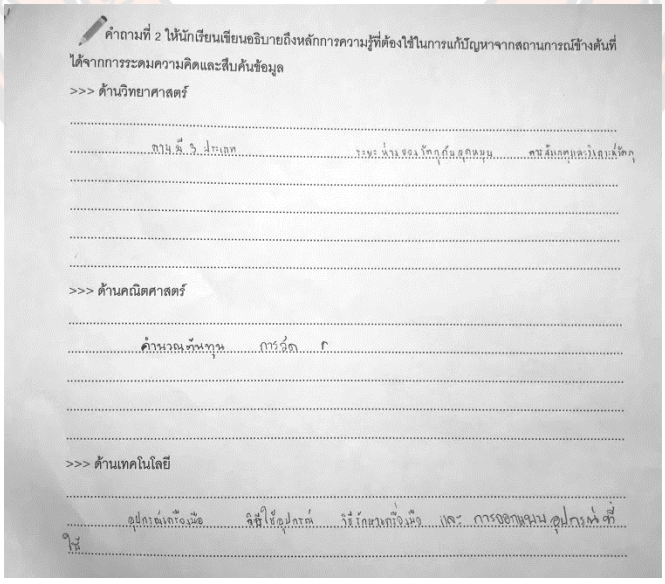
3. เชือกลาดขาดเพราะรับน้ำหนักไม่ไหว

ภาพ 21 การตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 1 วงจรปฏิบัติการที่ 3

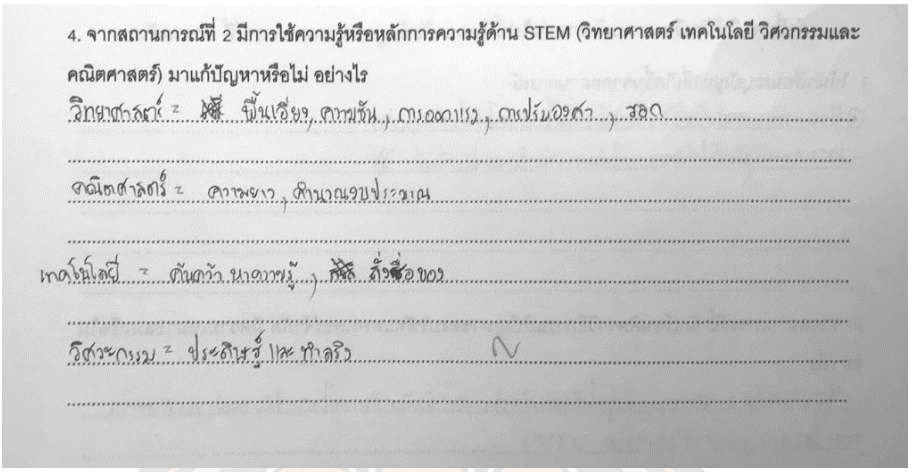


ภาพ 22 การตอบคำถามของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความสามารถ
ในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ข้อที่ 1 ในสถานการณ์ที่ 2 “บ่อน้ำ”

ด้านการรวบรวม จัดการข้อมูล จากการตรวจสอบใบกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น พบว่า ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1-3 มีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับน้อย ระดับปานกลางและระดับมากตามลำดับ ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนยังรวบรวมข้อมูลไม่ครอบคลุมในด้านสะเต็มศึกษา และอธิบายในรายละเอียดของข้อมูลที่สืบค้นได้น้อยเกินไป ดังภาพการตอบคำถามของนักเรียนในภาพ 23 และผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า มีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับมาก ซึ่งชี้ให้เห็นว่า นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลรวบรวมและทำการเขียนข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นได้เป็นอย่างดี ดังภาพการตอบคำถามของนักเรียนในภาพ 24

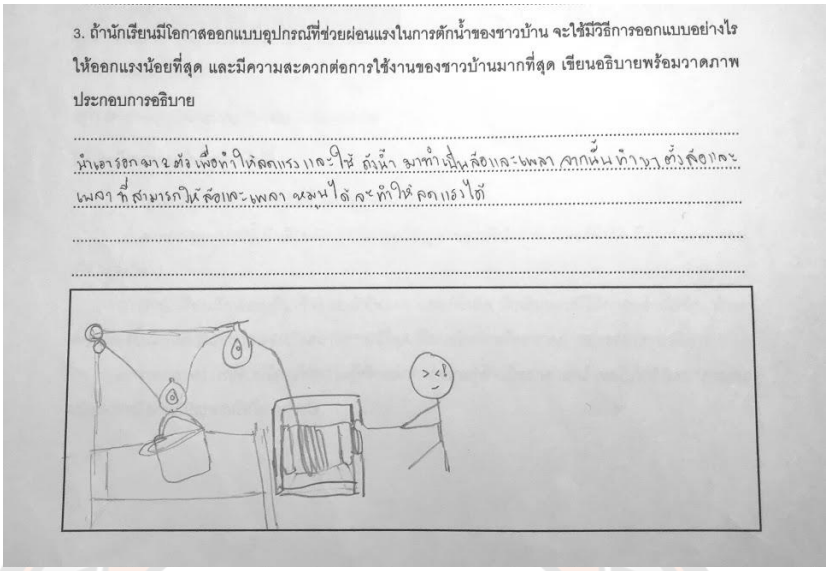


ภาพ 23 การตอบคำถามของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 1 วงจรปฏิบัติการที่ 1



ภาพ 24 การตอบคำถามของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ข้อที่ 4 ในสถานการณ์ที่ 3 “ลาดชัน”

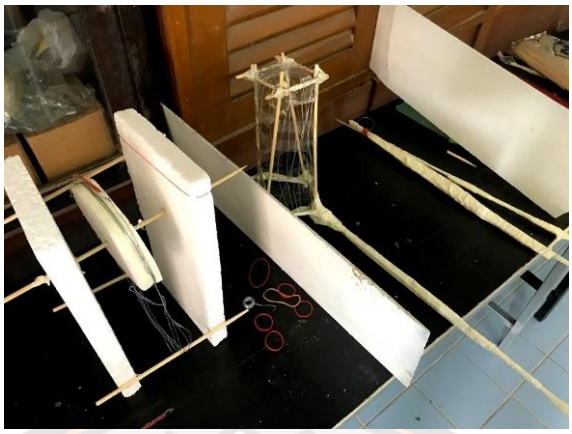
ด้านการวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ซึ่งในขั้นนี้เป็นขั้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา วิเคราะห์แนวทางหรือแบบร่างชิ้นงานที่เหมาะสม เป็นไปได้ในการนำไปสร้างชิ้นงานและการตัดสินใจเลือกชิ้นงาน จากการตรวจสอบใบกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น พบว่าในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1-3 มีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับน้อย ระดับปานกลางและระดับมาก ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนมีพัฒนาการที่ดีในการใช้เหตุผลในการเลือกชิ้นงานที่จะนำไปสร้างเป็นชิ้นงาน และผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า มีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับปานกลาง อันเป็นผลมาจากสถานการณ์ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณอาจมีความยากเกินไป และเนื่องด้วยเวลาที่จำกัด ทำให้นักเรียนอธิบายเหตุผลค่อนข้างน้อย ดังภาพการตอบคำถามของนักเรียนในภาพ 25 จะเห็นว่านักเรียนตอบคำถามในแบบทดสอบได้ยังไม่ดี มีการอธิบายหลักการแต่ขาดการระบุวัสดุที่ใช้ในการแก้ปัญหา


3. ถ้านักเรียนมีโอกาสออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยผ่อนแรงในการตักน้ำของชาวบ้าน จะใช้มีวิธีการออกแบบอย่างไร ให้ออกแรงน้อยที่สุด และมีความสะดวกต่อการใช้งานของชาวบ้านมากที่สุด เขียนอธิบายพร้อมวาดภาพประกอบการอธิบาย

นำเอารอกมาช่วย เพื่อทำให้ลดแรงและใช้ถังน้ำมาทำเป็นล้อและเพลา จากนั้นนำมาต่อกับล้อและเพลา ที่สามารถให้ล้อและเพลาหมุนได้ จะทำให้ลดแรงได้

ภาพ 25 การตอบคำถามของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ข้อที่ 3 ในสถานการณ์ที่ 2 “บ่อน้ำ”

ด้านการดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ โดยดำเนินการตามวิธีที่ตัดสินใจ เพื่อสรุปความสามารถในการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ จากการตรวจสอบชิ้นงานที่นักเรียนได้ทำการสร้างตามรูปแบบที่ได้เลือกไว้ พบว่า ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1 – 3 มีคะแนน ร้อยละอยู่ในระดับน้อย ระดับปานกลางและระดับมาก ตามลำดับซึ่งเห็นได้จากการสร้างชิ้นงานของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 ดังภาพ ที่ 26 27 และ 28 ตามลำดับ ว่านักเรียนมีความสามารถในด้านการดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ได้ดี และผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่า มีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับปานกลาง (71.11) แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาในแบบทดสอบได้ยังไม่ดี ยังขาดการอธิบายรายละอียดในการดำเนินการ

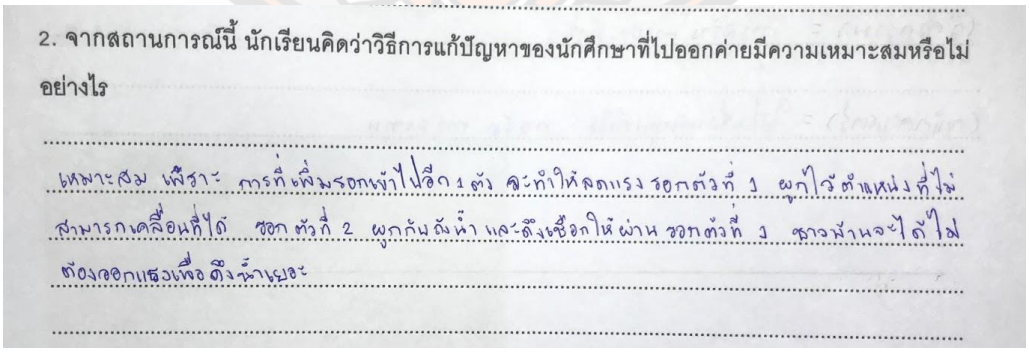


ภาพ 26 ชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ภาพ 27 ชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ภาพ 28 ชิ้นงานของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ด้านการประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ เป็นการตรวจสอบผลโดยการใช้เหตุผลชั่งน้ำหนัก ผลดี ผลเสีย ตีความหมายและอธิบายความสัมพันธ์ จากการตรวจสอบใบกิจกรรมที่นักเรียนได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น พบว่า ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1 – 3 มีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับน้อย ระดับปานกลางและระดับมาก ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณาณ พบว่ามีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับมาก ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการชั่งน้ำหนัก ผลดี ผลเสียในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ดังภาพที่ 29 นักเรียนสามารถประเมินการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ได้เป็นอย่างดี


2. จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาของนักศึกษาที่ไปออกค่ายมีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร

เหมาะสม เพราะ การที่เพิ่มรอกเข้าไปอีก 1 ตัว จะทำให้ลดแรง รอกตัวที่ 1 ผูกไว้ตำแหน่งที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ขอก ตัวที่ 2 ผูกกับถังน้ำ และดึงเชือกให้ผ่าน รอกตัวที่ 1 สามารถจะได้ไม่ต้องออกแรงเพื่อดึงน้ำเยอะ

ภาพ 29 การตอบคำถามของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ข้อที่ 2 ในสถานการณ์ที่ 2 “บ่อน้ำ

บทที่ 5
บทสรุป

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 2) เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรเป็นอย่างไร

จากผลการวิจัยทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้สรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา เป็นขั้นที่ให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ โดยครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้การทดลองหรือคำถามสั้น ๆ เพื่อกระตุ้นความสนใจ ใช้คลิปวีดีโอที่เป็นที่มีความเกี่ยวข้องหรือใกล้เคียงกับสถานการณ์ในใบกิจกรรมกำหนด จากนั้นครูยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงในใบกิจกรรมแล้วครูกับนักเรียนร่วมกันระบุปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้นักเรียนมีแนวทางในการทำใบกิจกรรม จากนั้นให้นักเรียนศึกษาใบกิจกรรมที่ครูกำหนดสถานการณ์มาให้แล้วร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยครูมีหน้าที่คอยกระตุ้นนักเรียนและควบคุมเรื่องของเวลา

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทำการรวบรวมข้อมูลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาและเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด โดยนักเรียนทำการสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต หนังสือ โดยใช้อุปกรณ์ไอทีในการสืบค้นข้อมูล แล้วเขียนข้อมูลที่สืบค้นได้ลงในใบกิจกรรม โดยข้อมูลที่ต้องสืบค้นจะเป็นข้อมูลในด้านของสะเต็มศึกษา

คือ ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี ด้านวิศวกรรม และด้านคณิตศาสตร์ และทำการเลือกข้อมูลที่ความเหมาะสม ที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยครูควรยกตัวอย่างแหล่งข้อมูล 1-2 แหล่งข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนได้สืบค้น และคอยกำกับติดตามให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลให้ครบทั้ง 4 ด้าน กระตุ้นให้นักเรียนบอกรายละเอียดของข้อมูลให้ครบถ้วนอย่างมีเหตุผล และคอยแนะนำให้นักเรียนเลือกใช้ข้อมูลที่สามารถนำไปสู่การออกแบบการแก้ปัญหาได้จริง

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลมาออกแบบชิ้นงานเพื่อที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด ในขั้นนี้ครูควรยกตัวอย่างอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์หรือที่นักเรียนสามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดแนวทางในการออกแบบ จากนั้นควรกระตุ้นนักเรียนให้นำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาออกแบบชิ้นงาน เขียนรายละเอียดของชิ้นงานให้ครบถ้วน ไม่ว่าจะเป็นขนาดหรือวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน โดยก่อนการออกแบบครูต้องชี้แจงอุปกรณ์ที่ครูมีทั้งหมดเพื่อให้นักเรียนสามารถใช้วิจารณญาณในการเลือกตัดสินใจในการเลือกชิ้นงานเพื่อออกแบบได้

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันปรึกษาอภิปรายและเลือกแบบร่างชิ้นงานของสมาชิกในกลุ่ม 1 แบบร่างเพื่อที่จะนำไปสร้างเป็นชิ้นงานจริง โดยนักเรียนต้องระบุเหตุผลในการเลือกชิ้นงานให้ครบองค์ประกอบของสะเต็ม ในด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี ด้านวิศวกรรมและด้านคณิตศาสตร์ โดยครูทำหน้าที่คอยกระตุ้นนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยใช้คำถามว่าเพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกแบบร่างของเพื่อนคนนี้

เมื่อนักเรียนได้แบบร่างชิ้นงานแล้ว ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถปรับรายละเอียดของชิ้นงานร่วมกันได้ แล้วสร้างชิ้นงานจริงโดยไปซื้อวัสดุอุปกรณ์จากร้านค้าที่ครูสมมติขึ้น ตามรายละเอียดของแบบร่างที่เลือก โดยครูต้องคอยกำกับติดตามการสร้างชิ้นงานของนักเรียนให้ยึดตามรูปแบบที่ได้เลือกไว้

ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำชิ้นงานที่ได้จากการสร้างมาทดสอบว่าสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามเกณฑ์การทดสอบชิ้นงานได้หรือไม่ เมื่อทำการทดสอบแล้วกลุ่มใดพบปัญหา ให้กลุ่มนั้นกลับไปปรึกษาและแก้ไข โดยออกแบบให้เรียบร้อยทำการบันทึกส่วนแก้ไขก่อนลงมือปรับปรุงชิ้นงาน เพื่อไม่ให้เกิดการลองผิดลองถูก โดยครูต้องคอยกำกับติดตามให้นักเรียนปฏิบัติตามข้อตกลงที่ตั้งไว้ จากนั้นให้นักเรียนประเมินชิ้นงานของตอนเอง ว่า จากคะแนนเต็ม 10 ควรได้คะแนนเท่าไรพร้อมทั้งระบุเหตุผลในการให้คะแนน บอกข้อดีข้อเสียของชิ้นงานและข้อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานในอนาคต ในขั้นนี้ครูต้อง

คอยกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบคำถามในใบกิจกรรมให้ครบถ้วน หรือใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวทางในการตอบคำถามในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกเกี่ยวกับการดำเนินกิจกรรมในขั้นต่างๆ มานำเสนอในประเด็นดังนี้ 1) ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข 2) ผลการทดสอบชิ้นงาน 3) ข้อดี ข้อเสีย ของชิ้นงาน 4) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการปรับปรุงชิ้นงานในอนาคต โดยให้แต่ละกลุ่มออกแบบโปสเตอร์การนำเสนอในในกระดาษบรูฟ ตามหัวข้อที่กำหนดให้ แล้วออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนทีละกลุ่ม เมื่อทุกกลุ่มนำเสนอครบแล้ว ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันถึงประเด็นปัญหาแนวทางแก้ไขรวมถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ โดยขั้นนี้ครูต้องคอยกำกับในเรื่องของเวลา และรูปแบบประเด็นในการนำเสนอ ให้แต่ละกลุ่มสามารถอธิบายประเด็นทั้ง 4 ประเด็นได้ครบถ้วนและมีเหตุผลในการอธิบาย

ตอนที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 ได้หรือไม่ อย่างไร

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย พบว่า ในระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการ จากการประเมินใบกิจกรรมของนักเรียนมีการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณจากระดับน้อยเป็นระดับมากตามลำดับ จากการประเมินชิ้นงานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณจากระดับปานกลางเป็นระดับมากตามลำดับตามลำดับ และหลังจากการจัดการเรียนรู้ พบว่าจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณในระดับปานกลาง

ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบย่อยระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีคะแนนร้อยละสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง หลังจากการจัดการเรียนรู้พบว่าคะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ในแต่ละองค์ประกอบมีคะแนนร้อยละ ดังนี้ ด้านการระบุปัญหาหรือตั้งคำถามมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณระดับปานกลาง ด้านการรวบรวม/จัดการข้อมูล มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับมาก ด้านการวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ มี

ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับปานกลาง ด้านการดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับปานกลาง และด้านการประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับมาก

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ในเนื้อหาเครื่องกลอย่างง่าย สามารถช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ด้วยการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่

1. ขั้นระบุปัญหา ผู้วิจัยเตรียมสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา ซึ่งลักษณะของสถานการณ์ควรเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวันหรือใกล้เคียงกับบริบทที่นักเรียนอาศัยอยู่ และเป็นสถานการณ์แบบเปิด ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย เช่น ในเรื่อง รอก ล้อและเพลา สถานการณ์ให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาในการขนส่งวัสดุปูพื้นกระเบื้อง ชั้น 5 ของอาคาร ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน แต่มีเงื่อนไขข้อจำกัดในบางอย่างเพื่อให้เกิดความท้าทาย ดังนั้นในขั้นนี้ควรมีการใช้คำถามกระตุ้นหรือยกตัวอย่างสถานการณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันแล้วให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์พร้อม ๆ กับการชี้แนะแนวทางจากครู เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ถูกต้อง สอดคล้องกับแนวคิดของ ไตรรงค์ เมธีผาติกุล (2561) ที่กล่าวว่าบทบาทของครูในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในขั้นของการระบุปัญหานั้น ครูต้องคอยตั้งคำถามไปสู่การคิด วิเคราะห์ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปสู่การแก้ปัญหา

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนจะได้ทบทวนความรู้และค้นคว้าเพิ่มเติม แล้วเลือกใช้ข้อมูลที่มีความเหมาะสมเกี่ยวกับสิ่งที่จำเป็นที่จะใช้ในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ในขั้นนี้อาจมีตัวอย่างของแหล่งข้อมูล 1-2 แหล่ง เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนได้สืบค้นและครูควรกระตุ้นให้นักเรียนเลือกข้อมูลที่มีความเหมาะสมและสามารถนำไปสู่การออกแบบการแก้ปัญหา สอดคล้องกับ สุคนธ์ สินธพานนท์ (2552) ที่กล่าวว่า การจัดสื่อการเรียนรู้แบบต่าง ๆ เป็นการส่งเสริมการฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งสื่อมีหลายรูปแบบสื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือ

บทความประเภทต่าง การรวบรวมข้อมูลจะช่วยพัฒาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้อีกเพื่อฝึกการคิดหลังจากนักเรียนอ่านสถานการณ์แล้ว หรือฝึกการคิดจากภาพ

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละคนออกแบบชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยการออกแบบและเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการออกแบบตามรายการที่กำหนดให้ โดยมีเงื่อนไขข้อจำกัดในด้านงบประมาณ ซึ่งครูต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จาการสืบค้นและเลือกข้อมูลที่เหมาะสมมาใช้ในการออกแบบชิ้นงาน โดยให้ระบุรายละเอียดของชิ้นงานให้ครบถ้วน สอดคล้องกับ จารี พรมแสง (2560) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้วจากการสืบค้น ครูควรคอยชี้แนะแนวทางในการวิเคราะห์ ว่าข้อมูลใดบ้างเหมาะสมในการนำไปออกแบบ

4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนจะได้เริ่มต้นนำแบบร่างชิ้นงานที่เลือกไว้มาสร้างเป็นชิ้นงาน โดยก่อนการสร้างจริง อาจมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบของชิ้นงานได้เล็กน้อย โดยครูต้องกระตุ้นให้แต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นในการเลือกแบบร่างชิ้นงานของสมาชิกในกลุ่ม 1 คน เพื่อใช้ในการนำไปสร้างชิ้นงานจริง โดยจะต้องระบุเหตุผลในการเลือกให้ ครอบคุมแนวคิดสะเต็มศึกษา ในด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี ด้านวิศวกรรมและด้านคณิตศาสตร์และลงมือสร้างชิ้นงานตามรูปแบบที่เลือกไว้ สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า การกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการควรมีการกระตุ้นเพื่อให้เกิดการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนนำชิ้นงานที่สร้างเสร็จแล้วมาทำการทดสอบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดบรรลุจุดประสงค์ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ เมื่อนักเรียนกลุ่มใดพบข้อผิดพลาดให้นำปัญหาที่เกิดขึ้นไปร่วมกันแก้ไขแล้วปรับปรุงชิ้นงานโดยการวาดแบบการแก้ไขและบันทึกการปรับปรุงชิ้นงานให้เรียบร้อย แล้วลงมือแก้ไขตามแบบที่ได้บันทึกไว้ แล้วไปทดสอบอีกครั้ง จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันประเมินชิ้นงานที่สร้างพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบการประเมิน รวมถึงข้อดี ข้อเสีย และแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข ในอนาคต สอดคล้องกับงานวิจัยของ ดวงกมล เกลี้ยงแก้ว (2563) ที่พบว่า การประเมินผลชิ้นงาน ส่งผลให้เกิดการปรับปรุงหรือทำซ้ำจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหามากขึ้นและทำให้ทราบถึงวิธีการแก้ปัญหา

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนจะนำเสนอประเด็นปัญหาจำนวน 4 ข้อ ดังนี้ 1) ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข 2) ผลการทดสอบชิ้นงาน 3) ข้อดีข้อเสียของชิ้นงาน 4) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการปรับปรุงชิ้นงานในอนาคตเพื่อเป็นการอธิบายแนวคิดหรือหลักการที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนร่วมกันออกแบบโปสเตอร์เพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน และ

นำเสนอผลงานของกลุ่ม จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงประเด็นปัญหาและแนวทางในการแก้ไขรวมถึงความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีการแนะแนวทางหรือยกตัวอย่างวิธีการนำเสนอโดยให้นักเรียนอธิบายข้อมูลตามที่บันทึกไว้ในใบกิจกรรมให้ครบถ้วน และให้เน้นเนื้อหาในการนำเสนอก่อน การตกแต่งโปสเตอร์ สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า การนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป จึงต้องมีการยกตัวอย่างและแนวทางในการนำเสนอเพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์

นอกจากนี้ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยพัฒนาการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องเครื่องกลอย่างง่ายได้ โดยพบว่าในภาพรวมการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 เพิ่มสูงขึ้นจากการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณในระดับน้อยเพิ่มเป็นระดับมากตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฐิติยา เนตรวงษ์ (2559) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาการแก้ปัญหาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ในการแก้ปัญหาของกลุ่มทดลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละ 17.92 และสอดคล้องกับ กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) ที่ศึกษาพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา พบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนมีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียน ตามเกณฑ์ที่กำหนด ในส่วนของผลการทดสอบการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า คะแนนร้อยละอยู่ในระดับปานกลาง จากการวิเคราะห์ผลของผู้วิจัยพบว่า ในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องมากจากการทดสอบเป็นการทดสอบรายบุคคล ทำให้ผลคะแนนจึงมีความแตกต่างระหว่างเด็กกลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน เห็นได้จากในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่มีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับมากซึ่งเป็นคะแนนร้อยละที่ได้จากการปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันระหว่างเด็กกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nurdyani (2018) ที่บอกว่า นักเรียนจะแก้ปัญหาด้วยความคิดที่แตกต่างกัน นักเรียนที่มีความสามารถสูงสามารถนำความรู้มาใช้แก้ปัญหาของสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็วในส่วนขององค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ที่ประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบได้แก่ การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม การรวบรวมจัดการข้อมูล การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ และการประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบนั้น สามารถอภิปรายผลได้ว่า ด้านการระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม ในระหว่างการจัดการเรียนรู้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 พบว่าอยู่ในระดับน้อยเป็นระดับมาก ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนมีความสามารถในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ สามารถเรียงลำดับและบอกสาเหตุความเป็นไปได้ของปัญหา แต่ในการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับปานกลางแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ มีบางส่วนที่ยังขาดการอธิบายรายละเอียดของปัญหาเพิ่มเติม สอดคล้องกับจิรันธนิน คงจีน (2560) ที่กล่าวว่า การสอนแบบใช้การถามกลุ่ม ให้ช่วยกันคิดหาคำตอบ ฝึกการคิดประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อให้ได้คำตอบด้านการรวบรวมจัดการข้อมูล ในระหว่างการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 อยู่ในระดับน้อยเป็นระดับมาก และผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า มีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับมาก ซึ่งชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล รวมรวบและทำการเขียนข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับ สริญญา มารศรี (2562) ที่กล่าวว่า ผู้ที่มีคุณลักษณะของผู้ที่มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จะต้องตัดสินใจโดยการใช้ข้อมูลประกอบหลายด้าน สามารถเปลี่ยนความคิดเห็นของตนได้หากมีเหตุผลที่มากกว่า เป็นผู้มีความกระตือรือร้นในการค้นหาข้อมูลความรู้ มีความรู้มากเพื่อใช้ประกอบในการตัดสินใจ

ด้านการวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ ซึ่งในขั้นนี้เป็นขั้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา วิเคราะห์แนวทางหรือแบบร่างชิ้นงานที่เหมาะสม เป็นไปได้ในการนำไปสร้างชิ้นงานและการตัดสินใจเลือกชิ้นงาน ระหว่างการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 อยู่ในระดับน้อย เป็นระดับมาก ซึ่งนักเรียนมีพัฒนาการที่ดีในการใช้เหตุผลในการเลือกชิ้นงานที่จะนำไปสร้างเป็นชิ้นงาน และผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า มีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับปานกลาง อันเป็นผลมาจากสถานการณ์ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณอาจมีความไกลตัวนักเรียน และเนื่องด้วยเวลาที่จำกัด ทำให้นักเรียนอธิบายเหตุผลค่อนข้างน้อย สอดคล้องกับ สุคนธ์ สินธพานนท์ (2558) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้นก่อนที่จะตัดสินใจทำเรื่องใดจะต้องมีหลักฐานประกอบในการวิเคราะห์ตัดสินใจ ทำให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้อย่างมีคุณภาพเพราะมีการคิดอย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอนอยู่บนพื้นฐานของหลักการและเหตุผลทำให้งานออกมาอย่างมีคุณภาพ

ด้านการดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ โดยดำเนินการตามวิธีที่ตัดสินใจ เพื่อสรุปการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ จากผลการวิจัยในระหว่างการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 พบว่าอยู่ในระดับน้อยเป็นระดับมาก และผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้พบว่า มีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าเมื่อจบการเรียนในวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจร นักเรียนยังไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้คะแนน ในแบบวัดความสามารถ

ในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณอยู่ในระดับกลาง สอดคล้องสุคนธ์ สินธพานนท์ (2558) ที่กล่าวว่า นักเรียนจะดำเนินงาน ตามแผน และรู้จักวิธีการในการแก้ปัญหได้อย่างเหมาะสม รอบคอบและควบคุมตนเองให้ดำเนินงานตามแผน การทำงานหรือกิจกรรมใด ๆ ก็ตามที่นักเรียนรู้จักวางแผนการย่อมเป็นการดำเนินงานและมีการตรวจสอบตลอดจนเมื่อมีการดำเนินงานตามแผนแล้วมีการประเมินผลการดำเนินงานนั้นจัดได้ว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ด้านประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ เป็นการตรวจสอบผลโดยการใช้เหตุผลชั่งน้ำหนัก ผลดี ผลเสีย ตีความหมายและอธิบายความสัมพันธ์ จากผลการวิจัยในระหว่างการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 พบว่าอยู่ในระดับน้อยเป็นระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณาณ พบว่ามีคะแนนร้อยละอยู่ในระดับมาก ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการชั่งน้ำหนัก ผลดีผลเสียในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณได้ เนื่องด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้วางแผนออกแบบเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการระดมความคิดและอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rany Apriyani et al. (2019, p 85-91) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนโดยใช้ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูง (71.75) สูงกว่าก่อนเรียน ร้อยละ 17.55 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัจฉรีย์ สังขรักษ์ (2562) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ โดยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 30.30) และดีมาก (ร้อยละ 69.70) ซึ่งพัฒนาขึ้นจากคะแนนเฉลี่ยที่ระดับพอใช้ (ร้อยละ 63.64) และ ปรับปรุง (ร้อยละ 36.36)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้

ครูควรใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ใกล้ตัวของนักเรียนและควรเป็นสถานการณ์ที่เปิดกว้าง เพื่อให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้อย่างหลากหลายมากขึ้น เพื่อนำไปสู่การเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมโดยใช้วิจารณญาณในการแก้ปัญหาได้ โดยนักเรียนสามารถออกแบบชิ้นงานและเลือกชิ้นงานที่เหมาะสมในการนำไปสร้างชิ้นงานได้ง่ายขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยพบว่ากระบวนการทำงานกลุ่มเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการสร้างปฏิสัมพันธ์ในกลุ่มที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กนกทิพย์ ยาทองไชย. (2559). *การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องปิโตเลียมและพลังงานทดแทนเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้น ฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (ฉบับปรับปรุง 2560). กรุงเทพ ฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒ (2557). *รอบรู้เทคโนโลยี : กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมคืออะไร*. นิตยาสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 42(1) หน้า 9.

กานต์ธีรา ภูริวิกรัย. (2563). *การศึกษาโลกในศตวรรษที่ 21 : ระบบการเรียนรู้ยังวิกฤต*. สืบค้น 16 สิงหาคม 2563, จาก https://www.the101.world/global–education

การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2018. (3 ธันวาคม 2563).. *กระทรวงศึกษาธิการ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*.

เขมวดี พงศานนท์. (18-20 กรกฎาคม 2557). STEM EDUCATION. *การปฐมนิเทศโครงการ สควค. ระดับปริญญาโททางการศึกษา (ประเภท Premium) ปีการศึกษา 2557* (หน้า 1-4). โรงแรงเอวันเดอะ รอยัล ครูส พัทยา จังหวัดชลบุรี: สสวท.

จรูญพงษ์ ชลสินธุ์. (2561). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.ปลาย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20*(2),32-46.

จารี พรมแสง. (2560). *ผลการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ คม.บ., มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี, สุราษฎร์ธานี.

จิรันธนิน คงจีน. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นและการช่วยเสริมศักยภาพ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21*(1),16-29.

ชลาธิป สมาหิโต. (2557). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาปฐมวัย. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 30*(2) หน้า 102-111.

ฐิติยา เนตรวงษ์. (2559). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. *วารสารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี,15*(2),1-6.

ณัฐพร ฐิติมโนวงศ์. (2562). การจัดการเรียนรู้ด้วยนวัตกรรมห้องเรียนกลับด้านเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ดิน หิน แร่ และธรณีกาลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยบุรีรัมย์. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, 14*(1),91-99.

ดวงกมล เกลี้ยงแก้ว. (2563). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และคอมพิวเตอร์), มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ไตรรงค์ เมธีผาติกุล, ธิติยา บงกชเพชร และคเชนทร์ แดงอุดม. (2562). การพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง สภาพสมดุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. *วารสารพัฒนาการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต, 13*(2),54-70.

ทิศนา แขมมณี. (2544). *วิทยาการด้านการคิด.* กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนตเม้นท์.

ทิศนา แขมมณี. (2560). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 21). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทอดชัย บัวผาย. (2558). รูปแบบการพัฒนาสมรรถนะด้านไอซีทีของครูผู้สอน รายวิชา พื้นฐานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ระดับประถมศึกษาตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน. *วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 6*(1), 68–77

บุญชม ศรีสะอาด. (2547). *การวิจัยสำหรับครู.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2554). *การวิจัยเบื้องต้น.* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปาลิตา สุขสำราญ. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมจิตวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21*(3),153-166.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2552). *หลักการวัดประเมินผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพ ฯ: เฮ้าวส์ ออฟ เคอร์มิสท์.

พรชัย เจดามาน. (2560). *การพัฒนาการศึกษาภายใต้กรอบประเทศไทย 4.0 สู่ศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ. สำนักงาน.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556) STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 *วารสารนักบริหาร. 33*(2) หน้า 49-56.

พรพรรณ ไวทยางกูร. (2556). สะเต็มศึกษา: ก้าวสำคัญของการนำสะเต็มศึกษาไปใช้กับความหวังยกระดับคุณภาพศึกษาไทย. *เดลินิวออนไลน์.* สืบค้น 25 สิงหาคม 2563, จาก http://www.daliynews.co.th/education

ภิญโญ วงษ์ทอง. (2562). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 10*(1),94-112

มัฏฐวรรณ ลี้ยุทธานนท์. (2560). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนการปฏิบัติการพยาบาลตามหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 9*(3),83-93.

วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

ศรายุทธ รูปโฉม, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ และอนุสรณ์ วรสิงห์ (2560). วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด เบส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทาง สะเต็มศึกษา.ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 4* (210 - 218). กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

ศิริวรรณ ช้างงาม. (28 ตุลาคม 2558). *ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. สืบค้น 28 กรกฎาคม 2563, จาก https://www.l3nr.org/posts/561574

สกล สุวรรณพิสิทธิ์, (20 มิถุนายน 2555). *ทักษะแห่งอนาคตใหม่: การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คืออย่างไร*. สืบค้น 28 กรกฎาคม 2563, จาก http://www.qlf.or.th/home/contents/417

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์. (2546). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: องค์การค้ารับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (3 ธันวาคม 2562). *รายงานผลการประเมิน PISA 2018 : บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. สืบค้น 15 กรกฎาคม 2563 จาก https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2018-summary-result/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557) *สะเต็มศึกษา (STEM EDUCATION)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ

สริญญา มารศรี. (2562). การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในศตวรรษที่ 21. *วารสาร มจร นครน่านปริทรรศน์*, (3)2, 105-122.

สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12. (2560-2564)*. กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2548). *สานฝัน...ด้วยการคิด*. ศูนย์บริการโครงการหนึ่งโรงเรียน หนึ่งอำเภอในฝัน กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เสมาธรรม.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579*. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17*(2),201-207.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2558). *การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร : 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2552). *นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง ,หน้า 7-73.

สุธิดา วันสุดล. (2561). *ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ต้นอ่อนทานตะวัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

สุมาลี ชัยเจริญ (2557). *การออกแบบการสอน หลักการ ทฤษฎีสู่การปฏิบัติ*. (พิมพ์ครั้งที่ 1) ขอนแก่น : สาขาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวิมล สาสังข์. (2562). *ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). *สะเต็มศึกษากับการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา*. สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 19(1), 15 –18.

อัจฉรีย์ สังขรักษ์, สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ และสิทธิชัย วิชัยดิษฐ. (2560). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เพื่อพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 28*(3), 59-71.

อัชรา เอิบสุขสิริ. (2557*). จิตวิทยาสำหรับครู.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร

อาภรณ์ เพลินพนา. (2561). *การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็ม ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องเครื่องกลอย่างง่าย เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และความสุขในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในห้องเรียนพิเศษ : กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

Bloom, B.S. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York : McGraw–Hill.

Ennis, R.H. (1996). *A logical basic for measuring critical thinking skill*. Educational Leadership. 45-48.

Fikroturrofiah Suwandi Putria et al. (2017). The Development of Performance Assessment of Stem-Based Critical Thinking Skill in the High School Physics Lessons. *International journal of environment & science education. 12*(5),1269-1281

Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education.* New York: McGraw-Hill Book Company

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1998). *The Action Research Reader.* Geelong Victoria: Deakin University Press.

Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1996). *The new sourcebook for teaching reasoning and problem solving in junior high school*. Boston: Aiiyn and Bacon.

Maryland State Board of Education. (2012). *Maryland STEM: Innovation today to meet tomorrow's global challenges*. Retrieved November 25, 2020, from http://mdk12.msde.maryland.gov/instruction/curriculum/STEM/pdf/STEMBorchur

National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM Education(Report Brief)*. Washington, DC: National Academy of Science.

National Research Council. (2012*). Education for and Work: Deveioping Transferable Knowledge and Skills in the 21th Century*. Washington, DC: National Academy of Science.

Nurdyani, F. Slamet, I. and Sujadi, I. (2018). *Creative thinking level of students with high capability in relations and functions by problem-based learning*. International Conference on Mathematics, Science and Education 2017. Series 983 (2018) 012102.

Partnership for 21th Century Skills. (2009). *A Framework for Twenty-First Century Learning*. Retrieved December 12, 2020, form http://www.p21.org/about-us/p21-framework

Rany Apriyani, Taufik Ramlan Ramalis, and Irma Rahma Suwarma (2019). Analyzing Student's Problem Solving Abilities of Direct Current Electricity in STEM-based Learning. *Journal of science learning. 2*(3),85-91.

Sahin, A. P. (2014). *STEM related after-school program activities and associated outcomes on student learning*. Educational Sciences: Theory and Practice. National Academies Press. 14(1),309-322

Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. New York: Cambridge University Press.

The National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core idea*. Washington, DC: National Academies Press.

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

Yulia Elfrida Yanty Siregar. (2019).The impacts of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) on critical thinking in elementary school. *Journal of Physics. 10*(1),1-6

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้และสะท้อนจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่ายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1. ดร.สุริยา ชาปู่

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ดร.จิรันธนิน คงจีน

ศึกษานิเทศชำนาญการพิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเพชรบูรณ์ เขต 1

3. ครูณัฏฐชนม์ กองมา

ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนพิชัย

ภาคผนวก ข ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 13 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง คาน

รายการประเมิน	ระดับความเหมะสมจากผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
ข้อที่	1	2	3	15			
1	4	4	5	13	4.33	0.58	มาก
2.1	5	5	5	15	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
2.3	5	5	4	14	4.67	0.58	มากที่สุด
2.4	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
2.5	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
2.6	4	3	5	12	4.00	1.00	มาก
3.1	4	3	4	11	3.67	0.58	มาก
3.2	4	4	5	13	4.33	0.58	มาก
4.1	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
4.2	4	4	5	13	4.33	0.58	มาก
4.3.1	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.3.2	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.3.3	4	3	5	12	4.00	1.00	มาก
4.3.4	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.3.5	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.3.6	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
4.4	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.5	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
4.6	5	5	4	14	4.67	0.58	มากที่สุด
4.7	4	4	5	13	4.33	0.58	มากที่สุด

รายการประเมิน ข้อที่	ระดับความเหมะสมจากผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	15			
4.8	4	4	5	13	4.33	0.58	มาก
5.1	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
5.2	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
5.3	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
5.4	5	4	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
5.5	4	4	5	13	4.33	0.58	มาก
6.1	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
6.2	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
6.3	3	4	4	11	3.67	0.58	มาก
		เฉลี่ย			**4.22**		**มาก**

ตาราง 14 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง รอก ล้อและเพลา

รายการประเมิน	**ระดับความเหมะสมจากผู้เชี่ยวชาญ**			**รวม**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**	**ระดับความเหมาะสม**
ข้อที่	**1**	**2**	**3**	**15**			
1	5	4	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
2.1	5	5	5	15	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2	5	5	5	15	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3	5	5	4	14	4.67	0.58	มากที่สุด
2.4	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
2.5	5	4	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
2.6	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
3.1	5	5	5	15	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2	5	4	5	14	4.33	0.58	มาก
4.1	5	4	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
4.2	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
4.3.1	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.3.2	3	4	4	11	3.67	0.58	มาก
4.3.3	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.3.4	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.3.5	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.3.6	4	5	4	13	4.33	0.58	มาก
4.4	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.5	5	4	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
4.6	5	5	5	15	5.00	0.00	มากที่สุด
4.7	5	5	4	14	4.67	0.58	มากที่สุด
4.8	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก

รายการประเมิน	ระดับความเหมะสมจากผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
ข้อที่	1	2	3	15			
5.1	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
5.2	5	5	4	14	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3	4	3	5	12	4.00	1.00	มาก
5.4	5	3	4	12	4.00	1.00	มากที่สุด
5.5	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
6.1	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
6.2	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
6.3	4	3	4	11	3.67	0.58	มาก
เฉลี่ย	**4.37**		**มาก**				

ตาราง 15 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นเอียง

รายการประเมิน	**ระดับความเหมะสมจากผู้เชี่ยวชาญ**			**รวม**	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**	**ระดับความเหมาะสม**
ข้อที่	**1**	**2**	**3**	**15**			
1	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
2.1	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
2.2	5	5	5	15	5.00	0.00	มากที่สุด
2.3	5	5	4	14	4.66	0.58	มากที่สุด
2.4	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
2.5	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
2.6	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
3.1	4	4	5	13	4.33	0.58	มาก
3.2	4	4	5	13	4.33	0.58	มาก
4.1	5	4	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
4.2	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
4.3.1	5	3	4	12	4.00	1.00	มาก
4.3.2	3	4	4	11	3.67	0.58	มาก
4.3.3	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.3.4	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.3.5	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.3.6	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4.4	4	4	5	13	4.33	0.00	มาก
4.5	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
4.6	5	5	5	15	5.00	0.00	มากที่สุด
4.7	5	5	4	14	4.67	0.58	มากที่สุด
4.8	5	4	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความเหมะสมจากผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
ข้อที่	1	2	3	15			
5.1	5	5	5	15	5.00	0.00	มากที่สุด
5.2	5	4	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
5.4	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
5.5	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
6.1	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
6.2	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
6.3	3	4	4	11	3.67	0.58	มาก
เฉลี่ย	**4.31**		**มาก**				

ภาคผนวก ค ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของใบกิจกรรม

ตาราง 16 แสดงผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของใบกิจกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

คำถามที่	องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1	2	3	รวม	IOC	แปลผล
ใบกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องคาน							
1.1	การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม	1	1	0	2	0.67	สอคคล้อง
1.2	การรวบรวม จัดการข้อมูล	1	0	1	2	0.67	สอคคล้อง
2	การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	1	3	1.00	สอคคล้อง
3		1	1	1	3	1.00	สอคคล้อง
4	การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	0	1	2	0.67	สอคคล้อง
5	การประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	0	1	2	0.67	สอคคล้อง
	ค่าเฉลี่ย					**0.78**	**สอคคล้อง**
ใบกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องรอก ล้อและเพลา							
1.1	การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม	1	1	1	3	1.00	สอคคล้อง
1.2	การรวบรวม จัดการข้อมูล	1	0	1	2	0.67	สอคคล้อง
2	การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	0	2	0.67	สอคคล้อง
3		1	1	1	3	1.00	สอคคล้อง
4	การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	0	2	0.67	สอคคล้อง
5	การประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	1	3	1.00	สอคคล้อง
	ค่าเฉลี่ย					**0.83**	**สอคคล้อง**
ใบกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องพื้อนเอียง							
1.1	การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม	1	1	1	3	1.00	สอคคล้อง
1.2	การรวบรวม จัดการข้อมูล	1	0	1	2	0.67	สอคคล้อง
2	การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	1	3	1.00	สอคคล้อง
3		1	1	1	2	0.67	สอคคล้อง
4	การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	0	1	2	0.67	สอคคล้อง

คำถามที่	องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	แปลผล
		1	2	3			
5	การประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	เฉลี่ย					**0.78**	**สอดคล้อง**

ภาคผนวก ง ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมี วิจารณญาณ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

ตาราง 17 แสดงผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

คำถามที่	องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่			รวม	IOC	แปลผล
		1	2	3			
สถานการณ์ที่ 1 “สวนกล้วยไข่”							
1	การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
4	การรวบรวม จัดการข้อมูล	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
3	การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
2	การประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 2 “บ่อน้ำ”							
1	การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
4	การรวบรวม จัดการข้อมูล	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
3	การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
2	การประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 3 “ลาดชัน”							
1	การระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
4	การรวบรวม จัดการข้อมูล	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
3	การวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง
	การดำเนินการแก้ปัญหาหรือหา	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง

	คำตอบ						
2	การประเมินผลการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง
	เฉลี่ย					**0.78**	**สอดคล้อง**

ภาคผนวก จ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมี วิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นเอียง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 งานและพลังงาน **เรื่อง เครื่องกลอย่างง่ายรายวิชา**
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4 **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 **จำนวน 4 คาบ คาบละ 50 นาที**

.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

1) ว 2.3 ม2/2 วิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องกลอย่างง่ายจากข้อมูลที่รวบรวมได้

2) ว 2.3 ม2/3 ตะหนักถึงประโยชน์ของความรู้ของเครื่องกลอย่างง่าย โดยบอกประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

2. สาระสำคัญ

พื้นเอียง คือ เครื่องมือกลพื้นฐานชนิดหนึ่งที่ใช้ผ่อนแรง อาจอยู่ในรูปแบบเป็นไม้กระดานยาวเรียบ ใช้พาดบนที่สูง หรือพื้นผิวระหว่างพื้นต่างระดับ เคลื่อนที่วัตถุด้วยการลากหรือผลัก ช่วยอำนวยความสะดวกและช่วยผ่อนแรงในการย้ายสิ่งของขึ้น หรือลงจากยานพาหนะ

3. จุดประสงค์

ด้านความรู้

1. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์การทำงานของ พื้นเอียง ต่อสถานการณ์ที่กำหนดได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการทำงานของพื้นเอียงได้
3. นักเรียนสามารถบอกประโยชน์ของพื้นเอียงในชีวิตประจำวันได้

ด้านทักษะ

1. นักเรียนร่วมกันระบุปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง
2. นักเรียนสามารถพิจารณาและตัดสินใจเลือกรูปแบบการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณได้
3. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างเครื่องมือที่อาศัยหลักการ เรื่อง พื้นเอียง ตามสถานการณ์ที่กำหนดโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้

4. นักเรียนสามารถทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานให้เหมาะสมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้

5. นักเรียนสามารถประเมินผลการแก้ปัญหาและนำเสนอผลการแก้ปัญหาได้

6. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นเอียงในชีวิตประจำวันได้

ด้านคุณลักษณะ

1. นักเรียนมีวินัยในการทำงาน มีความกระตือรือร้นในการเรียนและปฏิบัติกิจกรรมให้สำเร็จภายในเวลาที่กำหนด

2. นักเรียนมีน้ำใจ มีเหตุผล ยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

4. เนื้อหาบูรณาการสะเต็ม (STEM)

วิทยาศาสตร์ (S) = พื้นเอียง

เทคโนโลยี (T) = การสืบค้นข้อมูล การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์เหมาะสม

วิศวกรรม (E) = กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

คณิตศาสตร์ (M) = การวัด การคำนวณ การกำหนดอัตราส่วน และร้อยละ

5. การวัดการประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ที่ใช้
ด้านความรู้			
1. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์การทำงานของ พื้นเอียง ต่อสถานการณ์ที่กำหนดได้	- การทำใบกิจกรรมที่ 1	- ใบกิจกรรมที่ 1 - ใบกิจกรรมที่ 5 - แบบประเมินการทำใบกิจกรรม	- ได้คะแนนแต่ละรายการไม่น้อยกว่าระดับพอใช้
2. นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะการทำงานของพื้นเอียงได้	- การทำใบกิจกรรมที่ 1		
3. นักเรียนสามารถบอกประโยชน์ของพื้นเอียงในชีวิตประจำวันได้	- การทำใบกิจกรรมที่ 5		
ด้านทักษะ			
1. นักเรียนร่วมกันระบุปัญหา	- การทำใบ	- ใบกิจกรรมที่ 1	- ได้คะแนนแต่ละ

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ที่ใช้
และเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง 2. นักเรียนสามารถพิจารณาและตัดสินใจเลือกรูปแบบการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณได้ 3. นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างเครื่องมือที่อาศัยหลักการ เรื่อง พื้นเอียง ตามสถานการณ์ที่กำหนดโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ 4. นักเรียนสามารถทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานให้เหมาะสมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ 5. นักเรียนสามารถประเมินผลการแก้ปัญหาและนำเสนอผลการแก้ปัญหาได้ 6. นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องพื้นเอียงในชีวิตประจำวันได้	กิจกรรมที่ 1 - การทำใบกิจกรรมที่ 3 - การทำใบกิจกรรมที่ 2 - ชิ้นงาน - การทำใบกิจกรรมที่ 4 - ชิ้นงาน - การทำใบกิจกรรมที่ 5 - การทำใบกิจกรรมที่ 5	- ใบกิจกรรมที่ 2 - ใบกิจกรรมที่ 3 - ใบกิจกรรมที่ 4 - ใบกิจกรรมที่ 5 - แบบประเมินการทำใบกิจกรรม - แบบประเมินชิ้นงาน	รายการไม่น้อยกว่าระดับพอใช้
ด้านคุณลักษณะ			
1. นักเรียนมีวินัยในการทำงาน มีความกระตือรือร้นในการเรียนและปฏิบัติกิจกรรมให้สำเร็จภายในเวลาที่กำหนด 2. นักเรียนมีน้ำใจ มีเหตุผล	- การสังเกตพฤติกรรม - การสังเกตพฤติกรรม	- แบบสังเกตพฤติกรรม	- ได้คะแนนไม่น้อยกว่าระดับพอใช้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ที่ใช้
ยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน			

6. การจัดการเรียนรู้

ขั้นระบุปัญหา (20 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยการถามคำถามว่า นักเรียนเคยไปที่ร้านสะดวกซื้อ (7-11) แล้วเห็นตอนรถส่งของมาส่งสินค้าหรือไม่ (แนวการตอบ เคย/ไม่เคย) ถ้าใครเคยเห็นจะพบว่า ความสูงของตัวรถกับพื้นจะต่างกันมาก รถจึงมีตัวช่วยเป็นพื้นเอียงพาดกับขอบของตัวรถเพื่อให้ง่ายต่อการขนส่ง นักเรียนคิดว่าพื้นเอียงช่วยให้ง่ายอย่างไร (แนวการตอบ ช่วยในการผ่อนแยก ให้ยกของลงมาง่าย)

2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน จากนั้นนำวิดีทัศน์ “เรื่อง พื้นเอียงที่พบในชีวิตประจำวัน ” https://www.youtube.com/watch?v=7HfTI0EckBc ให้นักเรียนดูแล้วครูตั้งคำถามเพื่อเป็นการกระตุ้นผู้เรียน ว่า “นักเรียนคิดว่า พื้นเอียงมีหลักการทำงานอย่างไร ” *(แนวการตอบ พื้นยิ่งเอียงมากแรงยิ่งต้องใช้มาก)*

3. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 1 ให้กับนักเรียน และอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรมและรายละเอียดของใบกิจกรรมให้แก่นักเรียน

4. ครูให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 1 แล้วให้นักเรียนตอบในใบกิจกรรมที่ 1 เขียนปัญหาและระบุเงื่อนไขและวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดมาให้ว่ามีอะไรบ้าง

ขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนวิเคราะห์ จากสถานการณ์และเงื่อนไขในใบกิจกรรมที่ 1 ว่า นักเรียนต้องใช้ความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีหรือเครื่องมือ ใดบ้างเพื่อที่จะใช้แก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด

2. ครูให้นักเรียนสืบค้นความรู้และวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่ได้วิเคราะห์ไว้ นักเรียนรวมรวมและ สรุปเป็นข้อมูลที่สืบค้นได้ แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงความรู้ที่นักเรียนได้สืบค้น และอธิบายลักษณะของพื้นเอียง จากนั้นครูให้นักเรียนทำการสดลองลากถุงทรายบนพื้นเอียงในองศาต่างกัน เพื่อศึกษาแรงที่ใช้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการทำงานของพื้นเอียงและออกแบบชิ้นงานมากขึ้น

4. ให้แต่ละกลุ่มยกตัวอย่างการนำพื้นเอียง ที่นักเรียนเคยพบเห็นในชีวิตประจำวันหรือที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล อธิบายหลักการทำงาน บันทึกลงในใบกิจกรรมแล้วนำเสนอที่หน้าชั้นเรียน

ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (30 นาที)

1. ครูสร้างสถานการณ์จำลอง เป็นร้านขายของชำ ที่มีสินค้ามากมายหลากหลาย โดยให้นักเรียนได้เห็นอุปกรณ์อย่างคร่าว ๆ ว่ามีอะไรขายบ้าง (สินค้าจำนวน 18 รายการ)

2. นักเรียนแต่ละคนในกลุ่ม ออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการขนส่งวัสดุในพื้นที่ลาดเอียง จำนวนคนละ 1 รูปแบบ โดยระบุเหตุผลในการออกแบบและการเลือกใช้อุปกรณ์ ออกแบบภายใต้งบประมาณที่ครูกำหนดไว้ นักเรียนสามารถเลือกซื้ออุปกรณ์ใด ๆ ในร้านก็ได้ เพื่อที่จะนำมาสร้างเป็นชิ้นงาน

3. นักเรียนแต่ละคนบันทึกแบบร่างชิ้นงานของกลุ่มตนเอง และวาดแบบร่างลงในใบกิจกรรมที่ 2

4. ในระหว่างการทำกิจกรรม ครูจะเป็นผู้คอยเดินสำรวจนักเรียนและทำการสอบถามเพื่อกระตุ้นแก่นักเรียน

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (70 นาที)

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกแบบร่างชิ้นงานที่สมาชิกในกลุ่มออกแบบไว้จำนวน 1 แบบ พร้อมทั้งระบุเหตุผลที่เลือก อภิปรายร่วมกัน แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 3

2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกไปซื้ออุปกรณ์ที่ร้านค้า ภายใต้งบประมาณที่ครูกำหนด จากนั้นลงมือสร้างชิ้นงาน ตามรูปแบบที่แต่ละกลุ่มออกแบบและเลือกไว้

3. ในระหว่างการทำกิจกรรม ครูจะเป็นผู้คอยเดินสำรวจนักเรียนและทำการสอบถามเพื่อกระตุ้นแก่นักเรียน

ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (30 นาที)

1. นักเรียนนำชิ้นงานที่สร้างเสร็จแล้วมาทำการทดสอบ โดยการดึงวัตถุจากพื้นลาดชันขึ้นมาโดยใช้แรงน้อยกว่าน้ำหนักของวัสดุ เพื่อหาปัญหาและข้อผิดพลาด โดยบันทึกผลการทดสอบปัญหา และแนวทางแก้ไขปัญหาลงในใบกิจกรรมที่ 4

2. เมื่อนักเรียนปรับปรุงชิ้นงานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ให้แต่ละกลุ่มมาทดสอบอีกครั้ง โดยการขนส่งวัตถุในแนวพื้นลาดเอียง จากพื้นขึ้นไปยังที่สูง กลุ่มใดขนส่งได้ครบตามที่ครูกำหนด ถือว่าเป็นผู้ชนะ

3. นักเรียนบันทึกสรุปผลการทำกิจกรรม โดยการประเมินการใช้งานของชิ้นงาน ลงในใบกิจกรรมที่ 5

ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (20 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่ม ส่งตัวแทนออกมารับกระดาษบรู๊ฟและปากกาสีที่หน้าชั้นเรียน

2. ให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงาน โดยเลือก 4 ประเด็นเพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอหน้าชั้นเรียน ดังนี้

1. ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไข

2. ผลการทดสอบชิ้นงาน

3. ข้อดี ข้อเสีย ของชิ้นงาน

4. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการปรับปรุงชิ้นงานในอนาคต

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนโดยมีเวลากลุ่มละ 5 นาที

6. หลังจบการนำเสนอ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ร่วมกันเสนอแนะวิธีการแก้ปัญหาหรือคำแนะนำเพิ่มเติม จากนั้นให้นักเรียนตรวจสอบใบกิจกรรมให้เรียบร้อยและส่งครูท้ายชั่วโมง

7. สื่อ / แหล่งเรียนรู้

1) สื่อวีดีทัศน์ เรื่อง การทำงานของสายพานลำเลียง

2) ใบกิจกรรมที่ 1 - 5

3) อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน (จำนวน 18 รายการ)

4) กระดาษบรู๊ฟ

ใบกิจกรรมที่ 1
วิเคราะห์สถานการณ์

สถานการณ์

ณ หน่วยกู้ภัย อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้รับแจ้งเหตุ มีรถขนส่งพัสดุตกเหวบริเวณทางขึ้นภูทับเบิก ทราบเหตุเบื้องต้นรถขนส่งพัสดุ นำพัสดุจากอำเภอหล่มเก่าขึ้นไปส่งยังภูทับเบิก ในรถมีคนขับ 1 คน บาดเจ็บที่แขนเล็กน้อย เมื่อเจ้าหน้าที่ไปถึงที่เกิดเหตุ ได้นำคนเจ็บส่งตัวไปรักษาที่โรงพยาบาลหล่มเก่า ส่วนพัสดุในรถนั้น มีจำนวนมาก ต้องอาศัยแรงงานคนหลายคนอย่างน้อย 20 คน จึงจะสามารถนำพัสดุขึ้นมาได้หมด เนื่องจากบริเวณที่เกิดอุบัติเหตุเป็นเหวลึกประมาณ 100 เมตร ลักษณะพื้นที่เป็นพื้นที่ลาดเอียงประมาณ 60 องศา

ถ้าไม่ต้องการใช้แรงงานคนจำนวนมาก นักเรียนจะออกแบบเครื่องมือในการขนย้ายพัสดุในพื้นที่ลาดเอียงอย่างไร ให้สามารถขนย้ายพัสดุได้รวดเร็วและพัสดุไม่ชำรุดเสียหาย

เงื่อนไขในการออกแบบ

- เครื่องมือขนย้ายต้องใช้แรงน้อยที่สุด
- กำหนดตำแหน่งของพัสดุจากพื้นถึงจุดรับพัสดุด้านบน 50 เซนติเมตร
- ชิ้นงานมีประสิทธิภาพสูงสุด (สามารถขนย้ายพัสดุที่มีน้ำหนักตามที่กำหนดได้)
- ออกแบบให้ประหยัดงบประมาณให้มากที่สุด (ภายใต้งบประมาณ 500 บาท)

คำถามข้อที่ 1 ให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาและเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามที่ 2 ให้นักเรียนเขียนอธิบายถึงหลักการความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ข้างต้นที่ได้จากการระดมความคิดและสืบค้นข้อมูล

>>> ด้านวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

>>> ด้านเทคโนโลยี

.....

.....

.....

.....

>>> ด้านวิศวกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

>>> ด้านคณิตศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 2
ออกแบบกันเถอะ

ชื่อกลุ่ม.....

แบบร่างของ.....**เลขที่**.....

- ให้นักเรียนออกแบบเครื่องมือขนส่งพัสดุในพื้นที่ลาดเอียง และเขียนระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ งบประมาณ ลงในใบกิจกรรมที่กำหนด

หลักการในการออกแบบ

.....

.....

.....

.....

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ราคารวม.....บาท

เหตุผลในการเลือกวัสดุที่ใช้ในการออกแบบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 3

การเลือกแบบร่างชิ้นงาน

ชื่อกลุ่ม.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกแบบร่างที่นักเรียนออกแบบไว้ แล้วระบุเหตุผลที่เลือกแบบร่าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบสั่งซื้อวัสดุ ร้านศักดาการค้า

รายการอุปกรณ์	ราคา	จำนวน	เป็นเงิน (บาท)
1. ไม้ไอศกรีม	5 บาท/ชิ้น		
2. ไม้เสียบลูกชิ้น (8 cm)	2 บาท/ชิ้น		
3. ไม้เสียบลูกชิ้น (30 cm)	8 บาท/ชิ้น		
4. ตะเกียบไม้	10 บาท/คู่		
5. เชือกขาวเล็ก	5 บาท/เมตร		
6. เชือกขาวใหญ่	15 บาท/เมตร		
7. เอ็น	10 บาท/เมตร		
8. กาวร้อน	20 บาท/ขวด		
9. กาวแท่ง	10 บาท/แท่ง		
10. เทปกาว	20 บาท/ม้วน		
11. กาวลาเท็กซ์	25 บาท/ขวด		
12.หนังยางวงเล็ก	2 บาท/เส้น		
13.หนังยางวงใหญ่	3 บาท/เส้น		
14. รอกเหล็ก	50 บาท/ตัว		
15. รอกพลาสติก	70 บาท/ตัว		
16. ขวดน้ำ (600 cm^3)	10 บาท/ขวด		
17. ขวดน้ำ (1,200 cm^3)	20 บาท/ขวด		
18. ฝากระปุก	5 บาท/ฝา		
19. แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด (50*50 ซม.)	60 บาท/แผ่น		
20. แผ่นไม้อัด (10*50 ซม.)	60 บาท/แผ่น		
รวมทั้งสิ้น			

ใบกิจกรรมที่ 4

ผลการทดสอบ

ชื่อกลุ่ม.....

>> ให้นักเรียนบันทึกการปรับปรุงชิ้นงานหลังจากที่ได้นำไปทดสอบ

ผลการทดสอบ

.....

.....

.....

ปัญหา / ข้อผิดพลาด

.....

.....

.....

.....

แนวทางการแก้ไข/พัฒนาชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบบันทึกการแก้ไขพัฒนาชิ้นงาน

ร้านศักดาการค้า

จำหน่าย วัสดุ/อุปกรณ์ ทุกชนิดที่ท่านต้องการ

รายการสินค้า	ราคา	รายการสินค้า	ราคา	รายการสินค้า	ราคา
ไม้ไอศกรีม	3 บาท/ชิ้น	กาวร้อน	20 บาท/หลอด	รอกพลาสติก	70 บาท/ตัว
ไม้เสียบลูกชิ้น(8 cm)	2 บาท/ชิ้น	กาวแท่ง	10 บาท/แท่ง	ขวดน้ำ (600 cm^3)	10 บาท/ตัว
ไม้เสียบลูกชิ้น(30cm)	8 บาท/ชิ้น	เทปกาว	20 บาท/ม้วน	ขวดน้ำ (1,200 cm^3)	20 บาท/ขวด
ตะเกียบไม้	10 บาท/คู่	กาวลาเท็กซ์	25 บาท/ขวด	ฝากระปุก	5 บาท/ฝา
เชือกขาวใหญ่	15 บาท/เมตร	หนังยาง (Ø 2 cm)	2 บาท/เส้น	แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด (50*50 ซม.)	60 บาท/แผ่น
เอ็น	10 บาท/เมตร	หนังยาง (Ø 4 cm)	3 บาท/เส้น	แผ่นไม้อัด (10*50 ซม.)	60 บาท/แผ่น
เชือกขาวเล็ก	5 บาท/เมตร	รอกเหล็ก	50 บาท/ตัว		

ใบกิจกรรมที่ 5
การประเมินชิ้นงาน

ชื่อกลุ่ม.....

>> ให้นักเรียนประเมินชิ้นงานของกลุ่มตนเองตามหัวข้อดังต่อไปนี้

ถ้าคะแนนเต็ม 10 คะแนน นักเรียนจะให้คะแนนกลุ่มนักเรียนเท่าใด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

ข้อดี ข้อเสีย ของชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการปรับปรุงชิ้นงานในอนาคต

.....

.....

.....

.....

ถ้าชิ้นงานของนักเรียนสามารถไปผลิตใช้ได้จริง นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุชนิดใด เพราะเหตุจงอธิบาย

.....

.....

.....

แบบประเมินชิ้นงาน
เครื่องมือในการขนย้ายพัสดุในพื้นที่ลาดเอียง

กลุ่มที่.....

สมาชิกกลุ่ม 1.....เลขที่.....

2.....เลขที่.....

3.....เลขที่.....

4.....เลขที่.....

5.....เลขที่.....

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. ความสูงของเครื่องมือ			
2. แรงที่ใช้ในการขนย้ายพัสดุ			
3. น้ำหนักของพัสดุที่ขนย้าย			
4. หลักการออกแบบชิ้นงาน			
5. ต้นทุนการสร้าง			
คะแนนรวม			

เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน

1. ความยาวของเครื่องมือจับและเคลื่อนย้ายวัตถุ	
ระดับคุณภาพ	ความหมาย
3 (ดี)	เครื่องมือขนย้ายพัสดุสูงจากพื้น 50 เซนติเมตร
2 (พอใช้)	เครื่องมือขนย้ายพัสดุสูงจากพื้น 40-49 เซนติเมตร
1 (ปรับปรุง)	เครื่องมือขนย้ายพัสดุสูงจากพื้น น้อยกว่า 40 เซนติเมตร
2. แรงที่ใช้ในการขนย้ายพัสดุ	
ระดับคุณภาพ	ความหมาย
3 (ดี)	ใช้แรงในการยกวัสดุน้อยกว่าค่าน้ำหนักของวัสดุที่ยก
2 (พอใช้)	ใช้แรงในการยกวัสดุเท่ากับค่าน้ำหนักของวัสดุที่ยก
1 (ปรับปรุง)	ใช้แรงในการยกวัสดุมากกว่าค่าน้ำหนักของวัสดุที่ยก
3. น้ำหนักของพัสดุที่ขนย้าย	
ระดับคุณภาพ	ความหมาย
3 (ดี)	สามารถขนย้ายพัสดุมวล 400 -500กรัมขึ้นไปได้
2 (พอใช้)	สามารถขนย้ายพัสดุมวล 200-399 กรัมได้
1 (ปรับปรุง)	สามารถขนย้ายพัสดุมวลน้อยกว่า 200 กรัม หรือไม่สามารถขนย้ายพัสดุได้
4. การออกแบบการสร้างชิ้นงาน	
ระดับคุณภาพ	ความหมาย
3 (ดี)	สามารถอธิบายหลักการหรือแนวคิดที่ใช้ออกแบบชิ้นงานได้อย่างครบถ้วน
2 (พอใช้)	สามารถอธิบายหลักการหรือแนวคิดที่ใช้ออกแบบชิ้นงานได้อย่างบางส่วน
1 (ปรับปรุง)	ไม่สามารถอธิบายหลักการหรือแนวคิดที่ใช้ออกแบบชิ้นงานได้
5. ต้นทุนการสร้าง	
ระดับคุณภาพ	ความหมาย
3 (ดี)	ใช้งบประมาณไม่เกิน 440 บาท
2 (พอใช้)	ใช้งบประมาณไม่เกิน 441-480 บาท
1 (ปรับปรุง)	ใช้งบประมาณมากกว่า 480 บาท

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

รหัสวิชา ว22102 รายวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง.....

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ผู้สอน นายศักดา ศรีแย้ม

ผู้สะท้อนผล ☐ ผู้วิจัย ☐ ผู้ร่วมวิจัย

วันที่ทำการสังเกต.....ตั้งแต่เวลา.....ถึง..... .

คำชี้แจง ให้ผู้สะท้อนผลทำการบันทึกปัญหา ความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ภาพรวมของการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้นส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณหรือไม่ เพราะเหตุใดท่านจึงคิดเช่นนั้น

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้น ประกอบด้วย ปัญหา / อุปสรรค ข้อดี ข้อเสีย และข้อเสนอแนะ

ส่วนที่ 3 การสรุปปัญหาหรือข้อเสนอแนะให้แก่ผู้วิจัย

ส่วนที่ 1 ภาพรวมของการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้นส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณหรือไม่ เพราะเหตุใดท่านจึงคิดเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละขั้น ประกอบด้วย 6 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา ครูตั้งประเด็นคำถามหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่ทำการเรียนการสอน เพื่อจะนำไปสู่คำตอบของการแก้ปัญหาของนักเรียน จากนั้นให้นักเรียนระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไขที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคำถามหรือสถานการณ์และวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนด

ประเด็น	มี	ไม่มี
1. ครูตั้งประเด็นคำถามหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่ทำการเรียนการสอน เพื่อจะนำไปสู่คำตอบของการแก้ปัญหาของนักเรียน		
2. นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ และระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์		

ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อดี / ข้อเสีย

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหาและพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลและตัดสินใจเลือกข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปสู่การวางแผนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณต่อไป

ประเด็น	มี	ไม่มี
1. นักเรียนวิเคราะห์ สถานการณ์และเงื่อนไขในใบกิจกรรม นักเรียนรู้อะไรแล้วบ้าง นักเรียนต้องการรู้สิ่งใดเพิ่มเติม และนักเรียนจะหาความรู้เพิ่มเติม		
2. นักเรียนสืบค้นความรู้ สรุปข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ		
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ		

ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อดี / ข้อเสีย

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนที่ 2 เพื่อออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ประเด็น	มี	ไม่มี
1. นักเรียนแต่ละคนในกลุ่ม ออกแบบอุปกรณ์ จำนวน 1 รูปแบบโดยออกแบบภายใต้เงื่อนไขและงบประมาณที่ครูกำหนดไว้		

ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อดี / ข้อเสีย

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนวางแผนและเลือกวิธีการแก้ปัญหาตามรูปแบบที่แต่ละกลุ่มเห็นว่าสามารถแก้ปัญหาได้ โดยระบุเหตุผลในการเลือกรูปแบบชิ้นงาน จากนั้นปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้โดยการสร้างชิ้นงานที่นำไปสู่การแก้ปัญหานั้น

ประเด็น	มี	ไม่มี
1. นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกแบบร่างชิ้นงานที่สมาชิกในกลุ่มออกแบบไว้ จำนวน 1 แบบ พร้อมทั้งระบุเหตุผลที่เลือก		
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มซื้ออุปกรณ์ที่ร้านค้าที่ครูกำหนด จากนั้นลงมือสร้างชิ้นงาน ตามรูปแบบที่แต่ละกลุ่มเลือกไว้		

ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อดี / ข้อเสีย

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนจะต้องทำการทดสอบและทำการประเมินชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น ถึงความสามารถในการแก้ปัญหาหรือประสิทธิภาพของชิ้นงานนั้น ๆ เทียบกับเกณฑ์หรือเงื่อนไขที่มี แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานเพื่อให้ได้ชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

ประเด็น	มี	ไม่มี
1. นักเรียนนำชิ้นงานที่สร้างเสร็จแล้วมาทำการทดสอบ เพื่อดูประสิทธิภาพของชิ้นงาน		
2. นักเรียนปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น / สามารถแก้ปัญหาได้		

ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อดี / ข้อเสีย

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนทำการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา ข้อดี ข้อเสียและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงชิ้นงานในอนาคต

ประเด็น	**มี**	**ไม่มี**
1. นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนสรุปทั้งหมดในการสร้างชิ้นงาน พร้อมทั้งบอกข้อดี ข้อเสีย และ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการปรับปรุงชิ้นงานในอนาคต ลงในกระดาษบรู๊ฟ		
2. นักเรียนนำเสนอสิ่งที่ได้สรุปไว้ที่หน้าชั้นเรียน		

ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อดี / ข้อเสีย

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ส่วนที่ 3 การสรุปปัญหาหรือข้อเสนอแนะให้แก่ผู้วิจัย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สะท้อนผล

(.....)

ภาคผนวก ช แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ

ชื่อ ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบชุดนี้เป็นแบบอัตนัยซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์และตัวคำถามให้ผู้เรียนตอบคำถามในขอบเขตข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่กำหนดให้ตามสถานการณ์เท่านั้น ในหนึ่งสถานการณ์จะประกอบไปด้วยข้อคำถาม 4 ข้อ ผู้เรียนต้องเขียนตอบให้ครบทุกข้อคำถามพร้อมทั้งแสดงเหตุผลด้วยเสมอ

2. แบบทดสอบทั้งหมดมี 3 สถานการณ์ ข้อคำถามทั้งหมด 12 ข้อ 36 คะแนน ให้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

สถานการณ์ที่ 1 “สวนกล้วยไข่”

สวนกล้วยไข่แห่งหนึ่ง ในจังหวัดกำแพงเพชร มีเนื้อที่ 100 ไร่ ปลูกกล้วยไข่พันธุ์พื้นเมือง ไร่ละ 400 ต้นให้ผลผลิตดี น้ำหนักต่อเครือประมาณ 7 กิโลกรัม วิธีการเก็บผลผลิตใช้แรงงานคนในการตัดและใส่รถเข็น เข็นออกมาจากสวน โดยรถเข็น 1 คัน เข็นได้ 10 เครือ ใช้แรงงานคน 2 คนต่อรถเข็น 1 คัน ปัจจุบันประสบปัญหาขาดแคลนแรงงานในการนำกล้วยออกจากสวน เจ้าของสวนจึงได้มีการสร้างวิธีการขนส่งแบบใหม่ โดยใช้รอกในการนำกล้วยออกมาจากสวน ออกแบบให้รอกเกี่ยวกับราวสลิง แล้วแขวนกล้วยให้ติดกับรอกอีกที ใช้แรงคนในการผลักให้รอกเคลื่อนที่ แต่ในการสร้างรอกขนส่งกล้วยนี้ก็ส่งผลให้ต้นทุนเพิ่มสูงขึ้น

ภาพที่ 1 รถเข็นกล้วย

ที่มา http://www.rspsecurity-maid.com/product/13/

ภาพที่ 2 รอกขนส่งกล้วย

ที่มา https://www.sanook.com/money/373913/

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์

2. จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาของเจ้าของสวนกล้วยมีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

3. ถ้านักเรียนเป็นเจ้าของสวนกล้วย จะใช้มีวิธีการอย่างไรในการขนส่งกล้วยออกจากสวนได้ในปริมาณมาก ใช้จำนวนคนให้น้อยที่สุด และประหยัดค่าใช้จ่ายที่สุด เขียนอธิบายพร้อมวาดภาพประกอบการอธิบาย

4. จากสถานการณ์ที่ 1 มีการใช้ความรู้หรือหลักการความรู้ด้าน STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์) มาแก้ปัญหาหรือไม่ อย่างไร

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ โดยอาศัยข้อมูลจากสถานการณ์ที่ 1 “สวนกล้วยไข่”

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาของเจ้าของสวนกล้วยมีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

3. ถ้านักเรียนเป็นเจ้าของสวนกล้วย จะใช้มีวิธีการอย่างไรในการขนส่งกล้วยออกจากสวนได้ในปริมาณมาก ใช้จำนวนคนให้น้อยที่สุด และประหยัดค่าใช้จ่ายที่สุด เขียนอธิบายพร้อมวาดภาพประกอบการอธิบาย

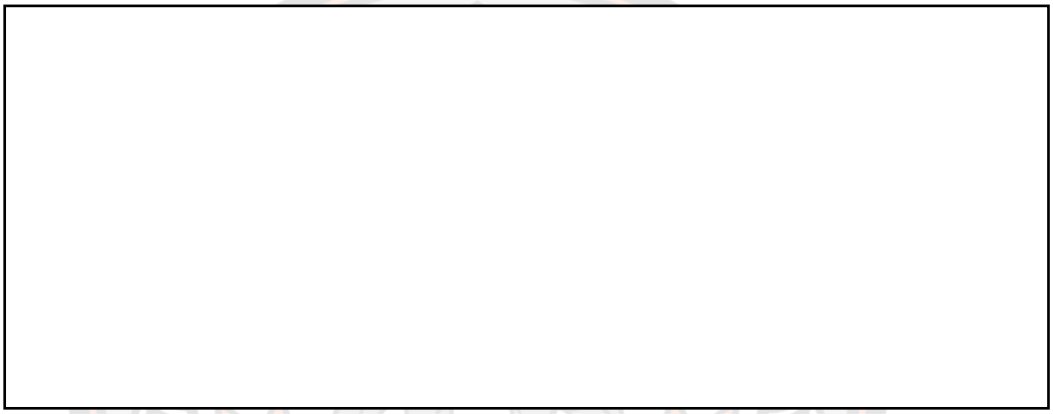
.....

.....

.....

.....

.....



4. จากสถานการณ์ที่ 1 มีการใช้ความรู้หรือหลักการความรู้ด้าน STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์) มาแก้ปัญหาหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

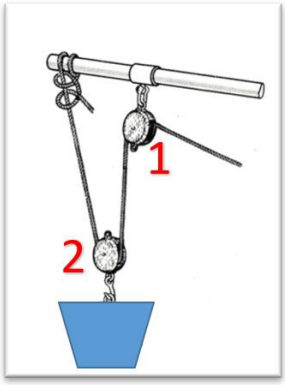
.....

สถานการณ์ที่ 2 “บ่อน้ำ”

ณ หมู่บ้านแห่งหนึ่ง มีประชากร 20 หลังคาเรือน อยู่ในพื้นที่ห่างไกล ไม่มีน้ำประปาใช้ในหมู่บ้าน ชาวบ้านทั้งหมดใช้น้ำจากบ่อน้ำเก่าของหมู่บ้าน ในการอุปโภคและบริโภค ลักษณะของบ่อน้ำเป็นบ่อที่มีการใส่วงซีเมนต์ไว้ด้านใน ขอบบ่อสูงจากพื้นดินโดยรอบ 1 เมตร เวลาจะนำน้ำขึ้นมาใช้ ชาวบ้านต้องใช้เชือกผูกกับถังน้ำเพื่อใช้ตักน้ำในบ่อ แล้วดึงเชือกขึ้นมา โดยเชือก จะถูกดึงผ่านรอก 1 ตัว (ดังภาพที่ 1) ซึ่งแรงที่ใช้ดึงเชือกจะเท่ากับน้ำหนักของน้ำในถัง ต่อมามีนักศึกษาออกค่ายพัฒนาชุมชน ได้เข้ามาปรับปรุงวิธีการตักน้ำของชาวบ้าน โดยการเพิ่มรอกเข้าไปอีก 1 ตัว รอกตัวที่ 1 ผูกไว้ตำแหน่งเดิม รอกตัวที่ 2 ผูกติดกับถังน้ำ แล้วดึงเชือกให้ผ่านรอกตัวที่ 1 (ดังภาพที่ 2)

ภาพที่ 1 การตักน้ำขึ้นจากบ่อด้วยรอก

ที่มา http://oknation.nationtv.tv/blog/chaoying/2013/



ภาพที่ 2 รูปแบบการติดตั้งรอกตัวที่ 1 และตัวที่ 2

ที่มา https://rtnakm.com/2018/05/11/

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์

2. จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาของนักศึกษาที่ไปออกค่ายมีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

3. ถ้านักเรียนมีโอกาสออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยผ่อนแรงในการตักน้ำของชาวบ้าน จะใช้มีวิธีการออกแบบอย่างไร ให้ออกแรงน้อยที่สุด และมีความสะดวกต่อการใช้งานของชาวบ้านมากที่สุด เขียนอธิบายพร้อมวาดภาพประกอบการอธิบาย

4. จากสถานการณ์ที่ 2 มีการใช้ความรู้หรือหลักการความรู้ด้าน STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์) มาแก้ปัญหาหรือไม่ อย่างไร

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ โดยอาศัยข้อมูลจากสถานการณ์ที่ 2 “บ่อน้ำ”

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์

.....

.....

.....

.....

2. จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาของนักศึกษาที่ไปออกค่ายมีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

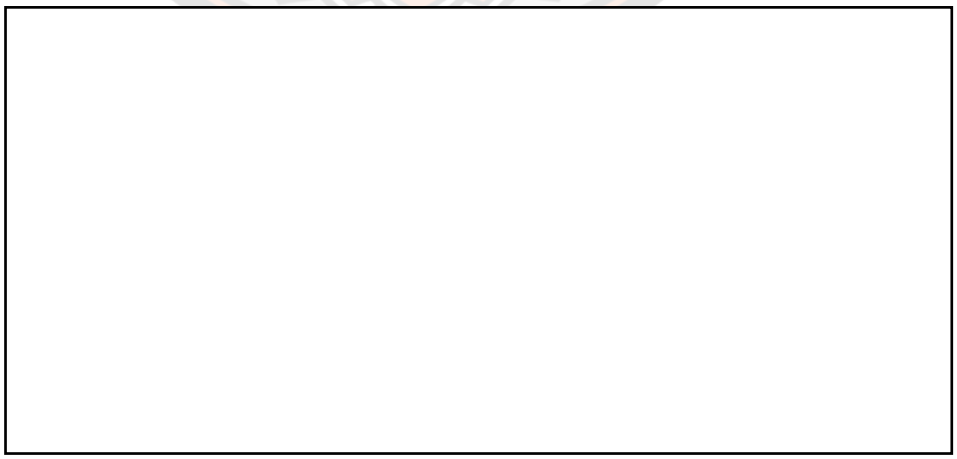
3. ถ้านักเรียนมีโอกาสออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยผ่อนแรงในการตักน้ำของชาวบ้าน จะใช้มีวิธีการออกแบบอย่างไร ให้ออกแรงน้อยที่สุด และมีความสะดวกต่อการใช้งานของชาวบ้านมากที่สุด เขียนอธิบายพร้อมวาดภาพประกอบการอธิบาย

.....

.....

.....

.....



4. จากสถานการณ์ที่ 2 มีการใช้ความรู้หรือหลักการความรู้ด้าน STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์) มาแก้ปัญหาหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 3 “ลาดชัน”

บริษัทแทรกเตอร์จำกัด ได้เราเหมาปรับพื้นที่ในบริเวณเนินดินที่มีความสูง 80 เมตร อยู่บริเวณเชิงเขา ให้เหลือความสูง 50 เมตร เนื้อที่ประมาณ 5 ไร่ โดยเจ้าของจะนำพื้นที่ส่วนนี้ไปสร้างโรงเรือนเพาะปลูกไม้ดอกเมืองหนาว หลังดำเนินการอยู่เป็นเวลา 3 วัน มีรถแทรกเตอร์คันนึงเสียหลักลื่นไถลลงไปยังพื้นด้านล่าง ลึกประมาณ 20 เมตร ลักษณะเป็นพื้นที่ลาดชัน 70 องศา สภาพรถได้รับความเสียหาย ทางบริษัทจึงได้ดำเนินการนำรถเครนมายกรถแทรกเตอร์ขึ้น แต่เนื่องด้วยรถเครนที่บริษัทมี เป็นรถขนาดเล็ก ไม่สามารถยกรถแทรกเตอร์ขึ้นมาในแนวตรงได้ ประกอบกับเหตุเกิดอยู่ในพื้นที่ห่างไกล ไม่มีรถเครนรับจ้างที่ใหญ่กว่านี้ ทางบริษัทจึงได้ตัดสินใจที่จะปรับพื้นที่ลาดชันบริเวณที่รถแทรกเตอร์ตกลงไป ให้มีความชันลดลง อยู่ที่ 45 องศา แล้วใช้เครนดึงขึ้นมา

ภาพ ลักษณะพื้นที่ลาดชัน

ที่มา facebook : Anupong Resing Sriboonteam

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์

2. จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาของบริษัทแทรกเตอร์จำกัด มีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

3. ถ้านักเรียนนักเรียนเป็นเจ้าของบริษัทแทรกเตอร์จำกัด นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรที่จะนำรถแทรกเตอร์ขึ้นมาได้ง่ายและเหมะสมกับสถานการณ์ที่สุด เขียนอธิบายพร้อมวาดภาพประกอบการอธิบาย

4. จากสถานการณ์ที่ 3 มีการใช้ความรู้หรือหลักการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ มาแก้ปัญหาหรือไม่ อย่างไร

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ โดยอาศัยข้อมูลจากสถานการณ์ที่ 3 “ลาดชัน”

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์

.....

.....

.....

.....

2. จากสถานการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาของบริษัทแทรกเตอร์จำกัด มีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

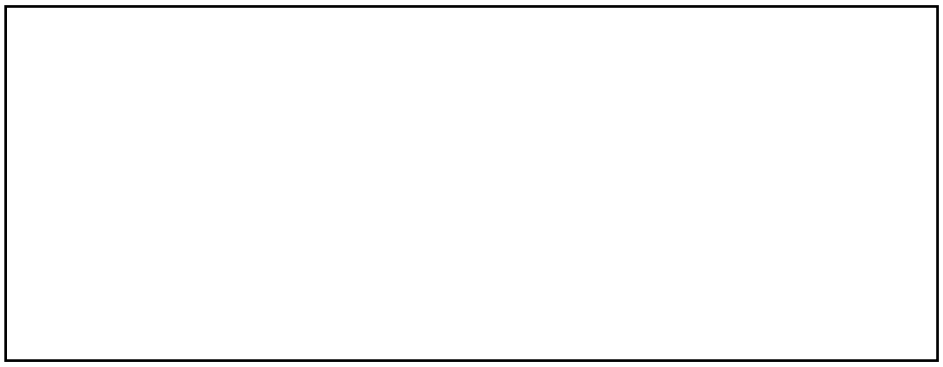
3. ถ้านักเรียนนักเรียนเป็นเจ้าของบริษัทแทรกเตอร์จำกัด นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรที่จะนำรถแทรกเตอร์ขึ้นมาได้ง่ายและเหมะสมกับสถานการณ์ที่สุด เขียนอธิบายพร้อมวาดภาพประกอบการอธิบาย

.....

.....

.....

.....



4. จากสถานการณ์ที่ 2 มีการใช้ความรู้หรือหลักการความรู้ด้าน STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์) มาแก้ปัญหาหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....