ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา

น.ส.สุวิมล สาสังข์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาประถมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF STEM-EDUCATION USING ENGINEERING DESIGN PROCESS ON PLOBLEM SOLVING ABILITY OF ELEMENTARY STUDENTS

Miss Suwimon Sasang

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Elementary Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา
โดย	น.ส.สุวิมล สาสังข์
สาขาวิชา	ประถมศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศวีร์ สายฟ้า)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.ศศิธร เขียวกอ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุวิมล สาสังข์ : ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา. (EFFECTS OF STEM-EDUCATION USING ENGINEERING DESIGN PROCESS ON PLOBLEM SOLVING ABILITY OF ELEMENTARY STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม 3) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 25 คน และกลุ่มควบคุม 25 คน เครื่องมีที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแบ่งเป็น แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม จำนวน 10 แผน และแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว จำนวน 10 แผน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) ค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลองของกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา ประถมศึกษา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5983947227 : MAJOR ELEMENTARY EDUCATION
KEYWORD: STEM-EDUCATION USING ENGINEERING DESIGN PROCESS, QUESTIONING TECHNIQUES, PROBLEM SOLVING ABILITY

Suwimon Sasang : EFFECTS OF STEM-EDUCATION USING ENGINEERING DESIGN PROCESS ON PLOBLEM SOLVING ABILITY OF ELEMENTARY STUDENTS. Advisor: Asst. Prof. YURAWAT KLAIMONGKOL, Ph.D.

The purposes of this research were 1) to compare the problem-solving ability of grade 3 students before and after the experiment of the experimental group. 2) to compare the problem-solving ability of grade 3 students before and after the experiment of the control group. And 3) to compare the ability to solve problems of grade 3 students between the experimental group and the control group. The subjects were third grade students of a public school. There were 25 students in the experimental groups and another 25 students in the control groups. The research instruments were STEM educational activity using engineering design process include questioning techniques plans and STEM educational activity using engineering plans. The data-collecting instruments were the pretest and posttest of the problem-solving ability test. The collected data were analyzed by mean, standard deviation, and t-test.

The results of the study showed that 1) the problem-solving ability of the student in the experimental group were higher after the students in the control group at a .05 level of significance; 2) the problem-solving ability of the student in the experimental group were higher after the experiment at a .05 level of significance; and 3) the problem-solving ability of students in the experiment group and the control group weren't different.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Elementary Education	Student's Signature .....
Academic Year:	2019	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อแนะนำ คำเสนอแนะ ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนคอยสร้างแรงบันดาลใจ และผลักดันให้เกิดเป็นวิทยานิพนธ์เล่มนี้ที่สมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความเมตตา และความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศวีร์ สายฟ้า ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. ศศิธร เขียวกอ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ท่านผู้อำนวยการโรงเรียนและคณะครูโรงเรียนวัดท่าเสา (อาทรราษฎร์อุปถัมภ์) ทุกท่านที่ให้ความเข้าใจ คอยช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้กันมาเสมอ และขอบใจนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ พ่อกับแม่ กำลังใจสำคัญที่ทำให้อดทนกับความท้อถอยทุกสิ่งอย่าง ขอบคุณครอบครัว พี่ น้อง ที่คอยอยู่เบื้องหลังในทุกความสำเร็จของผู้หญิงคนนี้ ขอบคุณกำลังแรงใจแรงเชียร์จากเพื่อน ๆ ป.โท และเพื่อน ๆ ในชีวิตทุก ๆ คน และขอบคุณตัวเองที่เดินมาถึงวันนี้ได้ “Don’t stop until you’re proud”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุวิมล สาสังข์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 13

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 13

คำถามงานวิจัย 19

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 19

สมมติฐานของการวิจัย 19

ขอบเขตการวิจัย 21

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 21

2. ตัวแปรที่ศึกษา 21

3. ระยะเวลา 22

นิยามศัพท์เฉพาะ 22

ความสามารถในการแก้ปัญหา 22

การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 22

เทคนิคการใช้คำถาม 22

ประโยชน์ที่ได้รับ 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25
1. ความสามารถในการแก้ปัญหา 26
1.1 ความหมายของการแก้ปัญหา 26
1.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา 28
1.3 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา 29
1.4 ลักษณะของความสามารถในการแก้ปัญหา 29
1.5 กระบวนการและขั้นตอนในการแก้ปัญหา 30
1.6 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา 36
2. กิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 39
2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา 39
2.2 ความเป็นมาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา 40
2.3 องค์ประกอบแนวคิดและทฤษฎีของสะเต็มศึกษา 42
2.4 รูปแบบการบูรณาการการเรียนรู้สะเต็มศึกษา 42
2.5 แนวทางการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา 44
2.6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 46
2.7 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 49
3. เทคนิคการใช้คำถาม 52
3.1 ความหมายของเทคนิคการใช้คำถาม 52
3.2 ความเป็นมาของเทคนิคการใช้คำถาม 53
3.3 ความสำคัญของการใช้คำถาม 55
3.4 วัตถุประสงค์ของการใช้คำถาม 56
3.5 ประเภทของคำถาม 57
3.6 ลักษณะของคำถามที่ดี 61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.7 วิธีการตั้งคำถาม 61
3.8 การตั้งคำถามด้วยเทคนิค 5W1H 62
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 67
กรอบแนวคิดในการวิจัย 71
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 72
1. รูปแบบการวิจัย 72
2. การกำหนดประชากรและกลุ่มกลุ่มตัวอย่าง 73
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 74
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล 74
3.2 เครื่องมือที่ใช้การทดลอง 79
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล 87
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 88
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 89
ตอนที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง 90
ตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม 93
ตอนที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา หลังการจัดกิจกรรม สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลองและ หลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม 96
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ 98
สรุปผลการวิจัย 99
อภิปรายผลการวิจัย 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะ 106

บรรณานุกรม 108

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ 116

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียน - หลังเรียน 123

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 126

ภาคผนวก ง คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการทดลองแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลอง 198

ภาคผนวก จ ผลคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 205

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างกิจกรรม และผลงานนักเรียน 210

ประวัติผู้เขียน 215

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางสรุปกระบวนการแก้ปัญหาจากองค์ประกอบของการคิดแก้ปัญหา..... 34

ตารางที่ 2 ตารางตัวแปรที่ศึกษา จำแนกตามความหมาย และตัวบ่งชี้..... 35

ตารางที่ 3 โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 38

ตารางที่ 4 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2558)..... 49

ตารางที่ 5 รูปแบบคำถามเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา 66

ตารางที่ 6 โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 75

ตารางที่ 7 ตัวอย่างข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 76

ตารางที่ 8 ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 80

ตารางที่ 9 แสดงโครงสร้างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรม. 81

ตารางที่ 10 โครงสร้างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม..... 82

ตารางที่ 11 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนกลุ่มทดลอง 90

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง 92

ตารางที่ 13 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของนักเรียนกลุ่มควบคุม..... 93

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม 95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง และค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม 97

ตารางที่ 16 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการทดลอง จำนวน 26 ข้อ..... 199

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการทดลอง แบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ แบบปรนัยจำนวน 24 ข้อ 200

ตารางที่ 18 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลอง จำนวน 26 ข้อ..... 202

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลอง แบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ แบบปรนัยจำนวน 24 ข้อ 203

ตารางที่ 20 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนกลุ่มทดลอง..... 206

ตารางที่ 21 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของนักเรียนกลุ่มควบคุม..... 208

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) 48

ภาพที่ 2 Bloom's Taxonomy Revised (Anderson & Krathwohl, 2001) 54

ภาพที่ 3 ความสำคัญของการใช้คำถาม (ทิพย์วัลย์ สีจันทร์, 2531) 56

ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบ Two-group pretest-post design 73

ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาชนิดเขียนตอบ 77

ภาพที่ 6 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาชนิดเลือกตอบ 78

ภาพที่ 7 เปรียบเทียบผลงานของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 10 92

ภาพที่ 8 เปรียบเทียบผลงานของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 10 96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นในโลกปัจจุบัน ความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม และการเมืองล้วนเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดทั้งผลดี และผลเสียต่อมนุษย์ สังคม หรือทรัพยากรทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สิ่งที่จะช่วยพัฒนาและแก้ไขการเปลี่ยนแปลงในโลกปัจจุบันให้ดีขึ้นคือการพัฒนามนุษย์โดยองค์รวม ซึ่งควรพัฒนาตั้งแต่มนุษย์เริ่มเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ การศึกษาจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงและพัฒนามนุษย์ (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560) ในช่วงหลายปี ที่ผ่านมา พบว่า อัตรากำลังคนของบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ในช่วงศตวรรษที่ 20 มีแนวโน้มลดลง และนักเรียนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสนใจในการศึกษาต่อด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดลง อีกทั้งผลการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มลดลง ปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้น สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ซึ่งอาจทำให้นักเรียนขาดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อีกทั้งขาดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ดังกล่าวกับชีวิตประจำวันรวมถึงการประกอบอาชีพในอนาคต เพื่อสร้างแรงบันดาลใจ และช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย ทั้งเป็นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 อันเป็นทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตและพัฒนานวัตกรรมเพื่อสร้างอาชีพให้แก่เยาวชน และเตรียมพร้อมกำลังคนที่มีคุณภาพเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจ

หนึ่งในทักษะที่จำเป็นอย่างยิ่งในศตวรรษที่ 21 คือ ความสามารถในการแก้ปัญหา เนื่องจากมนุษย์ต้องประสบกับอุปสรรคในสังคมอยู่เสมอ รวมทั้งมนุษย์ต้องการดำรงชีวิตอย่างปกติสุขและมีคุณภาพ ในขณะที่ทรัพยากรบนโลกมีอยู่อย่างจำกัด ด้วยเหตุนี้ มนุษย์จึงต้องใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาโดยสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อตอบสนองความต้องการภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด ดังนั้นในการพัฒนาเยาวชนให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างมีคุณภาพ ต้องพัฒนาความสามารถในการ

แก้ปัญหาในลักษณะของการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งอาจเป็นวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา อาจกล่าวได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาในศตวรรษที่ 21 มิใช่แค่การระบุปัญหา รวบรวมข้อมูล หาแนวทางที่เป็นไปได้ และเลือกวิธีการที่ดีที่สุดไปใช้แก้ปัญหาเท่านั้น แต่ต้องสามารถแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ที่มีความท้าทายและมีความจำเป็นต่อมนุษย์ในการดำรงชีวิตภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด ด้วยวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาให้บรรลุผลสำเร็จโดยใช้หลักปฏิบัติทางวิศวกรรม (อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559) ซึ่ง National Research Council (2012) ได้เปรียบไว้กับการทำงานของวิศวกร กล่าวคือ วิศวกรแก้ปัญหาด้วยการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์โดยอาศัยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม การแก้ปัญหาดังกล่าว ต้องพิจารณาต้นทุน ค่าใช้จ่าย ความปลอดภัย จรรยาบรรณ ระเบียบกฎหมาย ดังนั้นจึงไม่มีวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด แต่มีวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดกับบริบทหรือสถานการณ์ในขณะนั้น โดยเป็นการแก้ปัญหาที่คุ้มค่าที่สุด มีความปลอดภัย และอยู่ภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด รวมทั้งบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

การคิดแก้ปัญหาจัดเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 เป็นทักษะการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน (Partnership for 21st Century Skills, 2008) อีกทั้งการศึกษาในประเทศไทยก็เห็นความสำคัญของการแก้ปัญหา จึงกำหนดให้ความสามารถในการแก้ปัญหา อยู่ในสมรรถนะสำคัญ 5 ประการของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งกล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสม บนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันแก้ปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) การแก้ปัญหามีส่วนช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง การให้เหตุผล มีการใช้ตรรกะเพื่อนำมาสู่ข้อสรุปอย่างมีเหตุผล เกิดการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาภายใต้หลักเกณฑ์ต่าง ๆ พัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผล เกิดการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาภายใต้หลักเกณฑ์ต่าง ๆ พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีการวิเคราะห์ ประเมินคุณค่าเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด นอกจากนี้การแก้ปัญหายังเสริมสร้างทักษะการคิดสร้างสรรค์ (R. E. Mayer & Wittrock, 2006) ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ เกิดการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สร้างนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551) ที่ได้กล่าว ว่าประโยชน์ของการคิดจะช่วยพัฒนาการเรียนรู้ตลอดชีวิตได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ที่โลกมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นผู้สอนจึงมีหน้าที่ส่งเสริมและพัฒนาเด็กประถมศึกษาให้มีลักษณะเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ มีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การมีทักษะการคิดในชั้นเรียน การคิดและการสอนคิดจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องจัดการเรียนรู้พัฒนาและฝึกฝนจนเกิดเป็นทักษะติดตัวนักเรียนไปตลอดชีวิต เป็นผู้มีการคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย มีทิศทาง มีกระบวนการที่ดี รอบคอบ และได้บทสรุปหรือความคิดที่มีคุณภาพ เชื่อมโยงไปสู่การกระทำหรือการดำรงชีวิตที่เหมาะสมของแต่ละบุคคลต่อไป ซึ่งพบว่าในปัจจุบันเด็กประถมศึกษานั้นยังไม่เป็นไปตามความต้องการของสังคม เพราะขาดการพัฒนาทักษะการคิดและการแก้ปัญหาเนื่องมาจากกระบวนการเรียนรู้ที่ไม่ได้กระตุ้นหรือส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการคิดเท่าที่ควรนัก

จากผลการทดสอบ Programme for International Student Assessment (PISA) ปี ค.ศ. 2015 คะแนนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์อยู่อันดับที่ 54 โดยถือว่าอันดับและคะแนนลดลงจากการทดสอบครั้งก่อนเมื่อปี 2012 ในทุกวิชา ซึ่งมีการประเมินทักษะการแก้ปัญหาจากโจทย์ที่เป็นสถานการณ์ในชีวิตจริง ในปี ค.ศ. 2012 ในภาพรวมผลการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยเมื่อเทียบกับนานาชาติได้คะแนนเฉลี่ย 419 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) คะแนนเฉลี่ยนานาชาติ 496 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยในอันดับประมาณที่ 48 – 52 จากทั้งหมด 65 ประเทศ นักเรียนไทยเกินครึ่งรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ต่ำกว่าระดับพื้นฐาน (ธีรติร์ บรรเทิง, 2555) แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยยังขาดทักษะในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทักษะการคิดแก้ปัญหาจะเกิดขึ้นได้ จากการฝึกทักษะการคิดเป็นพื้นฐาน อาทิ ทักษะการคิดสร้างสรรค์ เพื่อช่วยในการขยายกรอบความคิด ไม่ยึดติดกับการปัญหาหรือวิธีการแก้ปัญหาแบบเดิม ๆ และคิดหาวิธีการหรือแนวทางแก้ไขปัญหาแบบใหม่ ๆ ให้ผู้เรียนได้รู้ว่าในหนึ่งปัญหาสามารถหาทางออกได้มากกว่าหนึ่งทาง ทักษะการคิดเชิงตรรกะ การเชื่อมโยงเหตุและผล เพื่อนำมาเปรียบเทียบ หาผลกระทบ หาทางเลือกที่ดีที่สุดและเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ โดยก่อให้เกิดผลกระทบทางลบให้น้อยที่สุดหรือไม่ให้เกิดขึ้นเลย จากปัญหาดังกล่าวจะเห็นว่าการสอนคิดหรือสอนให้เกิดทักษะการคิดในตัวผู้เรียนนั้น เป็นปัญหาสำคัญ นักการศึกษาจึงได้เริ่มการศึกษาแบบที่ให้นักเรียนได้ลงมือทดลองและฝึกการพัฒนาการคิดมากขึ้น โดยมีการออกพระราชบัญญัติทางการศึกษาพุทธศักราช 2545 ในมาตรา 23 ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้และ

บูรณาการที่เหมาะสม ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้มีการจัดเนื้อหาและสาระฝึกทักษากระบวนการคิด การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง จัดการสอนโดยผสมผสานความรู้ด้านต่าง ๆ ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาที่น่าสนใจในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนคือ การแก้ปัญหาที่บูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และกระบวนแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน (The Integrated Mathematics Science and Technology, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาแบบ สะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education) ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ และประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ นอกจากนี้ ในระหว่างการเรียนรู้ดังกล่าว ผู้เรียนยังได้พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) ทักษะการทำงานเป็นทีม (collaboration skill) ทักษะการสื่อสาร (communication skill) และความคิดสร้างสรรค์ (creativity)

สะเต็มศึกษา คือการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกัน เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (Breiner, Carla, Harkness, & Koehler, 2012; Dejarnette, 2012; Wayne, 2012)

การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษานั้น ครูผู้สอนต้องผนวก องค์ประกอบสำคัญของการเรียนการสอน 2 ด้าน คือ ด้านบริบท (Context) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงชีวิตประจำวันของผู้เรียนเอง และ ด้านเนื้อหา (Content) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานที่สามารถ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น (Pellegrino & Hilton, 2012 อ้างถึงในพลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2558) การจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาสามารถทำได้ตั้งแต่ระดับปฐมวัยไปจนถึงระดับอุดมศึกษา จากงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็นช่วงวัยที่นักเรียนเริ่มหมดความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นช่วงวัยที่นักเรียนหมดความสนใจในด้านการเรียนและการทำงาน (Murphy, 2011) สะท้อนให้เห็นถึงการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาควรเริ่มจัดในระดับประถมศึกษา เนื่องจากเป็นช่วงวัยที่จะสามารถสร้างและปลูกฝังทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ได้ และในส่วนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ถือว่าเป็นช่วงวัยสำคัญที่ควรได้รับการพัฒนาทักษะการคิดและเป็นช่วงชั้นแรกที่สำคัญในการวางพื้นฐานที่จำเป็นตามหลักสูตรนั้น สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานโดยสำนักทดสอบทางการศึกษาซึ่งรับผิดชอบการประเมินคุณภาพการศึกษาเพื่อการประกันคุณภาพผู้เรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ได้กำหนดนโยบายที่จะประเมินความสามารถที่จำเป็นของผู้เรียน ทั้งหมด 3 ด้าน คือ ด้านภาษา (Literacy) ด้านคำนวณ (Numeracy) และด้านเหตุผล (Reasoning ability) โดยการสอบประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐาน (NT: National Test) ซึ่งเป็นข้อสอบที่ใช้มาตรฐานเดียวกันกับการทดสอบนานาชาติ (PISA) และเน้นการทดสอบใน 3 ด้าน ได้แก่ การอ่านออกเขียนได้ การคิดคำนวณและความสามารถด้านเหตุผล เพื่อเป็นการศึกษาและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนให้มีความสามารถตามหลักพื้นฐานต่อไป

สำหรับการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น จะดำเนินการตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงสังเคราะห์ และการลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้นจะช่วยให้ผู้เรียนฝึกการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และการคิดเชิงสังเคราะห์จากสถานการณ์ที่พบเห็นเพื่อทำการรวบรวมและกลั่นกรองข้อมูลจนได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ตลอดจนมีการถ่ายทอดความคิดเพื่ออธิบายและสื่อสารแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยแนวคิดเหล่านี้จะเป็นสิ่งที่นำเสนอความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละบุคคล นอกจากนี้การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการดำเนินการยังมีการใช้องค์ความรู้จากศาสตร์หลาย ๆ ด้าน เช่น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ และความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ประกอบในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการจนได้เป็นสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ และในบางครั้งสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการเหล่านี้สามารถพัฒนาไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากนี้เทคนิคหนึ่งที่ยังคงสำคัญ และเป็นพื้นฐานของการเรียนการสอนที่จะช่วยเติมเต็มให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นคือ เทคนิคการใช้คำถาม เพราะคำถามเป็นกุญแจสำคัญในการสืบเสาะแสวงหาความรู้ ผู้สอนจึงต้องมีความชำนาญในการตั้งคำถาม และสามารถเลือกใช้คำถามที่นำ หรือเร้าความสนใจให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดอย่างเหมาะสมตามความสนใจ คำถามที่ดีจะช่วยให้การเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ และอาจกล่าวได้ว่า การเรียนการสอนจะมีประสิทธิภาพเพียงใด ขึ้นอยู่กับเทคนิคการตั้งคำถามของผู้สอนที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดระดับสูง การตั้งคำถามที่มีประสิทธิภาพสามารถสอดแทรกเข้าไปได้ในทุกกิจกรรมการเรียน การสอน ดังคำกล่าวที่ว่า “ครูที่ไม่ถามก็เหมือนไม่ได้สอน (The teacher who never question never teaches)”

จากสภาพปัญหาดังกล่าว แสดงให้เห็นว่านักเรียนควรได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้และทักษะ กระบวนการในการแก้ปัญหาตั้งแต่ในระดับประถมศึกษา ซึ่งครูผู้สอนจำเป็นต้องหาวิธีการสอนที่จะช่วย ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาที่พบเห็นหรือสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นได้ เพื่อให้นักเรียน สามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข การเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนา ทักษะกระบวนการคิดแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหา มองเห็นสาเหตุของปัญหา และผลที่จะเกิดขึ้น จากปัญหานั้น และต่อยอดไปสู่การแก้ปัญหาด้านต่าง ๆ ได้ ดังนั้น ในการส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องอาศัยหลักการหรือวิธีการที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาผลของการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน ให้แก่นักเรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหามากขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะทำให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ที่ท้าทาย และได้นำความรู้และความสามารถทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาใช้ในการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการเชิงวิศวกรรม ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาและมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำถามงานวิจัย

1. การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ได้หรือไม่ อย่างไร

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม

2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว

3. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามและกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สมมติฐานของการวิจัย

การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งพัฒนาทักษะกระบวนการเชิงวิศวกรรม ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงชีวิตจริงกับการทำงาน ดังที่ Vasquez, Sneider, and Comer (2013) ได้ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวคิดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 สาขาวิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้สอดคล้องกับโลกแห่งความเป็น

จริง มีความเชื่อมโยงกับประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน ลักษณะการเรียนรู้ดังกล่าว น่าจะสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้

อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีร้อยละคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 75 จัดอยู่ในระดับดีมาก มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70และยังพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในด้านการนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับดีเยี่ยม และนัสรินทร์ บือซา (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ข้างต้น และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยในครั้งนี้ คือ

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศึกษาเพียงอย่างเดียว หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม สูงกว่ากลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็น นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสาคร

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 โดยเลือกห้อง ป.3/1 เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม มีจำนวน 25 คน และห้อง ป.3/2 เป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว มีจำนวนนักเรียน 25 คน ดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

1.1 การเลือกโรงเรียน

การเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสาคร ที่มีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการและเป็นโรงเรียนที่มีการจัดตารางเรียนให้มีชั่วโมงเรียนซ่อมเสริม และชั่วโมงลดเวลาเรียนเพิ่มเวลารู้ ผู้บริหารและคณาจารย์ให้การสนับสนุนและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี โรงเรียนมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ คือ มีนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนระดับสูง ปานกลาง และต่ำ อยู่ในห้องเดียวกัน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 การเลือกห้องเรียน

ผู้วิจัยทำการเลือกห้องเรียน เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ห้อง ทำการสุ่มอย่างง่าย (Random Selection) โดยการจับสลากห้องเรียนเพื่อแบ่งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนห้อง ป.3/1 เป็นกลุ่มทดลอง มีนักเรียนชาย 11 คน มีนักเรียนหญิง 14 คน รวมจำนวน 25 คน และห้อง ป.3/2 เป็นกลุ่มควบคุม มีนักเรียนชาย 12 คน นักเรียนหญิง 13 คน รวมจำนวน 25

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรจัดกระทำ (treatment variable) ได้แก่ การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม และ การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว

ตัวแปรตาม (dependent variable) ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา

3. ระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ตั้งแต่ช่วงเดือน มกราคม ถึงเดือน มีนาคม 2562 ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มทดลองจำนวน 20 คาบ และกลุ่มควบคุมจำนวน 20 คาบ รวมทั้งสิ้น 40 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการใช้กระบวนการคิดแก้ปัญหา และการค้นหาคำตอบของปัญหาโดยใช้ความรู้ความคิดและทักษะของผู้เรียนในการดำเนินการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน ตามกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย การระบุปัญหา การระบุสาเหตุขงปัญหา เสนอแนวทางการแก้ปัญหา และ ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา วัดได้จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)
2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)
3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)
4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)
5) ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement)
6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

เทคนิคการใช้คำถาม หมายถึง กลวิธีการถามคำถาม และตอบคำถามที่เป็นเครื่องมือสำหรับกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบคำถาม โดยใช้กระบวนการคิด ค้นคว้าด้วยตนเอง โดยการตั้งคำถาม และตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามกับผู้เรียน อาจใช้กับผู้เรียนเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่มย่อย หรือทั้งชั้น เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิด ค้นคว้าหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหาและสรุปแนวคิดได้ด้วยตนเอง เป็นการพัฒนาความคิดในระดับสูง และความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน โดยเฉพาะในบริบทของการจัดการเรียนการสอน ซึ่งใช้เทคนิคการใช้คำถามในการวิจัย ได้นี้

เทคนิค 5W1H หมายถึง การใช้คำถามที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ใช้การคิด โดยลักษณะของคำถามจะเป็นคำถามที่ถามเพื่อให้เกิดความเข้าใจ การอธิบาย การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผล การเกิดความคิดรวบยอด และการเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา โดยใช้คำถามว่า อะไร ที่ไหน เมื่อไร ทำไม ใคร อย่างไร ซึ่งใช้เทคนิค 5W1H ในขั้นระบุปัญหาในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

คำถามตามแนวคิดออสบอร์น หมายถึง คำถามที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับปัญหาจากหลากหลายแง่มุม เพื่อให้ได้แนวทางของคำตอบที่เหมาะสมกับปัญหาที่กำหนดให้ประกอบด้วยแนวทางการถามคำถาม 9 แนวทาง ได้แก่

(1) การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)

(2) การปรับเปลี่ยน (Adapt)

(3) การดัดแปลง (Modify)

(4) การขยาย/เพิ่ม (Magnify)

(5) การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate)

(6) การแทนที่ (Substitute)

(7) การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)

(8) การเปลี่ยนทิศทางใหม่ (Reverse)

(9) การผนวกรวม (Combine)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้แนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษาที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม

2. เป็นแนวทางสำหรับครูในการพัฒนาทักษะอื่น ๆ จากการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามเช่น ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการตีความหมาย ความสามารถในการสื่อสารและสื่อความหมาย เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เพื่อศึกษาการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จึงได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดผลการศึกษา 4 หัวข้อหลัก ดังนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหา

1.1 ความหมายของการแก้ปัญหา

1.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา

1.3 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา

1.4 ลักษณะของความสามารถในการแก้ปัญหา

1.5 กระบวนการและขั้นตอนในการแก้ปัญหา

1.6 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา

2. กิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

2.2 ความเป็นมาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

2.3 องค์ประกอบแนวคิดและทฤษฎีของสะเต็มศึกษา

2.4 รูปแบบการบูรณาการการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

2.5 แนวทางการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

2.6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.7 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. เทคนิคการใช้คำถาม

3.1 ความหมายของเทคนิคการใช้คำถาม

3.2 ความเป็นมาของเทคนิคการใช้คำถาม

3.3 ความสำคัญของการใช้คำถาม

3.4 วัตถุประสงค์ของการใช้คำถาม

3.5 ประเภทของคำถาม

3.6 ลักษณะของคำถามที่ดี

3.7 วิธีการตั้งคำถาม

3.8 การตั้งคำถามด้วยเทคนิค 5W1H

3.9 คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5. กรอบแนวคิดการวิจัย

1. ความสามารถในการแก้ปัญหา

การคิดแก้ปัญหาเป็นวิธีการเรียนการสอนที่สำคัญของสะเต็มศึกษา เนื่องจากสะเต็มศึกษามีจุดมุ่งหมายที่สำคัญคือ การสอนให้ผู้เรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา ซึ่งในศตวรรษที่ 21 เป็นยุคแห่งวิวัฒนาการที่มีการเปลี่ยนแปลงทางนวัตกรรมและเทคโนโลยีอยู่ตลอดเวลา การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาจะทำให้ผู้เรียนรู้จักการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน มีวิธีการแก้ปัญหาเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ พร้อมที่จะเผชิญกับความเปลี่ยนแปลง อีกทั้งการแก้ปัญหาเป็นพื้นฐานการเรียนรู้ในการดำรงชีวิตที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้ในการแก้ปัญหาสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เพื่อการอยู่ในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ รวมทั้งเทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้อย่างเหมาะสม

การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหา มีประเด็นนำเสนอ ได้แก่ ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา ลักษณะของความสามารถในการแก้ปัญหา กระบวนการแก้ปัญหา และแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

1.1 ความหมายของการแก้ปัญหา

Gagne (1970) ให้ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาว่า เป็นรูปแบบการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไป และใช้

หลักการนั้นผสมผสานกันจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ที่เรียกว่า ความสามารถด้านการแก้ปัญหาโดยการเรียนรู้ประเภทหลักการนี้ต้องอาศัยหลักการเรียนรู้เป็นพื้นฐานของการเรียน การเรียนรู้ประเภทนี้ กาเย่ได้อธิบายว่า เป็นการเรียนรู้อีกประเภทหนึ่งที่ต้องอาศัยการมองเห็นลักษณะร่วมกันของสิ่งเหล่านั้น

Taasoobshirazi and Glynn (2009) ได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ต้องการความละเอียดในการแก้ปัญหา หรือเอาชนะอุปสรรคใด ๆ ตามวิธีทางนั้น ๆ นักเรียนจะมีความสามารถและความเชี่ยวชาญในการแก้ปัญหา หากนักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดในการแก้ปัญหาอีกด้วย

Collins and O'Brien (2011) ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นการใช้ทั้งความรู้และประสบการณ์เดิมในการแก้ปัญหากับสถานการณ์หรือความท้าทายใหม่ เป็นทักษะที่มีความสำคัญและต่างจากความรู้ที่สะสม

Dewey (1910) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นการคิดหาวิธีการหรือขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อหาทางออกให้สถานการณ์ที่เกิดขึ้น

Gagné (1985) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นการสังเคราะห์หลักการต่าง ๆ และมโนทัศน์ต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างหลักการที่สูงขึ้นสามารถนำไปประยุกต์สถานการณ์ที่ไม่ปกติ

Krulik and Jesse A. Rudnick. (1987) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหาคือการที่บุคคลได้ใช้ความรู้ ทักษะ และความเข้าใจของเรื่องราวที่เคยได้เรียนรู้มาก่อน มาตอบสนองความต้องการในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย ผู้เรียนจะต้องสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้ และประยุกต์เข้ากับสถานการณ์อื่นที่แตกต่างกัน

R. E. Mayer and Wittrock (2006) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ว่า เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่ต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์เดิมภายในโครงสร้างทางปัญญากับปัญหา จากนั้นปฏิบัติตามวิธีแก้ปัญหาที่มีหลายขั้นตอน

Partnership for 21st Century Skills (2008) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นการแก้ไขปัญหาแบบต่าง ๆ อาจแก้ปัญหาในรูปแบบทั่วไป หรือ การสร้างสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมต่าง ๆ

OECD (2013) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ในโครงการ PISA 2012 ว่า เป็นความสามารถของแต่ละบุคคลในการกระตุ้นกระบวนการทางปัญญาในการเข้าใจ และแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยวิธีการแก้ปัญหาไม่จำเป็นต้องประสบความสำเร็จอย่างทันทีทันใด แต่สามารถแสดงให้เห็นถึงความตั้งใจในการบรรลุศักยภาพในการเป็นพลเมืองที่สร้างสรรค์และรู้จักการสะท้อนคิด

Smith (2012) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นการบูรณาการของมโนทัศน์และทักษะต่าง ๆ ที่ตนเองมีอยู่เดิมแล้วนำมาใช้เมื่อพบสถานการณ์ที่ไม่ปกติแล้วสามารถก้าวข้ามไปหรือผ่านพ้นไปได้

วิสุทธิ์ ตรีเงิน (2551) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาหมายถึง ความสามารถทางสติปัญญา และความคิดที่นำเอาประสบการณ์เดิมมาใช้ในการแก้ปัญหาที่ประสบใหม่

ชนาธิป พรกุล (2554) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นขั้นตอนหารเผชิญฝ่าฟันอุปสรรค และแก้ไขสถานการณ์เพื่อให้ปัญหานั้นหมดไป

สุทธิพงศ์ พงษ์วร (2555) ได้ให้ความหมายของทักษะการแก้ปัญหา คือ ทักษะหรือวิธีการต่าง ๆ ที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการ คิด วิเคราะห์ และตัดสินใจเลือกหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาบนพื้นฐานของความรู้ ข้อมูล ความถูกต้อง ซึ่งในขั้นตอนของการวิเคราะห์จะมีความหมาย รวมไปถึงการจัดลำดับการเปรียบเทียบความเหมือน และความแตกต่าง การประเมินและการตัดสินใจเลือกเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

จากความหมายของการแก้ปัญหาข้างต้นที่นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้ สรุปได้ว่าการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการค้นหาคำตอบของปัญหา ซึ่งผู้แก้ปัญหาต้องใช้ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ที่มีอยู่ในการค้นหาคำตอบ การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ควรจะปลูกฝังให้มนุษย์ควรจะเรียนรู้และพัฒนาให้เกิดเป็นทักษะ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันเพื่อให้มนุษย์สามารถปรับตัวให้เข้ากับสังคมได้

1.2 ความสามารถในการแก้ปัญหา

Gagne (1970) ได้กล่าวถึงสาระสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ทักษะทางปัญญา (Intellectual Skills) หมายถึงความสามารถในการนำกฎ สูตร ความคิดรวบยอด หรือหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม ทักษะทางปัญญาจะเป็นความรู้ที่ผู้เรียนเคยเรียนมาก่อน

2) ลักษณะของปัญหา (Problem Schemata) หมายถึง ข้อมูลในสมองที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ต้องการกับสิ่งที่กำหนดให้ได้ ข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่ คำศัพท์ และวิธีการแก้ปัญหาลักษณะต่าง ๆ

1.3 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถที่สำคัญในการดำรงชีวิต ในโลกปัจจุบันผู้คนต้องเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ทั้งปัญหาที่ต้องอาศัยความรู้ ความเชี่ยวชาญในการประกอบอาชีพ ปัญหาจากสภาพแวดล้อมรอบตัว ปัญหาทางเศรษฐกิจ ปัญหาในการปรับตัวในสถานการณ์ต่าง ๆ (OECD, 2013) การแก้ปัญหาจัดเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 เป็นทักษะการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน (The Partnership for 21st Century Skills, 2008) อีกทั้งการศึกษาในประเทศไทยก็เห็นความสำคัญของการแก้ปัญหา จึงกำหนดให้ความสามารถในการแก้ปัญหา อยู่ในสมรรถนะสำคัญ 5 ประการของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งกล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสม บนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันแก้ปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคม และสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ , 2551) การแก้ปัญหามีส่วนช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง การให้เหตุผล มีการใช้ตรรกะเพื่อนำมาสู่ข้อสรุปอย่างมีเหตุผล เกิดการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาภายใต้หลักเกณฑ์ต่าง ๆ พัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผล เกิดการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาภายใต้หลักเกณฑ์ต่าง ๆ พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีการวิเคราะห์ ประเมินคุณค่าเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด นอกจากนี้การแก้ปัญหายังเสริมสร้างทักษะการคิดสร้างสรรค์ (R. E. Mayer & Wittrock, 2006) ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ เกิดการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สร้างนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตให้ดียิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ลักษณะของความสามารถในการแก้ปัญหา

จากการศึกษาเอกสาร ได้มีนักการศึกษาเสนอลักษณะของความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

ภพ เลาหไพบูรณ์ (2542) ได้เสนอลักษณะของความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้

เริ่มต้นด้วยข้อความของปัญหาที่น่าสนใจและท้าทายให้ผู้เรียนหาปัญหาและคำตอบของปัญหา อาจจะเป็นเนื้อหาที่กำลังศึกษาที่ต้องใช้ข้อมูลและทักษะที่ผู้เรียนมีอยู่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ขั้นตอนต่อไปต้อให้ผู้เรียนมีโอกาสในการเสนอแนะวิธีการแก้ปัญหาและการเก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนสุดท้ายต้องให้ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อมูล และบอกคำตอบของปัญหา แนวทางนี้จำเป็นต้องสร้างสถานการณ์ที่มีความหมาย เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะและความรู้เพื่อแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการส่งเสริมผู้เรียนในการสืบเสาะความรู้ด้วยตนเอง

ปรางศรี พณิชยกุล และคณะ (2547) ได้เสนอลักษณะของความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. จัดสภาพการณ์ที่เป็นสถานการณ์ใหม่ ๆ และมีวิธีการแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธี มาให้ผู้เรียนฝึกฝนในการแก้ปัญหาให้มากที่สุด

2. ปัญหาที่ได้หยิบยกให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนนั้นควรเป็นปัญหาใหม่ที่ผู้เรียนยังไม่ประสบมาก่อน ควรเป็นปัญหาที่ไม่เกินความสามารถของผู้เรียนหรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ ปัญหานั้นต้องอยู่ในกรอบของทักษะทางเชาว์ปัญญาของผู้เรียน

3. การฝึกแก้ปัญหานั้น ผู้สอนควรแนะนำให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ว่า ปัญหานั้นเกี่ยวกับอะไร และถ้าเป็นปัญหาใหญ่ก็แตกออกเป็นปัญหาย่อย ๆ แล้วคิดปัญหาย่อยแต่ละปัญหา และเมื่อแก้ปัญหาย่อยหมดทุกข้อก็เท่ากับแก้ปัญหาได้เอง

4. จัดบรรยากาศของการเรียนการสอนหรือสิ่งแวดล้อมทางการเรียนให้เปลี่ยนแปลงได้ไม่ตายตัว ผู้เรียนจะเกิดความรู้สึกว่าเขาสามารถคิดค้นเปลี่ยนแปลงอะไรได้บ้างในบทบาทต่าง ๆ ให้โอกาสได้คิดอยู่เสมอ

5. ฝึกฝนแก้ปัญหาหรือแก้ปัญหาใด ๆ ก็ตาม ผู้สอนไม่ควรบอกวิธีการแก้ปัญหาให้ตรง ๆ เพราะถ้าบอกให้แล้ว ผู้เรียนจะไม่ได้ใช้ยุทธศาสตร์การคิดของตน

จากลักษณะของความสามารถในการแก้ปัญหา ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า

1. มีสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ ท้าทาย กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดแก้ปัญหา และหาคำตอบของปัญหา เป็นปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเผชิญมาก่อน และมีความเกี่ยวข้องกับความรู้ในบทเรียน ไม่ยากเกินความสามารถของผู้เรียน เพื่อผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา

2. มีการฝึกการแก้ปัญหา โดยให้ผู้เรียนระบุสาเหตุของปัญหา สืบค้นรวบรวมข้อมูลความรู้ต่าง ๆ ด้วยตนเอง นำมาวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายของข้อมูล เพื่อนำมาสู่ข้อสรุป

3. เสนอแนะวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนได้ใช้ทักษะและความรู้จากการสืบค้นลิเคราะห์ข้อมูลมาประมวลผล เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

1.5 กระบวนการและขั้นตอนในการแก้ปัญหา

จาการศึกษาเอกสาร บทความต่าง ๆ ได้มีนักการศึกษาเสนอกระบวนการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

Dewey (1910) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่เรียกว่า Dewey's Problem Solution มีขั้นตอนต่อไปนี้

1. การรับรู้และเข้าใจปัญหา เป็นความรู้สึกที่สร้างภายในจิตใจ เพื่อคาดเดา สงสัย และมีความพยายามที่จะต้องแก้ไขปัญหานั้น

2. การระบุสาเหตุของปัญหาและจำแนกลักษณะของปัญหา ปัญหาที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะแตกต่างกัน มีระดับความยากง่ายที่จะแก้ไขได้ต่างกัน

3. การรวบรวมข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหาเพื่อนำมาสู่การตั้งสมมติฐาน

4. การแสวงหากระบวนการหรือวิธีการแก้ปัญหา โดยมีการรวบรวมความคิดสำคัญ (Idea) ภายใต้หลักการและเหตุผลมาพิจารณาแนวทางการแก้ปัญหา

5. การตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นขั้นที่มีการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการแก้ปัญหา หากผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่ถูกต้อง หรือตรงตามต้องการ จะมีการทบทวนและเสนอวิธีแก้ปัญหาใหม่ที่ดีที่สุดหรือถูกต้องที่สุด

Bloom (1956) อ้างถึงในขุนทอง คล้ายทอง (2554) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

1. เมื่อผู้เรียนพบปัญหา ผู้เรียนจะคิดค้นหาสิ่งที่เคยพบเห็นและเกี่ยวข้องกับปัญหา
2. ผู้เรียนจะใช้ผลจากขั้นที่หนึ่งมาสร้างรูปแบบของปัญหาขึ้นมาใหม่
3. จำแนกแยกแยะปัญหา
4. การเลือกทฤษฎี หลักการ ความคิด และวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหา
5. การใช้ข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหา
6. ผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

Guilford (1967) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้น คือ

1. ขั้นการเตรียมการ หมายถึง การตั้งปัญหาหรือค้นพบว่าปัญหาที่แท้จริงของเหตุการณ์ คืออะไร
2. ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา หมายถึง การพิจารณาดูว่ามีสิ่งใดบ้าง ที่เป็นสาเหตุสำคัญของปัญหา
3. ขั้นเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา หมายถึง การหาวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งตรงกับสาเหตุของปัญหาแล้วแสดงออกมาในรูปของวิธีการแก้ปัญหา
4. ขั้นตรวจสอบผล หมายถึง การเสนอเกณฑ์เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการเสนอวิธีการแก้ปัญหาถ้าพบว่าผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่ใช่ผลที่ถูกต้อง ก็ต้องมีวิธีการเสนอปัญหาใหม่จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง
5. ขั้นการนำไปประยุกต์ใหม่ หมายถึง การนำวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์ที่เป็นปัญหาคล้ายคลึงกับปัญหาที่ผ่านมาแล้ว

Weir (1974) อ้างถึงในพัชรา พยัคฆา (2557) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหา ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา เป็นขั้นระบุปัญหาภายใต้ขอบเขตที่กำหนด
2. ขั้นระบุสาเหตุของปัญหา เป็นขั้นพิจารณา วิเคราะห์แยกแยะสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ขั้นค้นหาแนวทางแก้ปัญหาหรือเสนอแนวทางแก้ปัญหา เป็นขั้นคิดค้นและเสนอวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา

4. ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา เป็นขั้นอธิบายผลที่ได้จากการเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

นอกจากนี้ Weir ได้เสนอการรับรู้สำหรับวิธีการแก้ปัญหา (Perception for problem solution) 6 ประการ สำหรับช่วยในการแก้ปัญหาได้ ดังนี้

1) การวิเคราะห์ปัญหา ทบทวนสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งได้รูปแบบที่ครอบคลุมเรื่องทั้งหมด จากนั้นแยกแยะปัญหาที่แท้จริงจากสิ่งที่เห็นได้ง่ายแล้วเชื่อมโยงปัญหาที่ใกล้ตัวเข้ากับปัญหาทั้งหมดซึ่งบางครั้งอาจเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่แฝงอยู่ในปัญหา โดยสรุป คือ หาความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อย ๆ และความเหมาะสมของเหตุการณ์นั้น ๆ

2) การตัดสินใจในการนิยามปัญหา ซึ่งหลักการข้อนี้จะคลี่คลายข้อสงสัยที่ติดอยู่ในใจ ซึ่งลักษณะของปัญหาส่วนใหญ่คือ เรื่องการให้ความหมายของคำ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของข้อความมากว่าความเป็นจริง หลีกเลี่ยงได้โดยระมัดระวังการนิยามความหมายของคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3) การเรียบเรียงเหตุการณ์ต่าง ๆ ของปัญหา ผู้ศึกษาอาจพบว่ามีความยุ่งยากในการตัดสินใจ ในความสัมพันธ์ของปัญหา เช่น ปัญหา B และ C ว่าอะไรมีความสัมพันธ์สูงกว่ากัน เมื่อได้รับข้อมูล A น้อยกว่า B และข้อมูล A มากกว่า C จะเห็นว่าความยุ่งยากจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น หากนำปัญหานั้น ๆ จัดให้อยู่ในแบบของตรรกศาสตร์ ซึ่งเทียบได้เท่ากับ B มากกว่า A และ A มากกว่า C

4) แสวงหาวิธีการใหม่เพื่อหาคำตอบ โดยการไตร่ตรองแนวทาง หรือวิธีการที่เป็นไปได้และกำหนดตัวเลือกจากแนวทางส่วนใหญ่ของปัญหาทั้งหมด ถ้ามีตัวเลือกมากก็จะสามารถหาหนทางแก้ไขปัญหาให้ดีขึ้นได้

5) หยุดเมื่อติดขัดหรือพบอุปสรรค โดยวิธีการแก้ปัญหาอาจเกิดขึ้นในเหตุการณ์ที่ไม่ได้ไปเกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น

6) ปรึกษาปัญหากับผู้อื่น มีการอภิปรายปัญหาตลอดจนวิธีการต่าง ๆ กับบุคคลอื่น ๆ เพื่อให้เกิดแง่คิดต่าง ๆ ซึ่งช่วยในการแก้ปัญหาได้สำเร็จ

OECD (2003) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาไว้ในโครงการ PISA 2003 ดังนี้

1. การทำความเข้าใจ (Understanding problem) หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจเรื่องราว สาระสำคัญจากข้อความ แผนผัง สูตร ตารางได้ สามารถอ้างอิง เชื่อมโยงข้อมูล

จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ได้ สามารถแสดงความเข้าใจในมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องได้ และมีการใช้ความรู้เดิมในการทำความเข้าใจข้อมูลที่กำหนดให้ได้

2. การระบุตัวแปรหรือลักษณะของปัญหา (Characterizing the problem) หมายถึง ความสามารถในการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นได้ บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีความสามารถในการตัดสินใจเลือกตัวแปรว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรที่ใช้ได้ และตัวแปรใดใช้ไม่ได้ สามารถสร้างสมมติฐาน จัดกระทำ พิจารณาและประเมินข้อมูลที่กำหนด

3. การนำเสนอปัญหา (Representing the problem) หมายถึง ความสามารถในการสร้างแบบจำลองของปัญหาในรูปของตาราง ภาพกราฟิก สัญลักษณ์ หรือ คำกล่าวได้ สามารถประยุกต์แบบจำลองที่เป็นตัวแทนของปัญหาไปใช้ในการแก้ปัญหา และสามารถอธิบายถึงกระบวนการสร้างแบบจำลองหรือเหตุผลที่เลือกใช้แบบจำลองเหล่านั้นได้

4. การแก้ปัญหา (Solving the problem) หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจ วิเคราะห์ ออกแบบ และหาสาเหตุหรือวิธีการในการแก้ไขปัญหาได้ โดยปัญหาในแต่ละประเภทจะมีแนวทางการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกัน

5. การสะท้อนวิธีการแก้ปัญหา (Reflecting on the solution) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบการแก้ปัญหาของตนเองและหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้วิธีการแก้ปัญหานั้นมีความชัดเจนมากขึ้นได้ มีการประเมินการแก้ปัญหาในมุมมองที่หลากหลายและเป็นการแก้ปัญหาที่เป็นที่ยอมรับของสังคม สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมจากวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายนั้นได้

6. การสื่อสารวิธีการแก้ปัญหา (Communicating the problem solution) หมายถึง ความสามารถในการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและการเลือกใช้สื่อในการแสดงออกวิธีการแก้ไขปัญหาต่อผู้ฟังได้รับรู้อย่างเหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พัชราวลัย มีทรัพย์ (2554) ได้ศึกษาโครงสร้างการคิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษา และได้พบว่าการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบคือ

1. การกำหนดปัญหา ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัวบ่งชี้คือ การเข้าใจปัญหา การกำหนดขอบเขตของปัญหา

2. การตั้งสมมติฐาน ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัวบ่งชี้คือ การคาดคะเนคำตอบของปัญหา การพิจารณาสาเหตุของปัญหา

3. การวางแผนแก้ปัญหา ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัวบ่งชี้คือ การคิดหาวิธีการและเทคนิคในการแก้ปัญหา การกำหนดขั้นตอนของการแก้ปัญหา

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัวบ่งชี้คือ การหาแหล่งข้อมูลในการแก้ปัญหา การทอลองและลงมือแก้ปัญหา

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัวบ่งชี้คือ การวิเคราะห์ข้อมูล การทดสอบสมมติฐาน

6. การสรุปผล ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 2 ตัวบ่งชี้คือ การประเมินผลวิธีการแก้ปัญหา การสรุปหลักการ

ตารางที่ 1 ตารางสรุปกระบวนการแก้ปัญหาจากองค์ประกอบของการคิดแก้ปัญหา

องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา	Dewey (1956)	Bloom (1956)	Guilford (1967)	Weir (1974)	OECD (2003)	**พัชราวลัย มีทรัพย์ (2554)**
การระบุปัญหา รับรู้และเข้าใจปัญหา	√	√	√	√	√	√
การระบุสาเหตุของปัญหา	√		√		√	√
การรวบรวมข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหา	√					√
จำแนกแยกแยะปัญหา		√				
การเลือกทฤษฎี หลักการ ความคิดและวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหา		√				
การตั้งสมมติฐาน					√	
การแสวงหากระบวนการหรือวิธีการแก้ปัญหา	√		√	√		
การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน						√
การตรวจสอบผลลัพธ์	√		√		√	√
การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา	√	√	√		√	
การนำไปประยุกต์ใหม่			√			
การสะท้อนวิธีการแก้ปัญหา					√	
การสรุปผล						√

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการศึกษาองค์ประกอบของการคิดแก้ปัญหา และกระบวนการแก้ปัญหาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า กระบวนการแก้ปัญหา มีดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา เป็นขั้นของการระบุปัญหาภายใต้ขอบเขตที่กำหนด

2. ขั้นระบุสาเหตุของปัญหา เป็นขั้นการพิจารณาหาสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนด

3. ขั้นเสนอแนวทางแก้ปัญหา เป็นขั้นของการคิดค้นและเสนอวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา

4. ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา เป็นขั้นการอธิบายผลที่ได้จากการเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 2 ตารางตัวแปรที่ศึกษา จำแนกตามความหมาย และตัวบ่งชี้

ตัวแปรที่ศึกษา	ความหมาย	ตัวบ่งชี้
1. ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา	ความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์นั้น	
1.1 การระบุปัญหา	การบอกหรืออธิบายสภาพปัญหาจากสถานการณ์ การระบุปัญหาที่แท้จริงภายใต้ขอบเขตที่กำหนด	1) การเข้าใจปัญหา 2) การกำหนดขอบเขตของปัญหา 3) ระบุปัญหาที่แท้จริงภายใต้ของเขตที่กำหนด
1.2 การระบุสาเหตุของปัญหา	การพิจารณา วิเคราะห์ ระบุสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนด	1) พิจารณาสาเหตุของปัญหา 2) ระบุสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 (ต่อ) ตารางตัวแปรที่ศึกษา จำแนกตามความหมาย และตัวบ่งชี้

ตัวแปรที่ศึกษา	ความหมาย	ตัวบ่งชี้
1.3 เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	การระบุวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา	1) การคิดหาวิธีการและเทคนิคในการแก้ปัญหา 2) กำหนดขั้นตอนของการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา
1.4 ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	การระบุผลที่เกิดขึ้นจากการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1) ระบุผลที่เกิดขึ้นจากการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา

1.6 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา

Nitko (2007) เสนอแนวทางในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. การระบุปัญหา
2. การระบุสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง
3. การระบุข้อสันนิษฐาน
4. การอธิบายวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย
5. การตัดสินเลือกวิธีการแก้ปัญหา
6. การรวมข้อมูลเข้าด้วยกัน
7. การสร้างทางเลือก
8. การใช้วิธีการเปรียบเทียบ
9. การประเมินวิธีการแก้ปัญหา

ชนาธิป พรกุล (2554) เสนอแนวทางในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข
2. สามารถวางแผนออกแบบแก้ปัญหาด้วยการใช้ประสบการณ์และหลักการอย่างมีเหตุผล
3. สามารถดำเนินการแก้ปัญหาตามแผน พร้อมกับมีการตรวจสอบเป็นระยะ ๆ
4. สามารถสรุปผลการแก้ปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

OECD (2003) ได้เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในโครงการ PISA 2003 ดังนี้

1. เข้าใจปัญหา เข้าใจแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ใช้พื้นฐานความรู้เดิมของตนเพื่อทำความเข้าใจกับสาระเรื่องราวที่กำหนดให้

2. บอกลักษณะของปัญหา ระบุตัวแปรในปัญหา สร้างสมมติฐาน

3. แสดงการนำเสนอการแก้ปัญหา

4. ลงมือแก้ปัญหา และเสนอวิธีการแก้ปัญหา

5. สะท้อนการแก้ปัญหา ตรวจสอบการแก้ปัญหาและมองหาสาระข้อมูลเพิ่มเติมหรือเพิ่มคำอธิบายให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

6. สื่อสารการแก้ปัญหา เลือกสื่อและการนำเสนอที่เหมาะสม เพื่อบอกวิธีการแก้ปัญหาให้คนนอกได้รับรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) เสนอเครื่องมือและวิธีการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ไว้ดังนี้

1. การสังเกต เป็นเครื่องมือที่ใช้ระหว่างการสอนของครู โดยจะสะท้อนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ช่วยให้เห็นการพัฒนาด้านการคิดอย่างชัดเจน

2. การประเมินตนเอง คือ การให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองเกี่ยวกับพฤติกรรมในเรื่องของการแก้ปัญหา เมื่อพบปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง

3. แบบสำรวจรายการใช้ประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเก็บข้อมูลที่เป็นกระบวนการที่แยกการกระทำต่าง ๆ ไว้อย่าชัดเจน

4. แบบสอบข้อเขียนหรือข้อสอบอัตนัย เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหา โดยมีการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และผู้เรียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาแต่ละขั้น มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนอย่างชัดเจน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) ได้ระบุพฤติกรรมการแสดงออกของการแก้ปัญหา ดังนี้

1. การทำความเข้าใจกับปัญหา

2. การวางแผนแก้ปัญหา

3. การลงมือแก้ปัญหาและประเมินผลการแก้ปัญหา

4. การตรวจสอบการแก้ปัญหาและนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ปัญหาอื่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากแนวทางในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาข้างต้น สามารถนำมาใช้ในการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ทั้งแบบวัดลักษณะเขียนตอบและแบบปรนัย ให้สอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหา ดังนี้

1. การระบุปัญหา เป็นการระบุปัญหาที่แท้จริงภายใต้ขอบเขตที่กำหนด
2. การระบุสาเหตุของปัญหา เป็นการพิจารณาหาสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนด
3. การเสนอแนวทางแก้ปัญหา เป็นการระบุวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา
4. การตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา เป็นการระบุผลที่เกิดขึ้นจากการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา ดังแสดงในตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหา	**นิยามเชิงปฏิบัติการ**	
1. การระบุปัญหา	ความสามารถในการระบุปัญหาที่แท้จริงภายใต้ขอบเขตที่กำหนด	ระบุปัญหาที่แท้จริงภายใต้ของเขตที่กำหนด
2. การระบุสาเหตุขงปัญหา	ความสามารถในการพิจารณาวิเคราะห์ ระบุสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนด	พิจารณา วิเคราะห์ ระบุสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนด
3. เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	ความสามารถในการระบุวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา	ระบุวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา
4. ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	ความสามารถในการระบุผลที่เกิดขึ้นจากการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา	ระบุผลที่เกิดขึ้นจากการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. กิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาขาวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ทุกแขนงวิชามาใช้ในการแก้ปัญหา และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (Dejarnelte, et al., อ้างถึงในพรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556)

เขมวดี พงศานนท์ (2557) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน

ชลาธิป สมาหิโต (2557) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการศึกษาแบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ หรือ STEM เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่บูรณาการกลุ่มสาระและทักษะกระบวนการของทั้ง 4 สาระอันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละวิชาและกระบวนการจัดการเรียนรู้มาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะที่สำคัญ และจำเป็นต่อการดำรงชีวิตอยู่ในยุคปัจจุบันและโลกอนาคต

รักษพล ธนานุวงศ์ (2556) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้ และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี อีกทั้งวิชาทั้งสี่เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของประเทศ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยเน้นการนำความรู้ไป

แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต

Koehler, Faraclas, Giblin, Moss, and Kazerounian (2013) อธิบายว่า STEM Education คือ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทางเทคนิค (Technical Literacy) สามารถนำความรู้ และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและสามารถตัดสินใจในสถานการณ์ปัญหาอย่างผู้มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี

Robert (2013) อธิบายว่า STEM Education คือ วิธีการหลอมรวมศาสตร์วิชาดังนี้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์เป็นหนึ่งเดียวกัน ซึ่งการหลอมรวมทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory learning Strategies) ฉะนั้น Roberts จึงมองว่าสะเต็มศึกษาอาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การบูรณาการเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และ 2) การบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และหรือวิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ดังนั้นสะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ โดยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้บูรณาการเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

2.2 ความเป็นมาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีจุดเริ่มต้นที่สหรัฐอเมริกา เนื่องด้วยการขาดแคลนกำลังคนทางด้านอุตสาหกรรมโดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ รวมทั้งกำลังคนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา (National Research Council, 2012) นอกจากนี้นักเรียนในสหรัฐอเมริกามีผลการทดสอบ PISA ด้วยคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำกว่าหลายประเทศ นักศึกษาที่สนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีจำนวนลดลง ส่งผลให้กำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ลดลง จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ประเทศสหรัฐอเมริกาขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจตามมา ดังนั้นรัฐบาลของสหรัฐอเมริกาจึงกำหนดนโยบายการศึกษาที่เน้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยมีเป้าหมายเพื่อยกระดับผลการทดสอบ PISA ให้สูงขึ้น ควบคู่กับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 นำไปสู่การพัฒนาพลเมืองของชาติให้มีคุณภาพ (Rachel, 2008)

การนำ STEM Education มาสู่กระบวนการจัดการศึกษาจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ครู อาจารย์ และผู้บริหารจะต้องวิเคราะห์และทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้เพื่อที่จะนำไปใช้ได้อย่าง

ถูกต้อง เพื่อป้องกันมิให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน ซึ่งจะส่งผลให้เกิด ผลกระทบในการจัดการศึกษาในอนาคต หรือส่งผลให้การใช้ STEM Education ไม่บรรลุเป้าหมาย การทำความเข้าใจที่ถูกต้องการศึกษาถึงข้อดี องค์ประกอบหรือปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเตรียมพร้อมกับการใช้ STEM Education เป็นสิ่งที่ทุกฝ่ายควรพิจารณา (ยศวีร์ สายฟ้า, 2557) ซึ่งประกอบด้วย

1. หลักสูตร/บทเรียน STEM Education สำหรับประเทศไทยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีเพียงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) และคณิตศาสตร์ (M) เท่านั้น แต่ไม่พบว่ามีหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ มีเพียงลักษณะ การสอดแทรกอยู่ในวิชาเทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์เท่านั้น นอกจากความพร้อมด้าน หลักสูตรทั้ง 4 วิชาแล้ว ความพร้อมด้านสื่อ บทเรียน กระบวนการวัดและประเมินผลที่ชัดเจน

2. การพัฒนาครูประจำการ (Professional Development) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีได้มีการ เตรียมการศึกษาและวางแผนการใน STEM Education มีการอบรม เพื่อให้ความรู้แก่บุคลากรในสถาบัน การจัดประชุมหรือการร่วมประชุมวิชาการนานาชาติ การเชิญผู้ทรง คุณวุฒิมาให้ความรู้ การศึกษาและวางแผนการวิจัย

3. การเตรียมพร้อมในการผลิตบัณฑิตเพื่อเป็นผู้สอน STEM Education เน้นการสำรวจตรวจสอบและปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21

4. การเตรียมพร้อมของสถานศึกษา ผู้บริหารสถานศึกษาเป็นปัจจัยหลักของความสำเร็จในสถานศึกษา STEM Education ต้องการผู้บริหารมืออาชีพ กล่าวคือ สามารถบริหารจัดการอย่างมียุทธศาสตร์ เป็นนักวิ ชาการมุ่งพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเป็นหลักเปิดโอกาสให้ทุกฝ่ายเข้ามามีส่วนร่วมในการคิดและบริหาร ให้ความสำคัญการเปลี่ยนแปลงเพื่อการพัฒนา เป็นผู้นำที่ไม่หยุดนิ่ง พร้อมที่จะพัฒนาวิชาชีพของตนเองให้ก้าวทันการเปลี่ยนแปลงเสมอ และพร้อมที่จะประสานและ ทำงานร่วมกันกับทุกฝ่าย สนับสนุนการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนเปิดโอกาสให้บุคคลภายนอกจากภาคส่วนต่าง ๆ เข้ามามีบทบาท

5. การศึกษาวิจัยเพื่อสนับสนุน พัฒนา STEM Education ควรมาจากหลายภาคส่วนทั้งภาครัฐและเอกชน การร่วมมือระหว่างชุมชน และสถาบันอุดมศึกษา เพื่อการวิจัย พัฒนาหลักสูตร STEM Education ในบริบทของ ไทย การพัฒนาครู ผู้สอน การบริหารจัดการสถานศึกษา ฯลฯ

สำหรับประเทศไทยการจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน หรือ STEM Education จึงเป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่ตอบสนองต่อการเตรียมคนไทยรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 เพราะธรรมชาติของทั้ง 4 วิชานี้ ที่ส่ง เสริมให้ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดี

และมีคุณภาพในโลกของศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ที่ตั้งอยู่บนฐานความรู้ และเต็มไปด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทั้งยังเป็นวิชาที่มีความสำคัญกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทาง เศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิตและความมั่งคั่งของประเทศได้ STEM Education ยังเป็นการจัดการศึกษาที่ สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ ทักษะการคิด และทักษะอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา การ ค้นคว้า สร้าง และพัฒนาคิดค้นสิ่งต่าง ๆ ในโลกปัจจุบัน การ เน้นความเข้าใจอย่างลึกซึ้งการมี ส่วนร่วมของผู้เรียนกับข้อมูลเครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ความแปลกใหม่ และการแก้ปัญหาในโลกอนาคตได้อย่างแท้จริง

สรุปแล้วสะเต็มศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการพัฒนาศักยภาพทั้ง 4 ด้านของเด็กให้มีความพร้อมที่จะเข้าไปสู้การพัฒนาความรู้ในระดับที่สูงขึ้น อีกทั้งเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสในการแข่งขันในสังคมเศรษฐกิจของระเทศ และเป็นการต่อยอดโอกาสในการเรียนรู้ หรือการทำงานในประชากรในอนาคตต่อไป

2.3 องค์ประกอบแนวคิดและทฤษฎีของสะเต็มศึกษา

องค์ประกอบของทฤษฎีสะเต็มศึกษา คือ ความอยากรู้อยากเห็น นวัตกรรมทางการศึกษา การสร้างองค์ความรู้ การเรียนรู้ด้วยการลงมือกระทำกิจกรรมการเรียน มีทั้งครูเป็นผู้นำในการสอนและเด็กเป็นศูนย์กลางการเรียน โดยใช้พหุปัญญาการคิดต่าง ๆ ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดแก้ปัญหา ระดับความคิดตามแนวของบลูม (Bloom Texonomy) รวมทั้งการเรียนแบบร่วมมือ (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559)

จอห์น ดิวอี (John Dewey) เชื่อว่า เด็กเรียนรู้ได้ดีจากการลงมือกระทำ หรือ Learning by doing เด็กเรียนรู้ได้ดีจากการทำโครงงาน การแก้ปัญหา การทำงานคนเดียว และการทำงานเป็นกลุ่ม การถามและตอบปัญหา ซึ่งจากแนวคิดของดิวอีสรุปได้ว่า เด็กเรียนรู้ด้วยตนเองในบริบทสังคม ซึ่งความสนใจของเด็กจะเป็นแรงจูงใจในการเรียน ครูเป็นแรงบันดาลใจในการเรียน และแนะนำให้เด็กสืบค้นมากกว่าเป็นผู้ตรวจงานเด็ก พัฒนาการทางด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม เป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาสติปัญญา เด็กสนใจได้ดีในกิจกรรมที่ใช้ร่างกายลงมือทำ การทำกิจกรรมนอกห้องเรียนเพราะเป็นสิ่งที่เด็กต้องการทางร่างกาย (R. E. Mayer & Wittrock, 2006)

2.4 รูปแบบการบูรณาการการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

สำหรับการบูรณาการ (Integation) สะเต็มศึกษา อาจยังมีคำถามเกี่ยวกับความชัดเจนของการนำเนื้อหาทั้งสี่วิชามาบูรณาการ มีแนวคิดของนักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ ได้นำเสนอรูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้ (Wayne, 2012; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556; รักษพล ธนานุวงศ์, 2556)

1) เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างสี่ศาสตร์วิชา หรือเป็นการบูรณาการด้านเนื้อหาวิชา (Content Integration) ให้เป็นแนวคิดใหญ่ (Big Ideas) แนวคิดเดียว โดยนำจุดเด่นของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานอย่างลงตัว คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เป็นศาสตร์เกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ เทคโนโลยี (Technology) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคน วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับองค์ประกอบที่สำคัญ คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ภาษาคณิตศาสตร์ และการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-level Math Thinking)

2) เป็นการบูรณาการด้านบริบท (Context Integration) ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน

นอกจากนี้แล้ว สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้อธิบายการบูรณาการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาว่ามีหลายระดับแตกต่างกันไป ดังนี้

1) การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกฝนทักษะของแต่ละวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาแยกกัน

2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มศึกษาแยกกันผ่านหัวข้อหลัก (Theme) โดยการอ้างอิงถึงหัวข้อหลักในการสอนทำให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชากับหัวข้อหลัก

3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้เรียนเนื้อหาและฝึกฝนทักษะที่มีความสอดคล้องกันของวิชาที่เกี่ยวข้องร่วมกันผ่านกิจกรรม ช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นความสอดคล้องและสัมพันธ์กันของวิชาเหล่านั้น

4) การบูรณาการแบบข้ามวิชา (Transdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นอกเหนือจากการเรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาที่เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาแล้ว ผู้เรียนยังได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง

ดังนั้น กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จึงเป็นกิจกรรมที่นำสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (S) การงานอาชีพและเทคโนโลยี (T) และคณิตศาสตร์ (M) มาบูรณาการแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สหวิทยาการ โดยจัดทำเป็นกิจกรรมที่เป็นตัวเชื่อมโยงเนื้อหาในการเรียนรู้ไปสู่ความรู้ด้านวิศวกรรม (E) โดยพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design process) ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ได้กำหนดตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีองค์ประกอบ ดังนี้ 1) หัวเรื่องหรือชื่อหน่วยการเรียนรู้ 2) มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด 3) สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด 4) สาระการเรียนรู้ 5) จุดประสงค์การเรียนรู้ 6) กิจกรรมการเรียนการสอนหรือกระบวนการเรียนรู้ 7) ชิ้นงานหรือภาระงาน 8) การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา 9) การประเมินกระบวนการสร้างชิ้นงานและ 10) เวลาเรียน

2.5 แนวทางการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

จำรัส อินทลาภาพร (2558) ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

1) จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทายการคิดของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้ผู้เรียน เกิดการใฝ่เรียนรู้

2) จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกตและกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็น และลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนด จนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงาน และนำเสนอต่อสาธารณชน และนำผลงานและประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ สรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

3) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

ซึ่งองค์ประกอบสำคัญในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษานั้น จะต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ตามแบบบูรณาการที่ใช้ความรู้และทักษะต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม (activity-based instruction) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รวมทั้งการนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคต

ดังนั้น องค์ประกอบของกิจกรรมสะเต็มศึกษา จึงควรสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของสะเต็มศึกษา เพื่อให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้และพัฒนาทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 จึงควรประกอบไปด้วย (วชิร ศรีคุ้ม, 2558)

1. สถานการณ์ (Situation) : สถานการณ์ที่ดีและสมเหตุสมผล สามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ หากสถานการณ์นั้นมีความใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนจะยิ่งทำให้กิจกรรมนั้นมีความเป็นธรรมชาติ ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตและเพิ่มความน่าสนใจ หรืออาจเป็นสถานการณ์ที่อยู่ในท้องถิ่น สถานการณ์ระดับประเทศ หรือระดับโลก เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ที่แปลกใหม่ อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้รับรู้ข่าวสาร หรือประเด็นที่กำลังเป็นกระแสในสังคม

2. สิ่งที่ท้าทาย (Challenge) : ควรเป็นกิจกรรมที่มีความท้าทายและสนุกสนาน ประเด็นปัญหาควรเป็นเรื่องที่ท้าทายความคิด ความสามารถ ทั้งนี้ควรเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน ไม่ง่ายหรือยากเกินไป เพราะความท้าทายจะสามารถกระตุ้นความมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและเสาะแสวงหาข้อมูลหรือวิธีการคิด ทั้งยังเป็นตัวกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ และการคิดแก้ปัญหาของผู้เรียนอีกด้วย

3. เกณฑ์ (Criteria) : การตั้งเกณฑ์ของความสำเร็จในการแก้ปัญหา เป็นการตั้งประเด็นให้ผู้เรียนระดมความคิด สำรวจองค์ความรู้และได้ฝึกทักษะที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งแนวทางอาจเป็นทั้งแนวคิด ภาพวาด หรือสิ่งประดิษฐ์ ขึ้นอยู่กับระดับของผู้เรียน

4. ข้อจำกัด (Constrains) : ข้อจำกัดเป็นปัจจัยที่ผู้เรียนต้องคำนึงถึงในการทำกิจกรรมทุก ๆ กิจกรรม อาจเป็นการจำกัดวัสดุอุปกรณ์ เวลาที่ใช้ จำนวนคนในกลุ่ม ต้นทุน ความเสี่ยง หรือปัจจัยอื่น ๆ ที่ผู้สอนกำหนด การกำหนดข้อจำกัด จะช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดการฝึกฝนทักษะการคิดวิเคราะห์และการคิดแก้ปัญหา ลดการทดลองแบบลองผิดลองถูก และช่วยกระตุ้นให้มีการวางแผนในการออกแบบมากขึ้น

5. การประเมินผล (Evaluation) : การประเมินผลเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากที่สุดขั้นตอนหนึ่งของกิจกรรม เนื่องจากเป็นการผสมผสานกันระหว่างเกณฑ์และข้อจำกัด เป็นการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (ข้อจำกัด) และผลสำเร็จของแนวทางการแก้ปัญหา (เกณฑ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้เรียนในการเรียนรู้การคิดวิเคราะห์ หาจุดบกพร่องและข้อดีของส่วนประกอบและแนวความคิดในการสร้างสรรค์แนวทางการแก้ปัญหา อีกทั้งยังเป็นการสร้างบรรยากาศของการแข่งขันให้ผู้เรียนเกิดความสนุกสนานและเกิดแรงบันดาลใจในการทำกิจกรรม

6. จุดเชื่อมโยง (Link Points) : ในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาควรจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รู้ถึงความเชื่อมโยงในกิจกรรมกับองค์ความรู้ทางด้านวิชาการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยการเชื่อมโยงด้วยคำถาม หรือสอดแทรกในคำอธิบายระหว่างการทำกิจกรรม และเพื่อให้กิจกรรมสะเต็มศึกษามีความสมบูรณ์มากขึ้น

2.6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น จะดำเนินการตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงสังเคราะห์ และการลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้นจะช่วยให้ผู้เรียนฝึกการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และการคิดเชิงสังเคราะห์จากสถานการณ์ที่พบเห็นเพื่อทำการรวบรวมและกลั่นกรองข้อมูลจนได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ตลอดจนมีการถ่ายทอดความคิดเพื่ออธิบายและสื่อสารแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยแนวคิดเหล่านี้จะเป็นสิ่งที่นำเสนอความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละบุคคล นอกจากนี้การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการดำเนินการยังมีการใช้องค์ความรู้จากศาสตร์หลาย ๆ ด้าน เช่น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ และความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ประกอบในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการจนได้เป็นสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ และในบางครั้งสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการเหล่านี้สามารถพัฒนาไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นขั้นตอนที่นำมาใช้ในดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้จะเริ่มจากการระบุปัญหาที่พบแล้วกำหนดเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นจึงทำการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและทำการวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไข เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้วจึงทำการวางแผนและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ เมื่อสร้างชิ้นงานหรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบ หากมีข้อบกพร่องก็ให้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นสามารถใช้แก้ไขปัญหาหรือสนองความต้องการได้ ส่วนในตอนสุดท้ายจะดำเนินการประเมินผลว่าสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้น

จะสามารถใช้แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ดังนั้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจึงประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

1) ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหา ทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการดังนี้

(1) การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมี เขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

(2) การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง และสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิด หรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหา และจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า คุ้มทุน ข้อดี จุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

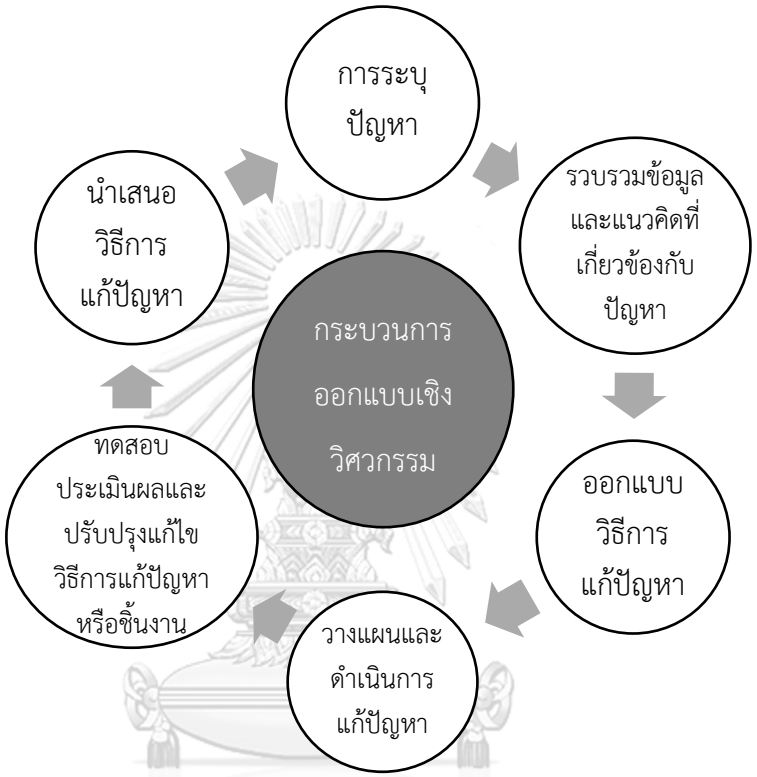
3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจ เลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์

ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ ต่อสาธารณชน โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ



ภาพที่ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอนนั้น หากนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนใน ชั้นเรียนจะสามารถดำเนินการโดยการที่ผู้สอนสามารถพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ โดยนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในขั้นที่ 1 ระบุปัญหามาไว้ส่วนของขั้นนำ ซึ่งจะเป็นการกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้ผู้เรียน เพื่อที่ผู้เรียนจะได้ทำการวิเคราะห์เพื่อกำหนดปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้น สำหรับในขั้นที่ 2 ถึงขั้นที่ 6 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม อาจจะนำมาไว้ในส่วนของขั้นพัฒนาผู้เรียน ส่วนในขั้นสรุปของการเรียนจะเป็นการสรุปร่วมกันถึงองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆ ที่ได้จากการค้นคว้าเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาซึ่งมีทั้งสิ้น 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานและขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

2.7 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตารางที่ 4 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2558)

กระบวนการทางวิศวกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นระบุปัญหา **(Problem Identification)**	(1) กำหนดสถานการณ์เทคโนโลยีและความท้าทายเพื่อให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการซึ่งสถานการณ์อาจเกิดจากสิ่งที่ประสบในชีวิตประจำวัน ชุมชน และสังคม (2) สร้างความตระหนักเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ	(1) ทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์เทคโนโลยีและความท้าทายอย่างละเอียด (2) กำหนดปัญหาหรือความต้องการที่ต้องการแก้ไข
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา **(Related Information Search)**	(1) จัดเตรียมสื่อและแหล่งเรียนรู้ รวมถึงให้คำแนะนำเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูล เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่หลากหลายจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ อย่างรอบด้าน	(1) วิเคราะห์และสรุปเกี่ยวกับทรัพยากรและข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงในการทำงาน (2) กำหนดประเด็นในการรวบรวมข้อมูลที่กลุ่มให้ความสนใจ และสร้างเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล แล้วสำรวจเก็บ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 (ต่อ) บทบาทครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม (กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2558)

กระบวนการทางวิศวกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	(2) ร่วมวิเคราะห์ทรัพยากรและข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงในการทำงาน	รวบรวมข้อมูล สืบเสาะหาความรู้ ศึกษา หรือสืบค้นข้อมูลในประเด็นที่กลุ่มให้ความสนใจ
	(3) กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการให้	
	ได้มากกว่า 1 วิธี (4) ร่วมสรุปองค์ความรู้และสารสนเทศที่จำเป็นสำหรับแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ	(3) วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปองค์ความรู้ สารสนเทศและสรุปวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งควรมีมากกว่า 1 วิธี (4) นำเสนอข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล และวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ
ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	(1) จัดเตรียมวัสดุที่จำเป็นและอุปกรณ์ เครื่องมือในการปฏิบัติงาน (2) ให้คำแนะนำและร่วมพิจารณาเลือกภาพร่างความคิดให้เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการมากที่สุดและสามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้จริงตามข้อจำกัดภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่ (3) กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิด	(1) เกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการเป็นภาพร่างความคิดหรือผังงานแล้วพัฒนาความคิดโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ให้ได้ความคิดที่หลากหลาย มีความแปลกใหม่ (2) วิเคราะห์และเลือกภาพร่างความคิดที่เหมาะสมที่สุดนำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (3) วางแผนการทำงานและลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างชิ้นงานสำหรับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 (ต่อ) บทบาทครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม (กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2558)

กระบวนการทางวิศวกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	สร้างสรรค์ในการออกแบบ (4) ให้คำแนะนำและเน้นย้ำการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือให้ถูกต้องและปลอดภัย รวมทั้งให้ความช่วยเหลือผู้เรียนในการใช้งานอุปกรณ์ เครื่องมือบางอย่างที่มีความซับซ้อนและอันตรายในการปฏิบัติงาน	แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยใช้งานอุปกรณ์เครื่องมือเหมาะสมกับประเภทของงาน ทำงานถูกต้องและปลอดภัย
ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา **(Planning and Development)**	(1) ให้คำแนะนำและร่วมตรวจสอบ ทดสอบชิ้นงานเพื่อหาจุดบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไข	(1) ตรวจทดสอบการทำงานของชิ้นงานเพื่อหาจุดบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไข พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลการตรวจ ทดสอบการทำงานของชิ้นงาน
ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน **(Testing Evaluation and Design Improvement)**	(1) จัดเตรียมสื่อและแหล่งเรียนรู้สำหรับการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน (2) ให้คำแนะนำและร่วมวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบทดสอบการทำงานของชิ้นงาน รวมทั้งแนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง (3) ให้คำแนะนำหากต้องย้อนกลับไปปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การย้อนกลับ	(1) วิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจ สอบทดสอบการทำงานของชิ้นงาน (2) ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้ได้ชิ้นงานตามที่ออกแบบไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4 (ต่อ) บทบาทครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม (กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2558)

กระบวนการทางวิศวกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	ไปรวบรวมข้อมูลอีกครั้ง หรือเลือกวิธีการใหม่ หรือออกแบบและปฏิบัติการอีกครั้ง	
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	(1) อำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนในการนำชิ้นงานไปแก้ปัญหาหรือความต้องการ (2) ร่วมสรุปองค์ความรู้จากการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ (3) ให้ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาชิ้นงานในอนาคตและกรณีที่ชิ้นงานไม่สามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้	(1) นำชิ้นงานไปแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ และประเมินผลว่าชิ้นงานที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการภายใต้สถานการณ์เทคโนโลยีความท้าทาย ข้อจำกัด และทรัพยากรที่มีอยู่หรือไม่ อย่างไรพร้อมทั้งบันทึกผลเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาชิ้นงานต่อไป (2) นำเสนอผลงาน และแลกเปลี่ยนเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรุปได้ว่า การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างและพัฒนาการเรียนรู้ของเยาวชน จะช่วยให้เยาวชนได้มีการฝึกทักษะในการคิดอย่างเป็นขั้นตอนซึ่งเป็นการต่อยอดความรู้ที่มีอยู่เดิมให้ขยายไปจนเกิดมุมมองใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้อย่างครอบคลุมและถูกต้องจนนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์รวมไปถึงนวัตกรรมใหม่

3. เทคนิคการใช้คำถาม

3.1 ความหมายของเทคนิคการใช้คำถาม

เทคนิคการใช้คำถาม (Questioning Techniques) หมายถึง กลวิธีการถามคำถาม และตอบคำถามที่เป็นเครื่องมือสำหรับกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบคำถาม โดยใช้กระบวนการคิด ค้นคว้าด้วยตนเอง โดยการตั้งคำถาม และตอบคำถามกับผู้เรียนอาจใช้กับผู้เรียนเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่มย่อย หรือ

ทั้งชั้น เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิด ค้นคว้าหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหาและสรุปแนวคิดได้ด้วยตนเอง เป็นการพัฒนาความคิดในระดับสูง และความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน โดยเฉพาะในบริบทของการจัดการเรียนการสอน

3.2 ความเป็นมาของเทคนิคการใช้คำถาม

ในสภาพปัจจุบัน มีความเจริญก้าวหน้าในศาสตร์การสอนอย่างมากมาย เทคนิคหนึ่งที่เป็นพื้นฐานของการเรียนการสอนและมีความสำคัญยิ่งคือ “เทคนิคการใช้คำถาม” คำถามเป็นกุญแจสำคัญในการสืบเสาะแสวงหาความรู้ ผู้สอนจึงต้องมีความชำนาญในการตั้งคำถาม และสามารถเลือกใช้คำถามที่นำ หรือเร้าความสนใจให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดอย่างเหมาะสมตามความสนใจ คำถามที่ดีจะช่วยให้การเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ และอาจกล่าวได้ว่า การเรียนการสอนจะมีประสิทธิภาพเพียงใด ขึ้นอยู่กับเทคนิคการตั้งคำ ถามของผู้สอนที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดระดับสูง การตั้งคำถามที่มีประสิทธิภาพสามารถสอดแทรกเข้าไปได้ในทุกกิจกรรมการเรียนการสอน ดังคำกล่าวที่ว่า “ครูที่ไม่ถามก็เหมือนไม่ได้สอน (Theteacher who never question never teaches)” เบนจามิน บลูม (Benjamin S.Bloom) เป็นนักการศึกษาชาวอเมริกันที่มีความสำคัญกับการแบ่งระดับของคำถามในการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยได้นำระบบการคิดทางการเรียนรู้ Bloom’s Taxonomy มาจำแนกการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) เริ่มจากความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำ ไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่าด้านจิตพิสัย (affective domain) จำแนกเป็นการรับรู้ การตอบสนอง การสร้างค่านิยม การจัดระบบและการสร้างคุณลักษณะจากค่านิยม และด้านทักษะพิสัย (psychomotor domain) จำแนกเป็นทักษะการเคลื่อนไหวของร่างกาย ทักษะการเคลื่อนไหวอวัยวะสองส่วนหรือมากกว่าพร้อม ๆ กัน ทักษะการสื่อสารโดยใช้ท่าทาง และทักษะการแสดงพฤติกรรมทางการพูดซึ่งในแต่ละด้านจะมีการจำแนกระดับความสามารถของผู้เรียนจากต่ำสุดไปถึงสูงสุด โดยเฉพาะด้านพุทธิพิสัย ซึ่งเป็นด้านการเรียนรู้ที่มีความสำคัญมากที่สามารถนำมากำหนดเป็นข้อสำคัญในการแบ่งระบบความรู้ความคิด และความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียนอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ระดับเรียงลำ ดับจากระดับต่ำ ไประดับสูง และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเทคนิคการตั้งคำถาม ได้แก่ ความรู้ความจำ (knowledge) ความเข้าใจ (comprehension) การนำไปใช้ (application) การวิเคราะห์ (analysis) การสังเคราะห์ (synthesis) และการประเมินค่า (evaluation) นอกจากนี้ยังสามารถนำเสนอระดับความสามารถที่มีการปรับปรุงใหม่ตามแนวคิดของ Anderson and Krathwohl (2001) ซึ่งแบ่งเป็นระดับการจำ (remembering) การเข้าใจ (understanding) การประยุกต์ใช้ (applying) การวิเคราะห์ (analyzing) การประเมินผล (evaluating) และการสร้างสรรค์ (creating) การถามคำ ถามในระดับต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ช่วยให้ผู้สอนทราบพื้นฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

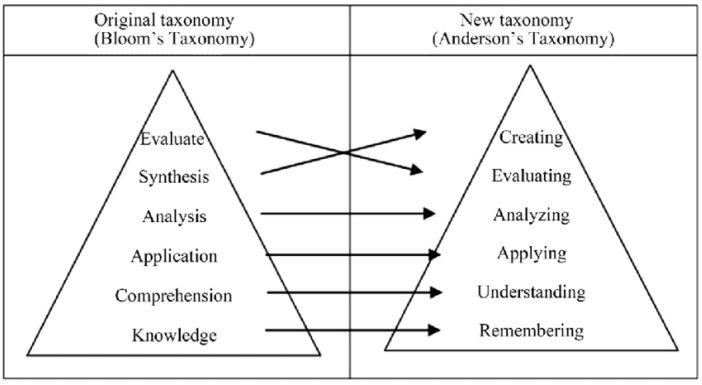
ความสามารถของผู้เรียน และช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้อยากเห็น และเต็มใจเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน ช่วยทบทวนบทเรียน รวมทั้งช่วยในการประเมินผลว่า การสอนได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการคิดค้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง ให้ผู้เรียนมีเหตุมีผลช่วยพัฒนาความคิดอย่างมีวิจารณญาณ จะเห็นได้ว่าเทคนิคการตั้งคำถามที่ดีนั้นเป็นสิ่งสำคัญ และจำเป็นอย่างมากสำหรับผู้สอนที่จะช่วยให้การเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

Bloom's Taxonomy Revised (อ้างอิงถึงใน Anderson & Krathwohl, 2001) เกิดจากการปรับปรุงแนวคิดการแบ่งประเภทการเรียนรู้แบบดั้งเดิมโดยนักการศึกษา 2 ท่านได้แก่ Anderson และ Krathwohl ซึ่งได้ปรับปรุงวัตถุประสงค์ ให้พิจารณาเป็น 2 มิติ คือ พิจารณาลักษณะของความรู้และพิจารณาการเรียนรู้ทางปัญญา 6 ขั้น นั้นสิ่งที่แตกต่างระหว่างแนวคิดของ Bloom (1956) กับแนวคิดของ Anderson and Krathwohl (2001) คือ

1) การเพิ่มมิติด้านลักษณะความรู้เพื่อช่วยให้การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

2) การปรับรูปแบบคำ ที่ใช้จากคำ นามเป็นคำกริยา

3) ขั้นที่ 1 เปลี่ยนจากคำ ว่า "ความรู้ความเข้าใจ" เป็น "การจำ " ขั้นที่ 5 เปลี่ยนจาก "การสังเคราะห์" เป็น "การประเมินผล" และ ขั้นที่ 6 เปลี่ยนจาก "การประเมินผล" เป็น "การสร้างสรรค์" โดยสามารถเปรียบเทียบได้ ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2 Bloom's Taxonomy Revised (Anderson & Krathwohl, 2001)

3.3 ความสำคัญของการใช้คำถาม

ทิพย์วัลย์ สีจันทร์ (2531) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการใช้คำถามไว้ ดังนี้

1) คำถามใช้เป็นสื่อสำหรับสำรวจและทบทวนพื้นความรู้เดิมและประสบการณ์เดิมของผู้เรียน คำตอบของผู้เรียนจะเป็นสื่อนำไปสู้การเรียนการสอนบทเรียนใหม่และประสบการณ์ใหม่

2) คำถามใช้กระตุ้มความสนใจของผู้เรียน ผู้สอนอาจใช้คำถามเพื่อเร้าความสนใจของผู้เรียนได้ทุกขั้นตอน

3) คำถามใช้เสริมสร้างความคิดให้แก่ผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนฝึกคิดหาคำตอบ หาเหตุผล และหาความรู้ได้ด้วยตนเอง

4) คำถามที่ดีจะช่วยให้มีการอภิปรายต่อเนื่อง ขยายความคิดและแนวทางการเรียนรู้และข้อสรุปหลักเกณฑ์ใหม่ ๆ

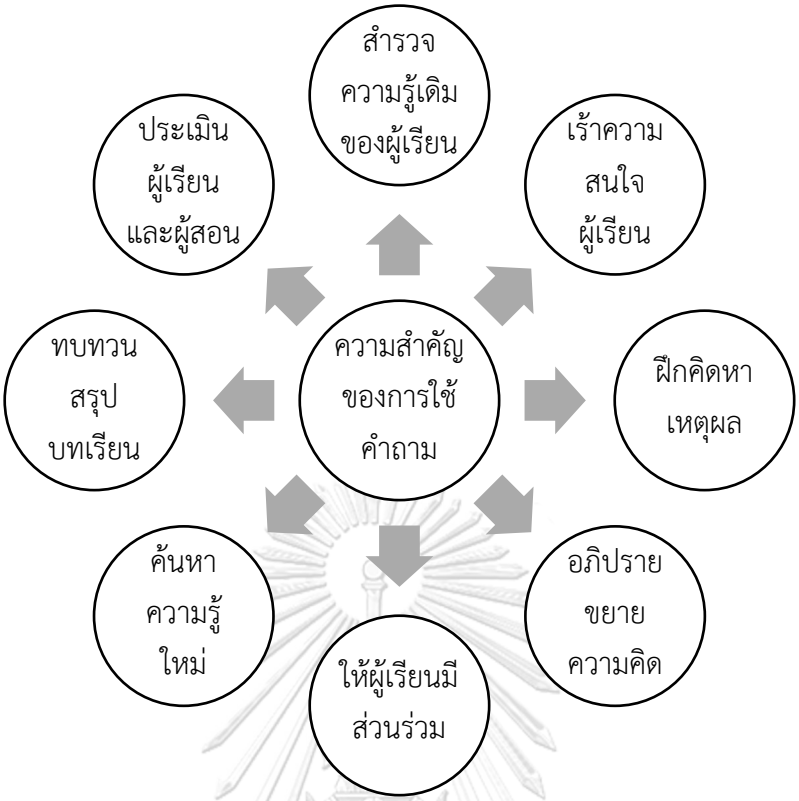
5) คำถามช่วยให้ผู้เรียนพยายามค้นคว้าหาความรู้ใหม่เพิ่มเติม เพื่อที่จะนำมาตอบคำถามของผู้สอน

6) คำถามช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน เช่น ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสตอบคำถาม เสนอความคิดเห็นและตั้งคำถาม

7) คำถามช่วยทบทวนหรือสรุปบทเรียนให้เป็นที่เข้าใจตรงกัน

8) คำถามช่วยประเมินผลการเรียนทั้งของผู้เรียนและการสอนของผู้สอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3 ความสำคัญของการใช้คำถาม (ทิพย์วัลย์ สีจันทร์, 2531)

สรุปได้ว่า คำถามนั้นมีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาผู้เรียน เพราะคำถามนั้นจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ครูได้สำรวจความรู้เดิม และช่วยกระตุ้นความสนใจ ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน กระตุ้นให้เกิดทักษะการคิดในแง่มุมต่าง ๆ มากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4 วัตถุประสงค์ของการใช้คำถาม

การใช้คำถามสามารถสอดแทรกอยู่ในทุกกิจกรรมของการเรียนการสอน ผู้สอนควรจะต้องทราบวัตถุประสงค์ของการใช้คำถาม เพื่อจะได้ใช้คำถามให้เหมาะสมกับผู้เรียน อันจะมีผลต่อประสิทธิภาพของการเรียนการสอนต่อไป วัตถุประสงค์โดยทั่วไปของการใช้คำ ถามมีดังนี้

1) เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดและค้นหาแนวคิดใหม่ ๆ

2) เพื่อประเมินความรู้เดิมของผู้เรียนและสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับประสบการณ์ใหม่ที่จะจัดให้กับผู้เรียน

3) เพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อมก่อนที่จะเรียนบทเรียนใหม่ และทบทวนหรือสรุปบทเรียน

4) เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน และวัดผลประเมินผลการเรียน

5) เพื่อเสริมสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนให้มีความเข้าใจอันดีต่อกัน

3.5 ประเภทของคำถาม

คำถามมีการแบ่งหลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการแบ่ง ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้คำถาม ขั้นตอนของการสอน ลักษณะของคำตอบ นักการศึกษาได้จำแนกประเภทของคำถามไว้แตกต่างกัน สรุปได้ดังนี้

1) คำถามทั่ว ๆ ไปที่ไม่เกี่ยวกับเนื้อหาวิชา (managerial questions) ซึ่งเป็นคำถามเพื่อการดำเนินการสอน หรือจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ดำเนินไปในทิศทางที่ต้องการ นอกจากนี้ยังใช้กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน

2) คำถามเน้นความ (rhetorical questions) ใช้เพื่อเน้นเรื่องที่จะพูด เป็นวิธีการหนึ่งของการอธิบายข้อเท็จจริง ซึ่งอาจช่วยเน้นหรือเร้าความสนใจของผู้เรียนได้มากขึ้น จุดมุ่งหมายของคำถามประเภทนี้ ไม่ใช่อยู่ที่คำ ตอบว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” แต่เป็นการบอกข้อเท็จจริง และเพื่อเร้าความสนใจของผู้เรียนมายังเรื่องนั้น ๆ ด้วย

3) คำถามที่มีคำตอบแน่นอน (closed questions) เป็นคำถามที่มีคำตอบจำกัดและแน่นอน ไม่ว่าจะถามคำถามนี้กับผู้เรียนคนใดก็หวังจะได้รับคำตอบแบบเดียวกัน คำถามประเภทนี้ไม่เกี่ยวกับความคิดเห็น ส่วนใหญ่จะเป็นคำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริงหรือสิ่งที่ผู้เรียนได้เคยเรียนมาแล้ว

4) คำถามที่มีคำตอบได้หลายอย่าง หรือคำถามแบบกว้าง (open-ended questions) เป็นคำถามที่มีคำตอบที่เป็นไปได้มากกว่าหนึ่งหรือสองคำตอบ ผู้เรียนจะต้องใช้ความรู้ที่เรียนมาแล้วมาประมวลกันเข้าเพื่อตอบคำถาม คำถามประเภทนี้ได้แก่ คำถามที่ถามให้ผู้เรียนลงความเห็นจากข้อมูลตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง พยากรณ์ รวมถึงการถามเกี่ยวกับการประเมินความรู้สึก

นอกจากนี้ การแบ่งประเภทคำถามตามแนวกระบวนการคิดทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) นั้น บลูมได้จัดระดับจุดมุ่งหมายของการใช้คำถามตามระดับความรู้จากต่ำไปสูงไว้ 6 ระดับคือ ระดับความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำ ไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล ซึ่งผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นแนวในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดในระดับที่สูงขึ้นไปเรื่อย ๆ ตัวอย่างเช่น เมื่อถามคำถามแล้วพบว่า ผู้เรียนมีความรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งแล้ว ผู้สอนควรตั้งคำถามในระดับที่สูงขึ้น คือระดับความเข้าใจ หรือถ้าผู้เรียนมีความเข้าใจแล้ว ผู้สอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ก็ควรตั้งคำถามในระดับที่สูงขึ้นไปอีก คือระดับการนำ ไปใช้ การที่ผู้สอนจะสามารถตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายทางด้านพุทธิพิสัยของบลูมให้สูงขึ้นนั้น ผู้สอนจำ เป็นต้องเข้าใจในความหมายของระดับความรู้ทั้ง 6 ประการ ผู้สอนจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะของความรู้แต่ละระดับและพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความรู้ ดังนี้

1) การถามคำถามเพื่อการเรียนรู้ในระดับความรู้ความจำ (knowledge) หมายถึง การถามคำถามการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถตอบได้ว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้มามีสาระอะไรบ้าง การที่สามารถตอบได้นั้น ได้มาจากการจดจำเป็นสำคัญ ดังนั้นคำถามที่ใช้ในการทดสอบการเรียนรู้ในระดับนี้ จึงมักเป็นคำถามที่ถามถึงข้อมูล สาระ รายละเอียดของสิ่งที่เรียนรู้ และให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ว่าตนมีความรู้ความจำ ในเรื่องนั้น ๆ ดังตัวอย่างดังนี้

พฤติกรรมที่บ่งชี้ ถึงการถามคำ ถามการเรียนรู้ในระดับความรู้ความจำ ได้แก่ บอก รวบรวม เล่า ประมวล ชี้ จัดลำ ดับ ระบุ ให้ความหมาย จำแนก ให้คำนิยาม ท่องจำ เลือก

เนื้อหา/สิ่งที่ถามถึงได้แก่ ศัพท์ วิธีการ หมวดหมู่ กระบวนการ ระบบ รายละเอียด เกณฑ์ความสัมพันธ์ ระเบียบ บุคคล สาเหตุ แบบแผน เหตุการณ์ หลักการ ทฤษฎี โครงสร้าง สถานที่ องค์ประกอบสัญลักษณ์ เวลา กฎ คุณลักษณะ

2) การถามคำถามเพื่อการเรียนรู้ในระดับความเข้าใจ (comprehension) หมายถึง การถามคำถามการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนเข้าใจความหมายความสัมพันธ์และโครงสร้างของสิ่งที่เรียนและสามารถอธิบายสิ่งที่เรียนรู้นั้นได้ด้วยคำพูดของตนเอง ผู้เรียนที่มีความเข้าใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหลังจากได้ความรู้ในเรื่องนั้นมาแล้ว จะสามารถแสดงออกได้หลายทาง เช่นสามารถ ตีความได้ แปลความได้ เปรียบเทียบได้ บอกความแตกต่างได้ เป็นต้น ดังนั้น คำ ถามในระดับนี้จึงมัก เป็นคำถามที่ช่วยให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงความเข้าใจของตนในเรื่องนั้น ๆ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

พฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการถามคำ ถามการเรียนรู้ในระดับความเข้าใจได้แก่ อธิบาย (โดยใช้คำ พูด) ขยายความ เปรียบเทียบ ลงความเห็น แปลความหมาย แสดงความคิดเห็น ตีความหมาย คาดการณ์คาดคะเน สรุปย่อ ทำนาย บอกใจความสำคัญ กะประมาณ

เนื้อหา/สิ่งที่ถามถึงได้แก่ ศัพท์ วิธีการ ความหมาย กระบวนการ คำ นิยาม ทฤษฎี หลักการ สิ่งที่เป็นนามธรรม แบบแผน โครงสร้าง ผลที่จะเกิดขึ้นความสัมพันธ์ ผลกระทบ เหตุการณ์ สถานการณ์

3) การถามคำถามเพื่อการเรียนรู้ในระดับการนำ ไปใช้ (application) หมายถึง การถามคำ ถามการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถนำข้อมูล ความรู้ และความเข้าใจที่ได้เรียนรู้มาไปใช้ในการหาคำตอบและแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนั้นคำถามในระดับนี้จึงมักประกอบด้วยสถานการณ์ที่ผู้เรียนจะต้องดึงความรู้ ความเข้าใจมาใช้ในการหาคำตอบ โดยผู้เรียนมีพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการเรียนรู้ในระดับสามารถนำไปใช้ได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

พฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการถามคำถามการเรียนรู้ในระดับการนำความรู้ไปใช้ได้แก่ ประยุกต์ปรับปรุง แก้ปัญหา เลือก จัดทำ ปฏิบัติ แสดง สาธิต ผลิต

เนื้อหา/สิ่งที่ถามถึงได้แก่ กฎ วิธีการ หลักการกระบวนการ ทฤษฎี ปัญหา ปรากฏการณ์ข้อสรุปสิ่งที่เป็นนามธรรม ข้อเท็จจริง

4) การถามคำถามเพื่อการเรียนรู้ในระดับการวิเคราะห์ (analysis) หมายถึง การถามคำถามการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดที่ลึกซึ้งขึ้น เนื่องจากไม่สามารถหาคำ ตอบได้จากข้อมูลที่มีอยู่โดยตรง ผู้เรียนต้องใช้ความคิดหาคำตอบจากการแยกแยะ ข้อมูลและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่แยกแยะนั้น หรืออีกนัยหนึ่งคือการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนสามารถจับได้ว่าอะไรเป็นสาเหตุ เหตุผลหรือแรงจูงใจที่อยู่เบื้องหลังปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง การวิเคราะห์โดยทั่วไป มี 2 ลักษณะคือ

4.1) การวิเคราะห์จากข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้ได้ข้อสรุปและหลักการที่นำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้

4.2) การวิเคราะห์ข้อสรุป ข้ออ้างอิง หรือหลักการต่าง ๆ เพื่อหาหลักฐานที่สามารถสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อความนั้น ตัวอย่างพฤติกรรมที่สามารถบ่งชี้ถึงการเรียนรู้ในระดับวิเคราะห์ คือพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการถามคำถามการเรียนรู้ในระดับการวิเคราะห์ได้แก่ จำแนกแยกแยะ หาข้ออ้างอิง หาเหตุผล หาหลักฐาน หาความสัมพันธ์ตรวจสอบ หาข้อสรุป จัดกลุ่มหาหลักการ ระบุ บ่งชี้ เนื้อหา/สิ่งที่ถามถึงได้แก่ ข้อมูล ข้อความ เรื่องราว เหตุการณ์ เหตุและผล องค์ประกอบ ความคิดเห็นสมมติฐาน ข้อยุติ ความมุ่งหมาย รูปแบบระบบ โครงสร้าง วิธีการ กระบวนการ

5) การถามคำถามเพื่อการเรียนรู้ในระดับการสังเคราะห์ (synthesis) หมายถึง การถามคำ ถามการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับความสามารถของผู้เรียน

5.1) คิด ประดิษฐ์ สิ่งใหม่ขึ้นมาได้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของสิ่งประดิษฐ์ ความคิด หรือ ภาษา

5.2) ทำนายสถานการณ์ในอนาคตได้

5.3) คิดวิธีการแก้ปัญหาได้ ซึ่งต่างจากการแก้ปัญหาในขั้นการนำ ไปใช้ ซึ่งจะมีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว แต่วิธีการแก้ปัญหาในขั้นนี้ อาจมีคำตอบได้หลายคำตอบ พฤติกรรมที่สามารถบ่งชี้การเรียนรู้ในระดับนี้ คือ พฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการถามคำถามการเรียนรู้ในระดับการสังเคราะห์ ได้แก่ เขียนบรรยาย อธิบาย เล่า บอก เรียบเรียง สร้าง ประดิษฐ์ ดัดแปลง ปรับแก้ไข ทำ ใหม่ ออกแบบ ปฏิบัติ คิดริเริ่ม ตั้งสมมติฐาน ตั้งจุดมุ่งหมาย ทำนาย แจกแจงรายละเอียด จัดหมวดหมู่สถานการณ์ วิธี แก้ปัญหา เนื้อหา/สิ่งที่ถามถึงได้แก่ ความคิด การศึกษา

ค้นคว้า แผนงาน สมมติฐาน จุดมุ่งหมาย ทฤษฎี หลักการ โครงสร้าง รูปแบบ แบบแผน ส่วนประกอบ ความสัมพันธ์ แผนภาพ แผนภูมิ ผังกราฟิก

6) การถามคำถามเพื่อการเรียนรู้ในระดับการประเมินผล (evaluation) หมายถึง การถามคำ ถามการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องใช้การตัดสินคุณค่า ซึ่งก็หมายความว่า ผู้เรียนจะต้องสามารถตั้งเกณฑ์ในการประเมินหรือตัดสินคุณค่าต่าง ๆ ได้ และแสดงความคิดเห็นในเรื่องนั้นได้ พฤติกรรมบ่งชี้การเรียนรู้ในระดับนี้มีตัวอย่าง คือ พฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการถามคำถาม การเรียนรู้ในระดับการประเมินผลได้แก่วิพากษ์วิจารณ์ตัดสิน ประเมินค่า ตีค่า สรุป เปรียบเทียบ จัดอันดับ กำหนดเกณฑ์/กำหนดมาตรฐาน ตัดสินใจ แสดงความคิดเห็น ให้เหตุผล บอกหลักฐาน เนื้อหา/สิ่งที่ถามถึงข้อมูล ข้อเท็จจริง การกระทำ ความคิดเห็น ความถูกต้อง ความแม่นยำ มาตรฐาน เกณฑ์ หลักการ ทฤษฎีคุณภาพ ประสิทธิภาพ ความเชื่อมั่น ความคลาดเคลื่อน วิธีการ ประโยชน์ ค่านิยม

การถามคำถามเพื่อการเรียนรู้ในระดับการสร้างสรรค์ (creative) หมายถึงการถามคำถามการเรียนรู้ในระดับที่ผู้เรียนต้องนำ เอาองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณการใช้ร่วมกันทั้งในด้านความสอดคล้องของความรู้ (coherent) สามารถนำเอาความรู้มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (functional whole) สามารถนำ เอาความรู้เดิมมาจัดระบบความคิดเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ (reorganize) ทั้งในด้านแบบแผน (pattern) หรือโครงสร้างของชุดความรู้ (structure) ผลของขั้นการสร้างสรรค์ อาจอยู่ทั้งในรูปของการได้มาซึ่งชุดความรู้ใหม่ (generate) รูปแบบการวางแผนที่แตกต่างไปจากเดิม (plan) หรืออาจเป็นผลผลิตใหม่ (product) ซึ่งเป็นระดับสูงสุดของการเรียนรู้ที่มีการปรับปรุงใหม่ตามแนวคิดของ Anderson and Krathwohl (2001) เพื่อให้ได้องค์ประกอบของสิ่งที่เรียนรู้ร่วมกันด้วยการสังเคราะห์ เพื่อเชื่อมโยงให้เกิดรูปแบบใหม่ของสิ่งที่เรียนรู้ หรือโครงสร้างของความรู้ที่ผ่านการวางแผน และการสร้างหรือการผลิตอย่างเหมาะสมประกอบด้วย

1) การสร้าง (create) ได้แก่การนำ เอาส่วนต่าง ๆ มาประกอบกันขึ้นใหม่โดยทำให้มีรูปแบบ/โครงสร้าง/แบบแผนแตกต่างไปจากเดิม

2) การผลิต (generating) ได้แก่การสร้างชุดความรู้ขึ้นมาใหม่ที่เกิดจากการตั้งสมมุติฐานและสังเกตว่าเป็นไปตามสมมุติฐานหรือไม่ก่อให้เกิดความรู้ใหม่

3) การวางแผน (planning) ได้แก่ความสามารถในการวางแผนโดยมีการกำหนดเป็นขั้นตอนต้องทำอะไรก่อนหลัง

4) การสร้างผลิตผล (producing) ได้แก่การสร้างผลิตผลที่เกิดจากการใช้ความรู้ทำให้เกิดผลิตผลใหม่ขึ้น พฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการถามคำถามการเรียนรู้ในระดับการสร้างสรรค์ ได้แก่ การตั้งสมมุติฐานและให้พิสูจน์สมมุติฐานที่ตั้งไว้ (challenging assumptions) การจดบันทึก (journaling) การโต้เถียง (debates) การประชุมเพื่อศึกษาและอภิปรายกับผู้อื่นในกิจกรรมการเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(discussions and other collaborating learning activities) การออกแบบ (design) และการตัดสินใจจากสถานการณ์ต่าง ๆ (decision-making situations)

3.6 ลักษณะของคำถามที่ดี

คำถามที่ดีช่วยให้การใช้คำถามของผู้สอนบรรลุวัตถุประสงค์มากยิ่งขึ้น ลักษณะของคำถามที่ดี มีลักษณะดังนี้

1) สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดทั้งในด้านเหตุผล การวิเคราะห์ สร้างสรรค์ และเป็นคำถามที่ท้าทาย ยั่วยุผู้ตอบ

2) สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนแต่ละเนื้อหา

3) เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียนไม่ยากหรือง่ายเกินไป

4) ใช้ภาษาง่าย ๆ เฉพาะเจาะจง สั้น กะทัดรัด ได้ความครบ

5) ขึ้นต้นประโยคโดยใช้คำถามแทนที่จะบอกข้อความก่อนแล้วถามคำถามทีหลัง

6) ไม่ควรตั้งคำถามหลายคำถามในขณะเดียวกัน และไม่ตั้งคำถามนิเสธพร้อมทั้งควรเป็นคำถามแบบเปิด เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดแบบอเนกนัย

7) ต้องมีระดับความยากง่ายพอเหมาะกับชั้นที่เรียนและวุฒิภาวะของผู้เรียนจากลักษณะของคำถามที่ดีที่นักการศึกษาจำแนกไว้ สรุปได้ว่า ลักษณะการถามคำถามที่ดีนั้นเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้สอน สามารถช่วยให้การเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และมีประโยชน์ต่อผู้เรียนในการพัฒนาความคิดในระดับสูงต่อไป

3.7 วิธีการตั้งคำถาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการตั้งคำถามที่ดีเป็นความสามารถในการตั้งคำถามหรือใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนตอบคำถามโดยแสดงความคิดในระดับสูง การถามคำถามนั้นจะต้องน่าสนใจ และกระตุ้นให้คิด ควรเตรียมมาก่อน องค์ประกอบพื้นฐานของกลวิธีการถาม มีดังนี้

1) การถามให้ตรงประเด็นเมื่อถามคำถามกว้าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับรู้แนวทางของคำถามแล้วผู้สอนควรถามคำถามเจาะจงลงไปในประเด็นที่ต้องการให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2) การเรียกผู้เรียนให้ตอบคำถาม ผู้สอนควรถามทั้งชั้น หยุดสักเล็กน้อยจึงเรียกผู้เรียนคนใดคนหนึ่งตอบ โดยการเรียกชื่อหรือใช้ท่าทาง ไม่ควรเรียกชื่อก่อนแล้วจึงถาม

3) การกระจายคำถาม ผู้สอนควรถามคำถามผู้เรียนให้ทั่วถึง แม้ว่าอาจจะใช้วิธีถามตัวแทนของกลุ่ม

4) การจัดให้มีความเงียบชั่วขณะ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมาธิ ได้คิดแล้วจึงเรียกให้ตอบ เทคนิคนี้สำคัญมากเมื่อผู้สอนถามคำถามที่ยากขึ้นต้องเว้นระยะเวลาเพื่อรอคำตอบ ความเงียบในขณะรอ ผู้เรียนจะเริ่มคิด และใส่ใจกับคำถาม เป็นการดึงศักยภาพในตนเองออกมาเพื่อตอบคำถาม

5) คำถามควรกระชับและชัดเจนไม่ถามคำถามพร้อมกันหลายคำถาม เพราะจะทำให้ผู้เรียนสับสนและไม่สามารถตอบคำถามได้ตรงประเด็น

6) การถามคำถามโดยการปูพื้นความรู้เป็นการถามคำถามเพื่อดึงประสบการณ์เดิมของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนหาคำตอบได้ดีขึ้น โดยถามให้แนวทางหรือถามคำถามใหม่ แต่ใจความเดียวกัน หรือแบ่งคำถามออกเป็นตอน ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและตอบคำถามง่ายขึ้น

7) การถามต่อเนื่องที่เจาะลึก เป็นการถามช่วยให้ผู้เรียนคิดหาคำ ตอบที่ดีกว่า ลึกซึ้งกว้างขวางมีเหตุผลกว่าคำ ตอบพื้น ๆ ที่ตอบครั้งแรกและใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน

8) ถ้าผู้เรียนตอบคำถามถูกควรมีการเสริมแรง ทางวาจา เช่น ให้คำ ชม และถ้าผู้เรียนตอบผิดไม่ควรมีปฏิกิริยาทางลบ เช่น ตำหนิ แต่ควรให้กำ ลังใจที่จะแก้ไขคำ ตอบที่ผิดหรือในกรณีที่ไม่มีคำตอบ ควรถามใหม่และทำให้ง่ายขึ้นหรือเน้นจุดสำคัญเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจคำถาม

9) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ถามอย่างเป็นกันเองบ้าง เพื่อสร้างบรรยากาศที่เป็นมิตรในห้องเรียน จะทำให้ผู้เรียนรู้สึกอยากจะมีส่วนร่วมในการตอบคำถามมากขึ้น

10) ใช้คำถามที่ผู้เรียนมีความรู้และประสบการณ์เพียงพอที่จะสามารถตอบคำถามได้ และควรวิเคราะห์คำถามที่ถามไปแล้วสำหรับนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในโอกาสอื่น ๆ ต่อไป วิธีการใช้คำถามที่ดีจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดอย่างเป็นระบบ ตลอดจนพัฒนาความรู้ความคิดของผู้เรียน ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจอยากตอบคำถาม ผู้สอนจึงจำเป็นต้องใช้ความรอบคอบ ความละเอียดลออในการพิจารณาเลือกใช้คำถาม เพื่อให้ผู้เรียนได้ขยายมโนมติ พัฒนากระบวนการคิดเพื่อการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งครูผู้สอนจำ เป็นต้องให้ความสนใจศึกษาและฝึกฝนการตั้งคำ ถามให้คล่องแคล่ว เพื่อเป็นประโยชน์ในการเรียนการสอนต่อไปนอกจากนี้ คำถามบางคำถามอาจไม่ต้องการคำตอบ ซึ่งในบริบทของการสอนในชั้นเรียน ผู้เรียนอาจจะมีพัฒนาการมากพอแล้ว เป็นคำถามที่สืบเนื่องของกิจกรรมที่ไม่ต้องการคำตอบ

3.8 การตั้งคำถามด้วยเทคนิค 5W1H

5W1H เป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์รูปแบบหนึ่งด้วยการตั้งคำถาม เพื่อให้ได้องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกับสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจนซึ่งอาจเป็นวัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์ หรือปัญหาสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลหรือสารสนเทศ เพื่อการแก้ปัญหาได้ตรงกับความ

ต้องการมากที่สุด การวิเคราะห์โดยใช้ 5W1H จำเป็นต้องใช้ทักษะในการตั้งคำถาม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (สุวิทย์ มูลคำ, 2547)

What (อะไร) ปัญหาหรือความต้องการคืออะไร เกิดอะไรขึ้นบ้าง เหตุการณ์นี้เกี่ยวข้องกับอะไร หลักฐานและสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นี้คืออะไร เป็นการบอกลักษณะของปัญหาหรือความต้องการว่าคืออะไร

Where (ที่ไหน) ปัญหาหรือความต้องการเกิดขึ้นที่ไหน เป็นการบอกสถานที่ สภาพแวดล้อมหรือตำแหน่งที่เกิดปัญหาหรือความต้องการ

When (เมื่อไร) ปัญหาหรือความต้องการเกิดขึ้นเมื่อใด เป็นการบอกช่วงเวลาหรือสถานการณ์ที่เกิดปัญหาหรือความต้องการ

Why (ทำไม) ทำไมจึงเกิดปัญหาหรือความต้องการ เป็นการบอกสาเหตุของปัญหาหรือความต้องการ

Who (ใคร) ปัญหาหรือความต้องการเกิดขึ้นกับใคร เป็นการระบุตัวบุคคลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ

How (อย่างไร) ปัญหาหรือความต้องการมีลักษณะอย่างไร เป็นการบอกความต้องการที่เกิดจากผลของปัญหามีลักษณะอย่างไร และแนวทางการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการควรทำอย่างไร

การใช้เทคนิค 5W1H ในการวิเคราะห์แก้ปัญหานั้น ส่วนใหญ่จะใช้ในขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยการตั้งคำถาม Who is it about? What happened? When did it take place? Where did it take place? และ Why did it happen? การตั้งคำถามดังกล่าวจะทำให้ได้คำตอบในแต่ละประเด็น แต่ละข้อของคำถาม

เทคนิค 5W1H จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลหรือปัญหา ได้เกือบทุกรูปแบบ เพราะเป็นเทคนิคการใช้คำถามที่ต้องใช้ความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งหนึ่งสิ่งใดซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ นำมาหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านั้น เพื่อค้นหาคำตอบที่เป็นความเป็นจริง หรือที่เป็นสิ่งที่สำคัญ จากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาจัดระบบ เรียบเรียงใหม่ให้ง่ายแก่ต่อการทำความเข้าใจ

ซึ่งประโยชน์ของการใช้เทคนิคคำถาม 5W1H นั้นจะช่วยให้นักเรียนรู้ข้อเท็จจริง รู้เหตุผลเบื้องหลังของสิ่งที่เกิดขึ้น เข้าใจความหมายความเป็นมาเป็นไปของเหตุการณ์นั้น ๆ ใช้เป็นฐานความรู้ในการนำไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหา ทำให้สามารถหาเหตุผลที่สมเหตุสมผลให้กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงและทำให้สามารถประมาณความน่าจะเป็นได้

3.9 คำถามตามแนวคิดของออสบอร์น

คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นเป็นรายการของคำถามที่ใช้เป็นแนวทางในการกระตุ้นความคิดของนักเรียนในแง่มุมที่แตกต่างจากเดิม ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในการแก้ปัญหาและช่วยพัฒนาขยายโครงสร้างพื้นฐานของกระบวนการและความรู้เดิมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดที่หลากหลายแนวทาง เกิดจินตนาการ ความคิดริเริ่มและเรียนรู้ด้วยตนเอง (Glen, 1997) ซึ่งความคิดที่หลากหลายแนวทางและความคิดริเริ่มมีความสำคัญต่อทักษะกระบวนการทางวิศวกรรม เช่น การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา การทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา ที่เป็นขั้นตอนเฉพาะของกระบวนการทางวิศวกรรม (Hu & Adey, 2002) ประกอบด้วยแนวทางการถามคำถาม 9 แนวทาง ได้แก่

(10) **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดว่าจะนำความรู้ กระบวนการที่มีอยู่ไปประยุกต์หรือใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อย่างไร

ตัวอย่างคำถาม

- นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร
- นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่

(11) **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดว่า สามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะเดิมของสิ่งของหรือกระบวนการอย่างไร

ตัวอย่างคำถาม

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าเปลี่ยนจากการใช้วัสดุชิ้นนี้เป็นวัสดุชิ้นอื่น
- นักเรียนคิดว่าวัสดุใดที่สามารถใช้แทนกันได้
- นักเรียนคิดว่าหากปรับเปลี่ยนสิ่งประดิษฐ์นี้ จะให้ผลที่แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

(12) **การดัดแปลง (Modify)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดเปลี่ยนแปลงบางส่วนหรือทั้งหมดของสิ่งของ หรือกระบวนการเพื่อทำให้ดีขึ้น ง่ายขึ้น หรือแปลกไปจากเดิม

ตัวอย่างคำถาม

- จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง
- หากนักเรียนดัดแปลงชิ้นงานไปจากเดิม นักเรียนคิดว่าจะให้ผลที่ดีขึ้นได้หรือไม่ อย่างไร

(13) **การขยาย/เพิ่ม (Magnify)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดเปลี่ยนแปลงให้บางสิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้น แข็งแรงขึ้น มากขึ้น

ตัวอย่างคำถาม

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเพิ่มขนาดให้ใหญ่ขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้ามีการเพิ่มวัสดุเข้าไปในชิ้นงานนี้

(14) **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดเปลี่ยนแปลงให้บางสิ่งมีขนาดเล็กลง ลกจำนวนลง

ตัวอย่างคำถาม

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าเราดัดแปลงให้สิ่งประดิษฐ์นี้มีขนาดที่เล็กลง
- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าเราลดจำนวนวัสดุที่ใช้ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้

(15) **การแทนที่ (Substitute)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดเกี่ยวกับการแทนที่หรือหาสิ่งอื่นมาทดแทนบางส่วนของสิ่งของหรือกระบวนการ

ตัวอย่างคำถาม

- นักเรียนสามารถหาสิ่งอื่นใดบ้างมาแทนที่หรือสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่
- นักเรียนสามารถนำวัสดุใดมาทดแทนแล้วทำให้สิ่งประดิษฐ์นี้แก้ปัญหาได้ดีขึ้น

(16) **การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดว่าจะเป็นอย่างไร ถ้าบางส่วนของกระบวนการหรือการทำงานมีลำดับขั้นตอนแตกต่างไปจากเดิม

ตัวอย่างคำถาม

- จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการลำดับการทำงานใหม่
- นักเรียนคิดว่าเราสามารถปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานได้หรือไม่ ถ้าต้องการปรับจะปรับเปลี่ยนอย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(17) **การเปลี่ยนทิศทางใหม่ (Reverse)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดว่าจะเป็นอย่างไรถ้าบางส่วนของกระบวนการหรือการทำงานกลับทิศทางไปจากทางเดิม

ตัวอย่างคำถาม

- จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ากระบวนการหรือขั้นตอนการทำงานของนักเรียนมีทิศทางตรงกันข้ามกับขั้นตอนการทำงานเดิม

(18) **การผนวกรวม (Combine)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดเกี่ยวกับการนำสิ่งสองสิ่ง หรือมากกว่ามารวมกัน เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม

ตัวอย่างคำถาม

- สามารถนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันแล้วทำให้ชิ้นงานมีประโยชน์มากขึ้น
- วัสดุใดบ้างที่นำมารวมกันแล้วทำให้ชิ้นงานสามารถช่วยแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 5 รูปแบบคำถามเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา

พฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องการวัด	รูปแบบคำถาม
1. การระบุปัญหา 1) การเข้าใจปัญหา 2) การกำหนดขอบเขตของปัญหา 3) ระบุปัญหาที่แท้จริงภายใต้ของเขตที่กำหนด	- ปัญหานี้เกิดขึ้นกับใคร - ปัญหานี้เกิดขึ้นที่ไหน - ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อใด - ปัญหานี้คืออะไร - ทำไมจึงเกิดปัญหาหรือความต้องการนี้ - ปัญหานี้มีลักษณะอย่างไร
2. การระบุสาเหตุของปัญหา 1) พิจารณาสาเหตุของปัญหา 2) ระบุสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนด	- ปัญหา...เกิดจากสาเหตุใด - เพราะอะไร จึงทำให้เกิด (สถานการณ์) เช่นนี้ - ที่เป็นเช่นนี้ เพราะ (สาเหตุ) ใช่หรือไม่
3. เสนอแนวทางการแก้ปัญหา 1) การคิดหาวิธีการและเทคนิคในการแก้ปัญหา 2) กำหนดขั้นตอนของการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา	- นักเรียนจะมีการออกแบบการแก้ปัญหานี้อย่างไร - รูปแบบของการแก้ปัญหาที่นักเรียนคิดไว้เป็นอย่างไร - จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อ...เพราะเหตุใด - แนวทางใดที่จะใช้ในการทดลองนี้ - จะดำเนินการศึกษาด้วยวิธีการใดและอย่างไร - วัสดุอุปกรณ์ใดบ้างที่จะใช้ในการแก้ปัญหา
4. ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา 1) ระบุผลที่เกิดขึ้นจากการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา	- วิธีที่เราใช้แก้ปัญหา เป็นวิธีที่ถูกต้องใช่หรือไม่ - หากเราแก้ปัญหาด้วยวิธี...นักเรียนคิดว่าจะดีกว่าหรือไม่ - วิธีที่ใช้แก้ปัญหา เป็นวิธีที่ดีที่สุดแล้วใช่หรือไม่ - นักเรียนเลือกใช้วิธีการ....ในการแก้ปัญหานี้เพราะเหตุใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นัสรินทร์ บือซา (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E หน่วยการเรียนรู้ เรื่องการสืบพันธุ์ของดอกและการเจริญเติบโต ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งใช้การจัดการเรียนการรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E โดยมีการสอดแทรกวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าไปใช้ขั้นตอนการสอน โดยหลังการทดลองหลักสูตร พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65)

อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E หน่วยการเรียนรู้ เรื่องการ การรักษาสมดุลในร่างกาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีร้อยละคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 75 จัดอยู่ในระดับดีมาก มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70และยังพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในด้านการนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับดีเยี่ยม

วรรณา รุงลักษมีศรี (2551) ศึกษาผลการเรียนการสอนที่เนนกระบวน การออกแบบทางวิศวกรรมที่มีตอความสามารถในการแกปญหาเชิงวิทยาศาสตร และทักษะกระบวน การวิทยาศาสตรขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนตนในโรงเรียนสาธิต พบวานักเรียนกลุมที่เรียนวิทยาศาสตรโดยจัดการเรียนการสอนที่เนนกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแกปญหาเชิงวิทยาศาสตร และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตรขั้นผสมผสาน เฉลี่ยสูงกว่ากลุมที่เรียนดวยวิธีสอนแบบทั่วไปอยางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 โดยนักเรียนกลุมที่เรียน

วิทยาศาสตรโดยจัดการเรียนการสอนที่เนนกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแกปญหาเชิงวิทยาศาสตร และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตรขั้นผสมผสาน เฉลี่ยรอยละ 75.58 และ 83.90 ตามลำดับซึ่งสูงกวาเกณฑที่กำหนดรอยละ70 ซึ่งหลังไดรับการสอน ที่เนนกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนักเรียนมีความสนใจเรียนคณิตศาสตรและวิทยาศาสตร มากขึ้นนักเรียนไดลงมือปฏิบัติกิจกรรมตาง ๆ ดวยตนเองจากประสบการณจริงในชีวิตประจำวัน และชวยสงเสริมทักษะการแกปญหาเมื่อเปรียบเทียบกับกลุมที่ไดรับการสอนแบบทั่วไป

พัทธมน นามปวน นันทรัตน์ เครืออินทร์ และฉัตรชัย เครืออินทร์ (2557) ศึกษารูปแบบการจัดกิจกรรม การเรียนรูวิชาวิทยาศาสตร เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุแบบสะเต็มศึกษา (STEM education) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปที่ 5 ผลการวิจัยพบวา ดัชนีประสิทธิพลของการจัดกิจกรรมการเรียนรูวิชา วิทยาศาสตร เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุ แบบสะเต็มศึกษาเทากับ 0.6655 ทำใหนักเรียนมีความกาวหนาทางการเรียนรอยละ 66.55

อัมพวา รักบิดา (2549) ศึกษาความสามารถในการคิดแกปญหาหลังไดรับ การจัดการเรียนรูตามแนวคิดวิทยาศาสตร เทคโนโลยี และสังคมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5 โรงเรียนปลายพระยาวิทยาคม อำเภอปลายพระยา จังหวัดกระบี่ ภาคเรียนที่ 2 ปการศึกษา 2548 จำนวน 32 คน ผลการวิจัยพบวานักเรียนมีความสามารถในการคิดแกปญหาหลังเรียนสูงกวากอนเรียน อยางมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยนักเรียนสามารถเสาะแสวงหาความรูไดดวยตนเอง สามารถวางแผนแกปัญหาไดอยางมีลำดับขั้นตอนสามารถนำเสนอสิ่งที่ตนคนพบใหผูอื่นเขาใจได สามารถนำความรูไปประยุกตใชในชีวิตประจำวันรูจักการชวยเหลือซึ่งกันและกันในการเรียนและการแกปญหา และเรียนรูอยางมีความสุข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธัญญารัตน์ ธนูรัตน์ (2553) ไดศึกษาความสามารถในการแกปญหาของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปที่ 5 ที่ไดรับการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู (Inquiry Cycle) กับนักเรียนจำนวน16 คน ผลการวิจัยพบวา ดานความสามารถในการแกปญหา มีจำนวนนักเรียนที่ ผานเกณฑ12 คน คิดเปนรอยละ75.00 ซึ่งเปนไปตามเกณฑที่กำหนด คือรอยละ70 โดยการเรียน การสอนแบบสืบเสาะนี้ สงเสริมใหผูเรียนแสดงความสามารถอยางเต็มที่ การใชคำถามที่จะชวยให นักเรียนคิดหาคำตอบทำใหนักเรียนคนพบดวยตนเอง ทำใหนักเรียนเกิดความอยากรูอยากเห็น มีความกระตือรือรนที่จะสืบเสาะหาคำตอบเกิดความเขาใจสาระการเรียนรูอยางแทจริง

เบญจกาจน์ ใส่ละม้าย (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สำหรับเด็กปฐมวัยโดยการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง อาชีพในท้องถิ่น จังหวัดสงขลา กับเด็กปฐมวัยชายและหญิง จำนวน 25 คน ระหว่างอายุ 5-6 ปี ผลการวิจัยพบว่า เด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง อาชีพในท้องถิ่น จังหวัดสงขลา มีคะแนนความคิด

สร้างสรรค์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่องอาชีพในท้องถิ่น จังหวัดสงขลา มีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่สูงขึ้น

พรสวัสดิ์ สองแคว (2559) ได้พัฒนาและศึกษาผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง รู้รักษ์หินถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านสบป่อง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 13 คน ผลวิจัยพบว่า ได้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และมีประสิทธิภาพ 79.21/76.30 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 และพบว่าผลการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ระหว่างการเรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียน พบว่านักเรียนตอบและถามคำถามโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ มีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม อธิบายผลการทดสอบและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยนำความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และการงานอาชีพและเทคโนโลยีมาช่วยในกระบวนการสร้างชิ้นงาน ตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ภัสสร ติดมา (2558) ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และศึกษาแนวทางการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียน 48 คน ของโรงเรียนอุดมดรุณี จังหวัดสุโขทัย ผลวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนได้คะแนนความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขึ้นไป ซึ่งมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่งสูงขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ใหม่ และนักเรียนมีแนวทางการเรียนรู้ คือ นักเรียนสามารถเลือกสร้างแบบจำลองอวัยวะโดยบอกเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล ดังนั้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้มากขึ้นได้

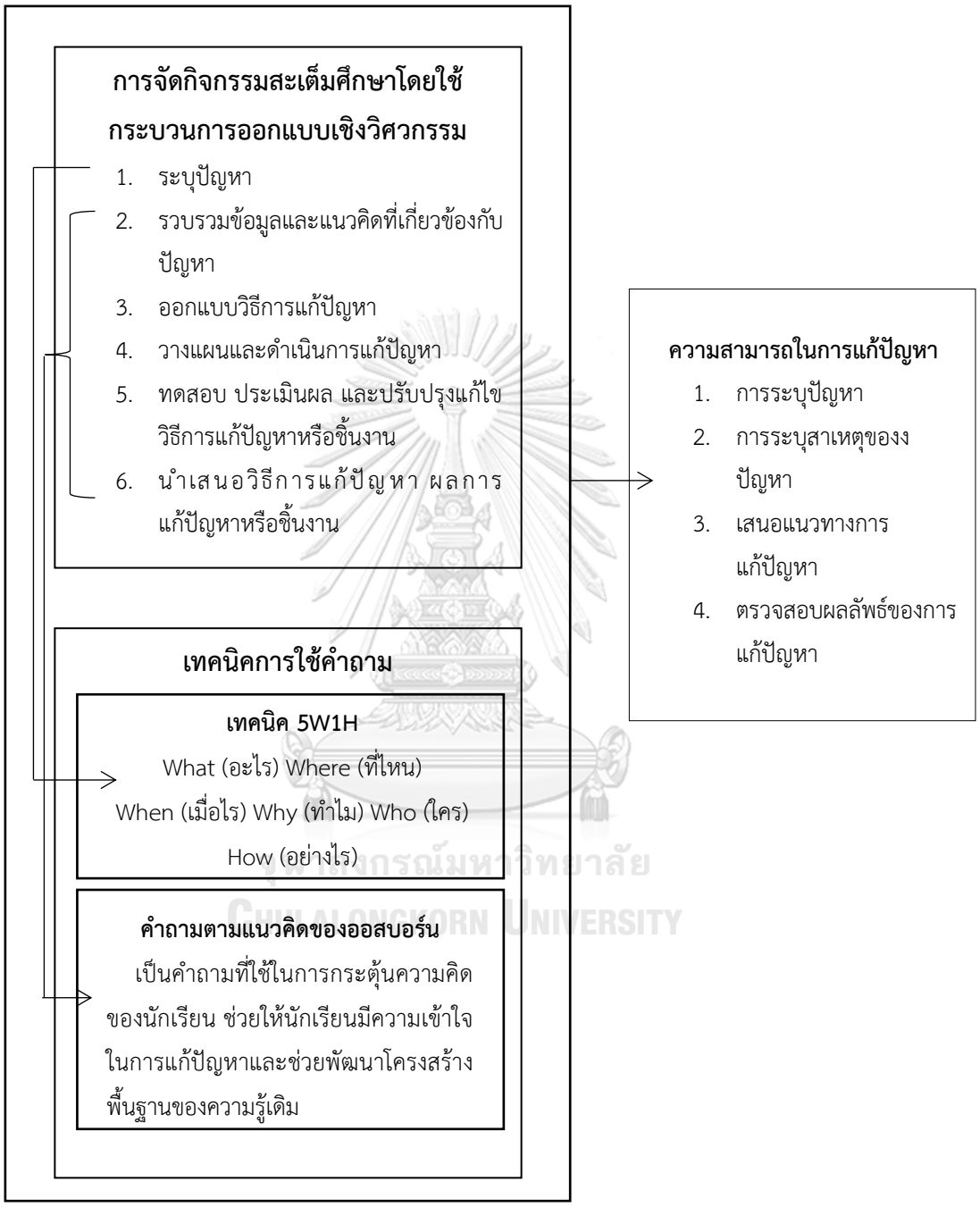
รักษ์ศิริ จิตอารี (2559) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนภูคาวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาน่าน เขต 2 จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ รูปแบบการเรียนการสอนและแบบประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์มีความสำคัญและเป็นสมรรถนะที่สำคัญยิ่งต่อนักเรียน ผลการตรวจสอบคุณภาพรูปแบบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ผลการทดลองใช้รูปแบบฯ พบว่า นักเรียนที่มีคะแนนการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ภาพรวมสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กำธร คงอรุณ (2559) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน 17 คนของโรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โดยใช้แบบสะท้อนคิดของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน และแบบทดสอบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ มี 5 ขั้นตอนดังนี้ 1) การระบุปัญหา 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) การวางแผนและพัฒนา 4) การทดสอบและประเมินผล 5) การนำเสนอผลลัพธ์ และมีประเด็นสำคัญที่ควรตระหนักถึง ได้แก่ การทบทวนความรู้ที่จำเป็นให้นักเรียนสำหรับนำไปใช้ในการแก้ปัญหา การเลือกใช้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง และการกระตุ้นนักเรียนให้ทำกิจกรรมร่วมกัน

นันทชา อัมฤทธิ์ (2559) ได้ศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ผลวิจัยแสดงให้เห็นว่า แนวทางจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างต่อเนื่อง โดยนักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในทุกพฤติกรรม

สุพลา ทองแป้น พูนสุข อุดม และธวัฒน์ชัย เทพนวล (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่องผลของการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม ต่อความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปี ที่5ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปี ที่5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกบเทคนิคการใช้คำถาม มีความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปี ที่5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

กรอบแนวคิดในการวิจัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม และผลของการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง มีรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi- Experimental Research) โดยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลอง เป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม และกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว (Two-group pretest-post design) โดยมีรูปแบบการวิจัยดังนี้

ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบ Two-group pretest-post design

E	O_1-------- X --------- O_2
C	O_1-------- ~X --------- O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม

~X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว

E หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experimental Group)

C หมายถึง กลุ่มควบคุม (Control Group)

O_1 หมายถึง การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการทดลอง

O_2 หมายถึง การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลอง

2. การกำหนดประชากรและกลุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็น นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสาคร

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 โดยเลือกห้อง ป.3/1 เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม มีจำนวน 25 คน และห้อง ป.3/2 เป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว มีจำนวนนักเรียน 25 คน ดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

1.1 การเลือกโรงเรียน

การเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสมุทรสาคร ที่มีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการและเป็นโรงเรียนที่มีการจัดตารางเรียนให้มีชั่วโมงเรียนซ่อมเสริม และชั่วโมงลดเวลาเรียนเพิ่มเวลารู้ ผู้บริหารและคณาจารย์ให้การสนับสนุนและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี โรงเรียนมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ คือ มีนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนระดับสูง ปานกลาง และต่ำ อยู่ในห้องเดียวกัน

1.2 การเลือกห้องเรียน

ผู้วิจัยทำการเลือกห้องเรียน เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ห้อง ทำการสุ่มอย่างง่าย (Random Selection) โดยการจับสลากห้องเรียนเพื่อแบ่งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนห้อง ป.3/1 เป็นกลุ่มทดลอง มีนักเรียนชาย 11 คน มีนักเรียนหญิง 14 คน รวมจำนวน 25 คน และห้อง ป.3/2 เป็นกลุ่มควบคุม มีนักเรียนชาย 12 คน นักเรียนหญิง 13 คน รวมจำนวน 25 คน

1.3 การควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน

1.3.1 ใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนใกล้เคียงกัน

1.3.2 ใช้ครูคนเดียวกันในการจัดกิจกรรม

1.3.3 ใช้ช่วงเวลาในการจัดกิจกรรมช่วงเวลาเดียวกัน

1.3.4 ใช้ห้องเรียนในการจัดกิจกรรมที่ห่างกัน

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ส่วน คือเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม และแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นแบบวัดแบบอัตนัยและปรนัย 4 ตัวเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดดังกล่าวมี 2 ชุด สำหรับใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองและ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มควบคุมก่อนและหลังเรียน ซึ่งแบบวัดทั้ง 2 ชุด มีสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างกันและมีระดับความยากที่ใกล้เคียงกัน โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหา กระบวนการแก้ปัญหา และแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดลักษณะของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

2) นำนิยามและขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่ได้ศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาใช้กำหนดลักษณะของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อน และหลังเรียนเป็นแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคนละฉบับ มีลักษณะเป็นอัตนัยเขียนตอบ จำนวน 2 สถานการณ์ และปรนัย 4 ตัวเลือก ประกอบด้วยสถานการณ์ทั่วไป ที่มีความใกล้เคียงกับชีวิตประจำวัน จำนวน 6 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามที่แสดงถึงกระบวนการแก้ปัญหา ได้แก่ การระบุปัญหา การระบุสาเหตุของปัญหา เสนอแนวทางการแก้ปัญหา ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา ใช้เวลาทดสอบ 90 นาที

3) สร้างแบบวัดตามลักษณะที่ได้กำหนดไว้จำนวน 26 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยแบ่งเป็นอัตนัยเขียนตอบจำนวน 2 ข้อ ข้อละ 3 คะแนนและปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 24 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ตามโครงสร้างดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6 โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหา	นิยามเชิงปฏิบัติการ	
1. การระบุปัญหา	ความสามารถในการระบุปัญหาที่แท้จริงภายใต้ขอบเขตที่กำหนด	ระบุปัญหาที่แท้จริงภายใต้ของเขตที่กำหนด
2. การระบุสาเหตุของปัญหา	ความสามารถในการพิจารณาวิเคราะห์ ระบุสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนด	พิจารณา วิเคราะห์ ระบุสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 (ต่อ) โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหา	นิยามเชิงปฏิบัติการ	
3. เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	ความสามารถในการระบุวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา	ระบุวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา
4. ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	ความสามารถในการระบุผลที่เกิดขึ้นจากการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา	ระบุผลที่เกิดขึ้นจากการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา

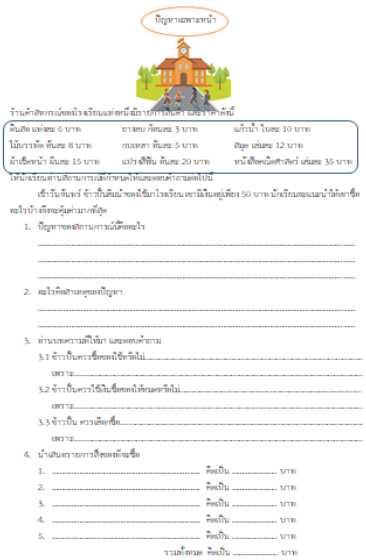
ตารางที่ 7 ตัวอย่างข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ตัวอย่างข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	ความสามารถในการแก้ปัญหา
สถานการณ์ ถ้านักเรียนต้องเดินทางไปโรงเรียน โดยใช้บริการของรถโดยสารประจำทาง ซึ่งต้องผ่านเส้นทางที่มีการจราจรที่หนาแน่นเป็นประจำทุกวัน โดยไม่ได้สวมหน้ากากป้องกันฝุ่นควัน ในเวลาต่อมานักเรียนมีอาการเวียนหัว คลื่นไส้ และอาเจียน	
1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร ก. นักเรียนต้องผ่านการจราจรที่หนาแน่น ข. นักเรียนได้รับก๊าซพิษสะสมในร่างกาย ค. นักเรียนไม่สวมหน้ากากป้องกันฝุ่นควัน ง. บ้านของนักเรียนอยู่ไกลจากโรงเรียนมาก	การระบุปัญหา
2. สาเหตุของปัญหาคืออะไร ก. การไม่มีหน้ากากป้องกันฝุ่นควัน ข. นักเรียนต้องนั่งรถโดยสารประจำทาง ค. ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากรถยนต์	การระบุสาเหตุของปัญหา

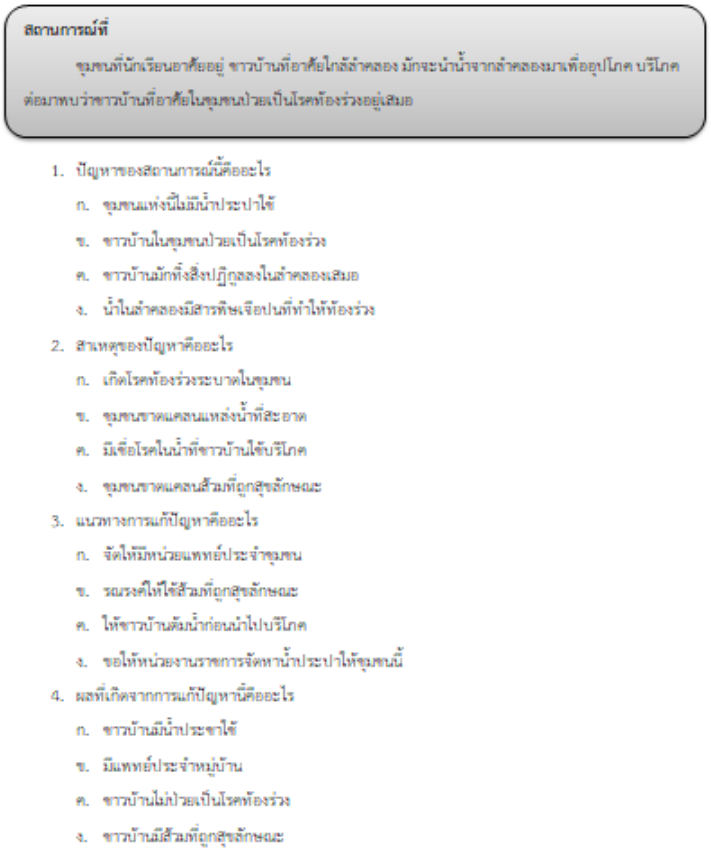
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 (ต่อ) ตัวอย่างข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ตัวอย่างข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	ความสามารถในการแก้ปัญหา
ง. ร่างกายขาดการออกกำลังกายทำให้ร่างกายอ่อนแอ	
3. แนวทางการแก้ปัญหาคืออะไร ก. สวมหน้ากากเพื่อป้องกันฝุ่นควัน ข. ย้ายมาเรียนโรงเรียนที่อยู่ใกล้บ้าน ค. เปลี่ยนไปขึ้นรถโดยสารประจำทางคันอื่น ง. รับประทานยาป้องกันอาการเวียนหัว คลื่นไส้ อาเจียนเป็นประจำ	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา
4. ผลที่เกิดจากการแก้ปัญหานี้คืออะไร ก. นักเรียนไม่มีอาการเจ็บป่วยจากควันพิษ ข. ไม่ต้องผ่านบริเวณที่การจราจรหนาแน่น ค. ไม่ต้องนั่งรถโดยสารประจำทางไปโรงเรียน ง. ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากรถยนต์ลดลง	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา



ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาชนิดเขียนตอบ



สถานการณ์ที่

ชุมชนที่นักเรียนอาศัยอยู่ ชาวบ้านที่อาศัยใกล้ลำคลอง มักจะนำน้ำจากลำคลองมาเพื่ออุปโภค บริโภค ต่อมาพบว่าชาวบ้านที่อาศัยในชุมชนป่วยเป็นโรคท้องร่วงอยู่เสมอ

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร
   - ก. ชุมชนแห่งนี้ไม่มีน้ำประปาใช้
   - ข. ชาวบ้านในชุมชนป่วยเป็นโรคท้องร่วง
   - ค. ชาวบ้านมักทิ้งสิ่งปฏิกูลลงในลำคลองเสมอ
   - ง. น้ำในลำคลองมีสารพิษเจือปนที่ทำให้ท้องร่วง
2. สาเหตุของปัญหาคืออะไร
   - ก. เกิดโรคท้องร่วงระบาดในชุมชน
   - ข. ชุมชนขาดแคลนแหล่งน้ำที่สะอาด
   - ค. มีเชื้อโรคในน้ำที่ชาวบ้านใช้บริโภค
   - ง. ชุมชนขาดแคลนส้วมที่ถูกสุขลักษณะ
3. แนวทางการแก้ปัญหาคืออะไร
   - ก. จัดให้มีหน่วยแพทย์ประจำชุมชน
   - ข. รณรงค์ให้ใช้ส้วมที่ถูกสุขลักษณะ
   - ค. ให้ชาวบ้านต้มน้ำก่อนนำไปบริโภค
   - ง. ขอให้หน่วยงานราชการจัดหาน้ำประปาให้ชุมชนนี้
4. ผลที่เกิดจากการแก้ปัญหานี้คืออะไร
   - ก. ชาวบ้านมีน้ำประปาใช้
   - ข. มีแพทย์ประจำหมู่บ้าน
   - ค. ชาวบ้านไม่ป่วยเป็นโรคท้องร่วง
   - ง. ชาวบ้านมีส้วมที่ถูกสุขลักษณะ

ภาพที่ 6 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาชนิดเลือกตอบ

4) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องของประเด็นที่ต้องการวัดกับสถานการณ์และข้อคำถาม รวมทั้งความถูกต้องและความชัดเจนของการใช้ภาษา แล้วปรับปรุงแก้ไขแบบวัดตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและเกณฑ์การให้คะแนนมาปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ที่มาจากการเลือกแบบเจาะจงผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการวิจัย ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาหรือเป็นที่ปรึกษาการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหา ตรวจสอบความตรงตามโครงสร้าง (construct validity) ทั้งความถูกต้องและเหมาะสมของภาษาที่ใช้สื่อความหมาย จากนั้นนำผลการพิจารณาของผู้ทรงวุฒิมาคำนวณความสอดคล้อง (item objective congruence: IOC) แล้วพิจารณาคัดเลือกข้อที่มีดัชนีความสอดคล้องตามเกณฑ์ของ วรรณี แกมเกตุ (2555) คือ มากกว่า .50 (IOC > .50) ถือว่าข้อคำถามนั้นวัดได้สอดคล้องกับโครงสร้างหรือวัตถุประสงค์

6) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะที่ผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และมีความสามารถใกล้เคียงกันกับกลุ่มตัวอย่างเนื่องจากการจัดชั้นเรียนคละความสามารถ จำนวน 25 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพแบบวัด โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 แบบ ดังนี้

6.1) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดรายข้อในด้านความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน มีค่าความยากระหว่าง 0.45 – 0.71 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.48 – 0.57 .ในขณะที่แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนมีค่าความยากระหว่าง 0.42 – 0.68 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.42 – 0.59

6.2) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดทั้งฉบับในด้านความเที่ยง ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของคอนบาร์ค ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน เท่ากับ 0.77 และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน เท่ากับ 0.79 แสดงว่าแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 2 ฉบับมีค่าความเชื่อมั่นสูง สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้

7) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรับแก้ไข ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน

3.2 เครื่องมือที่ใช้การทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ คือ แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แบ่งเป็นกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม จำนวน 10 กิจกรรม และกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวจำนวน 10 กิจกรรม แต่ละกิจกรรมใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้กิจกรรมละ 2 ชั่วโมง (วันละ 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลาลดเวลาเรียน เพิ่มเวลารู้ หรือชั่วโมงเรียนซ่อมเสริม) รวมเวลาในการจัดกิจกรรมทั้งหมด 20 ชั่วโมง มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

1) ศึกษาความหมายและลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากเว็บไซต์ของหน่วยงานในประเทศไทยคือ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557)

2) เลือกวิธีการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) มี 6 ขั้นตอน ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	วิธีการ
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 แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา
5.ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)	เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด
6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) ศึกษาปัญหาหรือเนื้อหาที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรม ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนได้แก่ สถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่นักเรียนพบเจอ ปัญหาที่นักเรียนพบเจอ ข่าวปัจจุบัน

4) ศึกษาเทคนิคการใช้คำถามเพื่อนำมาใช้รวมกับการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนกลุ่มทดลอง

5) กำหนดโครงสร้างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรม และแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม แสดงจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการจัดกิจกรรมจำนวน 20 ชั่วโมง ประกอบไปด้วย 10 กิจกรรม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 9 แสดงโครงสร้างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรม	จำนวนชั่วโมง
1. ฟองน้ำสร้างตึก	2
2. เสากระดาษจอมพลัง	2
3. ปืนขวดตำรวจไม่จับ	2
4. นาวาฝ่าวิกฤต	2
5. ไม้กวาดชวนคิด	2
6. หลังคากระดาษ	2
7. ประภาคารอาหารปลา	2
8. สะพานข้ามน้ำ	2
9. บรรจุภัณฑ์อารักษ์ไข่	2
10. Eco car พลังลูกโป่ง	2
รวม 20 ชั่วโมง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) จัดทำแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาตามกระบวนการทางวิศวกรรมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) มี 6 ขั้นตอน

ตารางที่ 10 โครงสร้างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม

ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน	เทคนิคการใช้คำถาม
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย	ใช้เทคนิคการตั้งคำถามด้วยหลัก 5W 1H เมื่อเกิดสถานการณ์ปัญหาหรือความต้องการ ซึ่งคำถามจากหลัก 5W1H ประกอบด้วย What เป็นการตั้งคำถามว่าปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้น ๆ คืออะไร Where เป็นการตั้งคำถามปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นจะเกิดขึ้นที่ไหน When เป็นการตั้งคำถามปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นจะเกิดขึ้นเมื่อใด Why เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์สาเหตุว่าทาไมถึงเกิดปัญหาหรือความต้องการ Who เป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับบุคคลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ How เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์ถึงแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหานั้นจะสามารถทาได้ด้วยวิธีการอย่างไร
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ในขั้นตอนนี้จะเป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ และแนวทางการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ	ใช้เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดว่าจะนำความรู้กระบวนการที่มีอยู่ไปประยุกต์หรือใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 (ต่อ) โครงสร้างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม

ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน	เทคนิคการใช้คำถาม
ตามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 เพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น สอบถามจากผู้รู้ สืบค้นหรือสำรวจจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้จะเป็นการศึกษาองค์รู้จากทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	**ตัวอย่างคำถาม** - เคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ - หากมี เขาแก้ปัญหาอย่างไร - นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้ มีความคุ้มค่าและมีข้อดี ข้อเสียอย่างไร
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นตอนของการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการโดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่ 2 ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยสื่อสารแนวคิดของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจโดยผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การร่างภาพ การอธิบาย เป็นต้น	ใช้เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น **การผนวกรวม (Combine)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดเกี่ยวกับการนำสิ่งสองสิ่งหรือมากกว่ามารวมกันเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่แตกต่างไปจากเดิม ตัวอย่างคำถาม - นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น - นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดที่เมื่อนำมารวมกันแล้วสามารถช่วยให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น **การดัดแปลง (Modify)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดเปลี่ยนแปลงบางส่วนหรือทั้งหมดของสิ่งของหรือ

ตารางที่ 10 (ต่อ) โครงสร้างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม

ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน	เทคนิคการใช้คำถาม
	กระบวนการทำงานเพื่อทำให้ดีขึ้น ง่ายขึ้นหรือแปลกไปจากเดิม **ตัวอย่างคำถาม** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ขั้นตอนนี้คือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน	ใช้เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น **การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดว่าจะเป็นอย่างไรถ้าบางส่วนของกระบวนการหรือการทำงานมีลำดับแตกต่างจากเดิม **ตัวอย่างคำถาม** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการลำดับการทำงานใหม่ - นักเรียนคิดว่าเราสามารถเปลี่ยนลำดับขั้นตอนในการทำงานได้หรือไม่ - นักเรียนจะจัดลำดับการทำงานอย่างไรให้ได้ชิ้นงานที่ดียิ่งขึ้น **การแทนที่ (Substitute)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดเกี่ยวกับการแทนที่หรือหาสิ่งอื่นมาทดแทนบางส่วนของสิ่งของหรือกระบวนการ **ตัวอย่างคำถาม** - นักเรียนคิดว่าจะสามารถหาสิ่งใดมาแทนที่หรือสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 10 (ต่อ) โครงสร้างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม

ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน	เทคนิคการใช้คำถาม
ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา	ใช้เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดว่าสามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงลักษณะเดิมของสิ่งของกระบวนการอย่างไร **ตัวอย่างคำถาม** - กระบวนการใดที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นได้ **การขยาย/เพิ่ม (Magnify)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดเปลี่ยนแปลงให้บางสิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้น แข็งแรงขึ้นมากขึ้น **ตัวอย่างคำถาม** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มขนาดของชิ้นงานนี้ให้ใหญ่ขึ้น - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มวัสดุของชิ้นงานนี้ให้มากขึ้น - หากนักเรียนเพิ่มขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่ **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดเปลี่ยนแปลงให้บางสิ่งมีขนาดเล็กลง จดจำนวนลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 (ต่อ) โครงสร้างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม

ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน	เทคนิคการใช้คำถาม
	ตัวอย่างคำถาม - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดขนาดของชิ้นงานนี้ให้เล็กลง - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดจำนวนวัสดุของชิ้นงานนี้ให้น้อยลง - หากนักเรียนลดขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนของการคิดวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานหรือวิธีการที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ผู้แก้ปัญหาจะนำเสนอผลลัพธ์ ต่อสาธารณชน โดยออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ	ใช้เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** เป็นคำถามเพื่อให้คิดว่าจะนำความรู้กระบวนการที่มีอยู่ไปประยุกต์หรือใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อย่างไร **ตัวอย่างคำถาม** - นักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่

7) นำแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อขอคำแนะนำ และนำมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ที่มาจากการเลือกแบบเจาะจงผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา เป็นผู้ที่มีผลงานการจัดการศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับประถม และอาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ พิจารณาความตรงของเนื้อหา (content validity)

8) นำคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดกิจกรรมให้ถูกต้องและเหมาะสม จากนั้นนำแผนการจัดกิจกรรมที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบอีกครั้ง

9) นำแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมที่แก้ไขแล้วจำนวน 2 แผนการจัดกิจกรรม ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งที่มีความสามารถใกล้เคียงกันกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 25 คน ซึ่งพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปีการศึกษา 2559

10) นำผลที่ได้จากการทดลองใช้แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา มาปรับปรุงแก้ไขให้การจัดกิจกรรมมีความเหมาะสมยิ่งขึ้นก่อนนำไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

11) นำแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง และบันทึกผล เพื่อนำมาอภิปรายผลการวิจัย สรุปวิธีการใช้เครื่องมือในการทดลองและการเก็บรวมรวมข้อมูล

4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

4.1 ส่งหนังสือจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อขอความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยถึงผู้อำนวยการโรงเรียนที่ทำการวิจัย

4.2 วัดความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง (pre-test) โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัยเขียนตอบจำนวน 2 ข้อ และปรนัยเลือกตัว จำนวน 24 ข้อ โดยใช้เวลาในการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 90 นาที

4.3 จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามกับกลุ่มทดลอง และจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวกับกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 10 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 20 ชั่วโมง ผู้วิจัยบันทึกผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อนำผลที่ได้ไปอภิปราย

4.4 วัดความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการทดลอง (post-test) โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัยเขียนตอบจำนวน 2 ข้อ และปรนัยเลือกตัว จำนวน 24 ข้อ โดยใช้เวลาในการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 90 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5 นำคะแนนที่ได้จากการวัดความสามารถในการแก้ปัญหามาวิเคราะห์ข้อมูล

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลที่ได้จากการทดลอง นำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SPSS ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา

1) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที (t-test Dependent)

2) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มทดลอง โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที (t-test Dependent)

3) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม และการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว 3) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม และกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา หลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง และ หลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง

ผู้วิจัยได้นำเสนอคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 25 คน ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม คะแนนเต็ม จำนวน 30 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนกลุ่มทดลอง

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนการทดลอง		คะแนนหลังการทดลอง		คะแนนผลต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	
	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนผลต่าง	ร้อยละ
1	22	73.33	27	90	5	16.66
2	9	30	15	50	6	20
3	24	80	27	90	3	10
4	10	33.33	15	50	5	16.66
5	12	40	15	50	3	10
6	10	33.33	17	56.66	7	23.33
7	14	46.66	20	66	6	20
8	7	23.33	15	50	8	26.66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 (ต่อ) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนกลุ่มทดลอง

9	20	66.66	25	83.33	5	16.66
10	21	70	27	90	6	20
11	13	43.33	17	56.66	4	13.33
12	14	46.66	17	56.66	3	10
13	9	30	15	50	6	20
14	7	23.33	15	50	8	26.66
15	22	73.33	26	86.66	4	13.33
16	20	66	25	83.33	5	16.66
17	18	66	25	83.33	7	23.33
18	17	56.66	23	76.66	6	20
19	24	80	28	93.33	4	13.33
20	23	76.66	27	90	4	13.33
21	24	80	24	80	0	0
22	19	63.33	23	76.66	4	13.33
23	21	70	25	83.33	4	13.33
24	7	23.33	16	53.33	9	30
25	25	83.33	28	93.33	3	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ดังนี้

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง	n	$\bar{x}$	S.D.	t	sig
ก่อนการทดลอง	25	16.48	6.22	-12.632	.000*
หลังการทดลอง	25	21.48	5.13		

*p < .05

จากตารางที่ 12 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามก่อนเรียนกับหลังเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน ($\bar{X}$ = 21.48) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 16.48)

ภาพที่ 7 เปรียบเทียบผลงานของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 10

ผลงานครั้งที่ 1 กิจกรรม ฟองน้ำสร้างตึก

ผลงานครั้งที่ 10 กิจกรรม Eco car พลังลูกโป่ง

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยได้นำเสนอคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มควบคุม จำนวน 25 คน ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว คะแนนเต็ม จำนวน 30 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของนักเรียนกลุ่มควบคุม

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนการทดลอง		คะแนนหลังการทดลอง		คะแนนผลต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	
	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนผลต่าง	ร้อยละ
1	23	76.66	23	76.66	0	0
2	18	60	23	76.66	5	16.66
3	7	23.33	8	26.66	1	3.33
4	24	80	25	83.33	1	3.33
5	23	76.66	25	83.33	2	6.66
6	12	40	18	60	6	20
7	10	33.33	15	50	5	16.66
8	13	43.33	15	50	2	6.66
9	12	40	16	53.33	4	13.33
10	11	36.66	15	50	4	13.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 13 (ต่อ) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของนักเรียนกลุ่มควบคุม

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนการทดลอง		คะแนนหลังการทดลอง		คะแนนผลต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	
	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนผลต่าง	ร้อยละ
11	20	66.66	23	76.66	3	10
12	22	73.33	25	83.33	3	10
13	9	30	14	46.66	5	16.66
14	23	76.66	24	80	1	3.33
15	16	53.33	20	66.66	4	13.33
16	17	56.66	20	66.66	3	10
17	16	53.33	19	63.33	3	10
18	18	60	22	73.33	4	13.33
19	20	66.66	22	73.33	2	6.66
20	20	66.66	20	66.66	0	0
21	22	73.33	23	76.66	1	3.33
22	13	43.33	15	50	2	6.66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 (ต่อ) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของนักเรียนกลุ่มควบคุม

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนการทดลอง		คะแนนหลังการทดลอง		คะแนนผลต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	
	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนผลต่าง	ร้อยละ
23	24	80	25	83.33	1	3.33
24	23	76.66	25	83.33	2	6.66
25	6	20	9	30	3	10

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ดังนี้

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

กลุ่มควบคุม	**n**	$\overline{x}$	**S.D.**	**t**	**sig**
ก่อนการทดลอง	25	16.88	5.68	-.963	.000*
หลังการทดลอง	25	19.56	5.01		

*p < .05

จากตารางที่ 14 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวก่อนเรียนกับหลังเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน ($\overline{X}$ = 19.56) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{X}$ = 16.88)

ภาพที่ 8 เปรียบเทียบผลงานของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 10

ผลงานของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว ในครั้งที่ 1 เรื่อง ฟองน้ำสร้างตึก และครั้งที่ 10 เรื่อง Eco car พลังลูกโป่ง

ผลงานครั้งที่ 1 กิจกรรม ฟองน้ำสร้างตึก	**ผลงานครั้งที่ 10 กิจกรรม Eco car พลังลูกโป่ง**

จากภาพการเปรียบเทียบผลงานของนักเรียนกลุ่มควบคุมครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 10 นั้นจะเห็นได้ว่า ผลงานของนักเรียนกลุ่มควบคุมครั้งที่ 1 จากกิจกรรม ฟองน้ำสร้างตึกนั้น ไม่สามารถสร้างตึกให้สูงขึ้นได้ด้วยวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด เนื่องจากการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุมนั้น จะไม่มีการใช้เทคนิคคำถามจากครูเข้ามาการช่วยในกระบวนการทำงาน จึงทำให้นักเรียนกลุ่มควบคุม ใช้เวลาในการสร้างผลงาน ค่อนข้างมากกว่ากลุ่มทดลอง และผลงานครั้งที่ 10 จากกิจกรรม Eco car พลังลูกโป่ง นักเรียนมีผลงานที่พัฒนาจากเดิมขึ้นอย่างชัดเจน สามารถสร้างผลงานได้ตามเวลาที่กำหนด และแก้ปัญหาได้จริงตามเงื่อนไขและสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา หลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลองและ หลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาของกลุ่มทดลองที่ใช้รวมกับเทคนิคการใช้คำถาม และกลุ่มควบคุมที่

จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพียงอย่างเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ดังนี้

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของกลุ่มทดลอง และค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	n	$\bar{x}$	S.D.	t	sig
ทดลอง	25	21.48	5.13	-1.339	.342*
ควบคุม	25	19.56	5.01		

*p < .05

จากตารางที่ 15 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว 3) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม และกลุ่มที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว ประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร กลุ่มตัวอย่างเป็น นักเรียนห้อง ป.3/1 เป็นกลุ่มทดลองที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม จำนวน 25 คน และห้อง ป.3/2 เป็นกลุ่มควบคุมที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว จำนวน 25 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โดยเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ซึ่งกลุ่มทดลองใช้เวลา 10 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 60 นาที และกลุ่มควบคุมใช้เวลา 10 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 60 นาที รวมเวลาทั้งหมดใช้เวลา 10 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ คาบละ 60 นาที ในตารางเรียนปกติ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยมีทั้งหมด 3 ชุด ประกอบด้วย 1) แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แบ่งเป็นกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม จำนวน 10 กิจกรรม และกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวจำนวน 10 กิจกรรม 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีจำนวน 2 ชุด ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฉบับก่อนเรียน (Pre-test) จำนวน 26 ข้อ โดยเป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ และเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (multiple choices) 4 ตัวเลือก จำนวน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

24 ข้อ รวม 30 คะแนน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฉบับหลังเรียน (Post-test) จำนวน 26 ข้อ โดยเป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ และเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (multiple choices) 4 ตัวเลือก จำนวน 24 ข้อ รวม 30 คะแนน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่าที (t-test) โดยใช้โปรแกรม SPSS

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

2. นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

3. นักเรียนกลุ่มทดลองที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยอภิปรายผลการวิจัยในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลอง

จากผลการวิจัยเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับการใช้เทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังทดลอง พบว่าคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยสามารถอภิปรายหลักการต่าง ๆ ของกิจกรรม

สะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถาม ที่ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น ดังนี้

1) การทำกิจกรรมผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการดำเนินกิจกรรมสะเต็มศึกษานั้น ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้หลักการทำงานในชีวิตจริงและหลักการทำงานของวิศวกรรมมากขึ้น โดยครูมีหน้าที่เพียงเป็นผู้ช่วยเหลือ กระตุ้นคำถามและเสนอแนะความคิดเห็นเท่านั้น เนื่องจากในการสร้างชิ้นงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ลงมือปฏิบัติเอง ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ศึกษาข้อมูล แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ระดมความคิดและช่วยกันตัดสินใจภายใต้เงื่อนไข ข้อจำกัดและเวลาที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทำงานในชีวิตจริง และหลักการทำงานของวิศวกรรมที่เมื่อมีการสร้างผลงาน หรือการสร้างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ย่อมต้องมีเงื่อนไข หรือข้อจำกัดต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง สอดคล้องกับ อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556) ที่กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักวางแผน การแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกร ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การปรับปรุงแก้ไข หารคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด

2) เทคนิคการใช้คำถาม

คำถามเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนการสอน และเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ การใช้คำถามเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นและช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาการคิด การใช้คำถามที่มีประสิทธิภาพของครูนั้นอาจอยู่ในรูปแบบของสมมติฐานที่ท้าทาย และคำถามที่แสดงให้เห็นความขัดแย้งจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในบทเรียนและช่วยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น จิตนาการที่จะส่งเสริมการแสวงหาความรู้ใหม่ (Omairah, 2009) ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจโดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม นำไปสู่ข้อสรุป อีกทั้งครูที่มีความชำนาญในการใช้คำถามก็จะช่วยยกระดับความคิดของนักเรียน ฝึกให้คิดและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และรู้จักเรียงลำดับขั้นตอนในการคิด (จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช, 2527) ซึ่งสอดคล้องกับ Carin and Sund (1971) ที่กล่าวว่า การใช้คำถามของครูช่วยกระตุ้นความคิดของนักเรียน ถ้าครูใช้คำถามที่ดี คำถามนั้นจะเป็นสิ่งเร้าและจูงใจให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ สนใจค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง และสอดคล้องกับ พรรณพร นามโนรินทร์ (2554) กล่าวว่า การที่จะแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ผู้สอนจะต้องจัดสถานการณ์ที่เป็นสถานการณ์ใหม่ และมีวิธีการแก้ปัญหาได้หลายวิธี อีกทั้งปัญหานั้นต้องอยู่ในกรอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ของทักษะเชาว์ปัญหาของนักเรียน นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้คำถามเป็นส่วนสำคัญในการจัดการเรียนรู้ เพราะคำถามช่วยกระตุ้นความคิดของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ทำให้นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรมตลอดการจัดการเรียนรู้

3) การทำงานร่วมกับผู้อื่น

กิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันทำงานเป็นทีม ซึ่งการเรียนรู้เป็นทีมจะช่วยให้นักเรียนมีความสามารถเกิดการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีการปฏิสัมพันธ์ด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามสภาพปัญหาที่เผชิญ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาการคิดเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งสอดคล้องกับทิศนา แขมมณี และคณะ (2554) ที่กล่าวว่า การร่วมมือ และการแลกเปลี่ยนความรู้ความคิด และประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และบุคคลอื่น ๆ จะช่วยให้การเรียนรู้ของผู้เรียนกว้างขึ้น ซับซ้อนขึ้น และหลากหลายขึ้น

4) การเรียนรู้ผ่านปัญหาในชีวิตประจำวัน

ทิศนา แขมมณี (2552) กล่าวไว้ว่า การจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง หรือผู้สอนอาจจะจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาและฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหาอย่างชัดเจนในสถานการณ์ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหา J. D. Mayer (1990) กล่าวว่า การแก้ปัญหาของบุคคลจะขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา ถ้าต้องแก้ปัญหาที่มีความชัดเจน หรือปัญหาที่เคยพบมาก่อน ผู้แก้ปัญหาจะนำความคิดเดิมมาใช้แก้ไขปัญหา แต่ถ้าต้องแก้ปัญหาที่ไม่ชัดเจน หรือปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน เป็นปัญหาที่นำความรู้เดิมมาแก้ไขไม่ได้ทั้งหมด ผู้แก้ปัญหาจะต้องคิดหรือบูรณาการวิธีการแก้ปัญหาขึ้นมาใหม่ เป็นความสามารถทางสมองที่จะคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างพินิจพิเคราะห์ถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นปมประเด็นสำคัญ เป็นความสามารถในการเข้าใจปัญหามองเห็นสาเหตุของปัญหา และผลที่จะเกิดขึ้นจากปัญหานั้น รวมทั้งสามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้อย่างมีเหตุผล

5) ความมีอิสระในการคิด

การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีขั้นตอนการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย รวมทั้งนักเรียนได้มีโอกาสปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่นำมาซึ่งการได้องค์ความรู้สำหรับใช้ในการออกแบบการแก้ปัญหา นักเรียนมีอิสระในการคิด เนื่องจากครูไม่ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปิดกั้นความคิดของนักเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดแปลกใหม่ในการสร้างชิ้นงานต่าง ๆ ตลอดจนการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาขึ้นมาได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับ สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีทักษะในการออกแบบ และคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริง การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเอง ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดในสิ่งที่แปลกใหม่

6) การเรียนรู้ผ่านการปรับปรุงแก้ไข

การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีขั้นตอนสื่อสารและสะท้อนผล ซึ่งนักเรียนต้องนำเสนอผลงาน อภิปราย และสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเอง โดยมีการประเมินตนเอง เพื่อนประเมินเพื่อน และครูประเมินนักเรียน กระบวนการประเมินดังกล่าวทำให้นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาที่พบเจอ ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น เพื่อนำมาปรับใช้และพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาของตนเองต่อไป การที่นักเรียนได้มีโอกาสนำผลงานไปทดสอบและปรับปรุง รวมทั้งการนำเสนอผลการทดสอบและสะท้อนผลนั้น จะช่วยให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการประเมินผลการแก้ปัญหาอันเกิดจากการวิเคราะห์ข้อดีและข้อบกพร่องของผลงาน ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้เกิดการพัฒนาและต่อยอดผลงานให้ดีขึ้นได้ ดังที่ Rosicka (2016) ได้กล่าวว่า การที่นักเรียนได้มีโอกาสทดสอบผลงานของตนเองในกิจกรรมสะเต็มศึกษา จะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเอง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการระบวนการเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหา เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขผลงานให้เป็นไปตามที่มุ่งหวัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ของกลุ่มควบคุมระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลอง

จากผลการวิจัยเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างก่อนและหลังทดลองพบว่าคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยสามารถอภิปรายหลักการต่าง ๆ ของการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ดีขึ้น ซึ่งการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุมนั้น มีการออกแบบแผนการจัดกิจกรรมที่เหมือนกับกลุ่มทดลองทุกอย่างทั้งกิจกรรมและ

ขั้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เว้นเพียงแต่จะไม่มีการใช้เทคนิคการใช้คำถามกับกลุ่มควบคุม โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจในกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนด้วยปัญหา โดยการกล่าวถึงสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนร่วมกันศึกษาและทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา และนำความรู้เดิมมาบูรณาการหาแนวคิดในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยตนเอง ซึ่งแต่ละสถานการณ์นั้นจะเป็นสถานการณ์ปัญหาที่สั้นและกระชับ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจและมีความต้องการที่จะศึกษาสถานการณ์ปัญหานั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชราพร มิญชรัตน์ (2557) ที่กล่าวว่า การที่ครูได้มีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงมาให้นักเรียนได้แก้ปัญหาร่วมกัน จะทำให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหา รวมถึงมีการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน จะทำให้เกิดความรู้สึกที่ดีต่อกัน

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ ได้พูดคุยเพื่อแบ่งหน้าที่การทำงานให้เหมาะสมต่อความสามารถของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม และช่วยกันรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหา จากใบความรู้ จากใบความรู้ หรือจากการชมวีดิทัศน์ ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนจะได้มีโอกาสในการเสนอความคิดเห็นของตนเองภายในกลุ่มว่า ความรู้หรือข้อมูลที่นักเรียนหามานั้นสามารถใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาได้หรือไม่ เพราะเหตุใด สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรภัทร สินดี (2557) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มจะช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ร่วมกัน โดยถือว่าครูเป็นผู้ที่มีบทบาทในการส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารและยังส่งเสริมให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้เองอีกด้วย และควรมีการเตรียมแหล่งข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประกอบการแก้ปัญหา เช่น ใบความรู้ สื่อพร้อมเอกสารการจัดการเรียนรู้ หรือหนังสือเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ใช้สืบค้นหาความรู้และนำข้อมูลไปแลกเปลี่ยนและแบ่งปันความรู้ความเข้าใจร่วมกันภายในกลุ่ม แล้วสรุปเป็นความคิดรวบยอดของกลุ่ม

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันวางแผนการแก้ปัญหาด้วยการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรม โดยนักเรียนจะต้องเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดหรือวิธีแก้ปัญหาที่สามารถเป็นไปได้จากขั้นตอนที่ 2 มาออกแบบวิธีการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แก้ปัญหาโดยการสร้างชิ้นงานให้มีความชัดเจน และตรงตามเงื่อนไขที่สถานการณ์ปัญหากำหนด สอดคล้องกับ Robert (2013) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ จะช่วยให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการคิดแก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน หรือลงมือสร้างชิ้นงานจริงเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดซึ่งแต่ละกิจกรรมหรือสถานการณ์นั้นครูจะมีการกำหนดวัสดุที่นักเรียนสามารถใช้ได้ และมีเงื่อนไขกำหนด โดยนักเรียนจะต้องสร้างชิ้นงานตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรม ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ตามเงื่อนไขและเวลาที่กำหนด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) ทำให้นักเรียนได้นำเสนอแนวความคิด องค์ความรู้ที่ตนเองเลือกมาใช้ในการแก้ปัญหา ได้ฝึกอธิบายวิธีการในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และผลของการแก้ปัญหานั้น ซึ่งแนวคิดที่นำมาเสนอนั้นมาจากการได้บูรณาการความรู้เดิม หรือจากพื้นฐานองค์ความรู้เก่าที่มีอยู่แล้ว การลองผิดลองถูก จนมาเป็นแนวคิดใหม่ที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่พบเจอ ซึ่งสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ที่กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต และเนื่องจากการจัดกิจกรรมสำหรับกลุ่มควบคุมนั้น เป็นการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพียงอย่างเดียว ครูมีหน้าที่เพียงช่วยเหลือและแนะนำเล็กน้อยเท่านั้น ไม่มีการใช้เทคนิคคำถาม ไม่มีคำถามจูงใจ และไม่มีครูคอยประกบอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้นักเรียนกลุ่มนี้มีอิสระทางความคิด ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์มาช่วยในการคิดแก้ปัญหา สร้างความสนใจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว ด้วยตนเอง ซึ่งแสดงออกโดยการศึกษาค้นคว้า ค้นหา ทดลอง ลองผิดลองถูก และยังก่อให้เกิดจินตนาการ ความผิดแปลกและท้าทายให้เกิดการสร้างมุมมองใหม่ ๆ ขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่มทดลอง และผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังทดลองไม่แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ร่วมกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียว สามารถอภิปรายได้ดังนี้

ความแตกต่างของกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมนั้น คือการนำเทคนิคการใช้คำถามเข้ามาร่วมในกิจกรรม ซึ่งพบว่าการนำเทคนิคการใช้คำถามมาใช้ในกิจกรรมสำหรับกลุ่มทดลองนั้น ข้อคำถามที่ตั้งขึ้นอาจยังไม่สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดทั้งในด้านเหตุผล ลักษณะคำถามขาดความท้าทาย บางคำถามมีความยากง่ายเกินไป ทำให้ไมเหมาะสมกับระดับชั้นนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 3 ทำให้คำถามนั้น ๆ ขาดแรงจูงใจ และยังไม่ส่งเสริมให้นักเรียนในกลุ่มทดลองเกิดการความสามารถในการแก้ปัญหาที่โดดเด่นกว่ากลุ่มควบคุมเท่าที่ควร จากผลการวิจัย คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองนั้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่อยู่ในระดับที่ไม่สูงมากนั้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก การใช้ข้อคำถามที่ยังไม่สามารถสะท้อนหรือส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีเท่าที่ควร ซึ่ง Bonwell & Eison (1991 อ้างถึงใน Omairah, 2009) ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเทคนิคการใช้คำถามในการเรียนการสอนว่า การใช้คำถามให้มีประสิทธิภาพนั้น ควรประกอบไปด้วย การระบุคำถามอย่างรัดกุม การพิจารณาองค์ความรู้เดิมหรือความสามารถของนักเรียนในการกำหนดระดับของคำถาม การพิจารณาลักษณะของคำถามให้มีลำดับขั้นตอนและมีความเป็นเหตุเป็นผลกัน การให้เวลาในการตอบคำถามของนักเรียนอย่างเพียงพอจะช่วยส่งเสริมให้การเรียนการสอนที่ใช้เทคนิคการใช้คำถามมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการใช้คำถามที่มีประสิทธิภาพนั้น ประกอบด้วย

(1) โครงสร้างคำถาม (Structuring) คือการถามคำถามที่เป็นลำดับขั้น จากคำถามที่คุ้นเคยหรือง่าย หรือถามคำถามที่ทำให้ได้ทบทวนความรู้เดิม ไปสู่คำถามที่ยากและซับซ้อนขึ้น (Turney, Eltis, & Hatton, 1987)

(2) การกระจายคำถาม (Distributing) คือ การถามคำถามนักเรียนให้ทั่วถึงทั้งชั้นเรียนหรือสุ่มถามจากตัวแทนของกลุ่ม (จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช, 2527)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(3) เวลารอคอยคำตอบ (Wait-time) คือ การหยุดเพื่อเว้นระยะเวลาให้นักเรียนได้คิดคำตอบ ซึ่ง Tobin (1980) และ Jones (1980) ได้ทำการศึกษาและพบว่า การรอคอยคำตอบของครูประมาณ 3 วินาที จะทำให้นักเรียนมีความตั้งใจเรียนสูง มีความสามารถในการลงข้อสรุป

(4) การตอบสนองคำถามของนักเรียน (Reacting to the Response) Turney et al. (1987) กล่าวว่า การตอบสนองของนักเรียนต่อคำถามสามารถเป็นไปได้ 4 ลักษณะ คือ

(4.1) ผู้เรียนไม่ตอบคำถาม ซึ่งในกรณีนี้ ครูควรถามคำถามเดิมซ้ำ และอธิบายประเด็นที่เข้าใจยากให้มากขึ้น หากนักเรียนยังไม่เข้าใจ ครูควรถามคำถามใหม่ ด้วยรูปประโยคใหม่แต่เนื้อหาสาระเดิม หรือจำแนกคำถามออกเป็นคำถามง่ายหลาย ๆ คำถาม

(4.2) ผู้เรียนถามคำถามเพิ่มเติม เมื่อนักเรียนถามคำถามเพิ่มในสิ่งที่สำคัญต่อการเรียน ครูควรเรียบเรียงข้อความใหม่ และเน้นย้ำสิ่งที่นักเรียนถามด้วยภาษาของครู เพื่อให้นักเรียนทราบว่าครูตั้งใจฟังและเข้าใจในสิ่งที่ถาม

(4.3) ผู้เรียนตอบไม่ตรงประเด็นหรือไม่ถูกต้อง ครูควรถามคำถามซ้ำ หรือถามคำถามใหม่

(4.4) ผู้เรียนตอบตรงประเด็นหรือถูกต้อง ครูควรชมเชยและให้กำลังใจเพื่อให้นักเรียนกล้าแสดงออกและเกิดเจตคติที่ดีในการตอบคำถามมากขึ้น

เมื่อครูใช้คำถามที่มีความชัดเจน ใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกัน และใช้คำถามที่มีระดับการคิดแบบต่าง ๆ จะทำให้นักเรียนตั้งใจเรียนมากขึ้น ซึ่งความตั้งใจเรียนของนักเรียนนั้นมีความสัมพันธ์กับการจัดการเรียนการสอนที่ดีของครู อีกทั้งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดในระดับสูงที่ขึ้น อันจะนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นแนวทางหนึ่งที่ครูสามารถนำไปใช้ได้ ทั้งนี้ครูต้องคำนึกถึงเงื่อนไขดังนี้

1. การจัดกิจกรระเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถนำไปใช้ได้กับเนื้อหาวิชาต่าง ๆ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึกถึงระดับความรู้พื้นฐานของนักเรียน เช่น หากนำไปใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนอาจต้องมีพื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากความรู้และทักษะดังกล่าวมีความจำเป็นต่อการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง หากนักเรียนยังมีความรู้หรือพื้นฐานทักษะดังกล่าวไม่เพียงพอ ครูควรสอนทบทวนหรือฝึกฝนก่อนเริ่มกิจกรรมสะเต็มศึกษา ซึ่งจะช่วยทำให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ถูกต้องและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

2. ในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น เน้นการลงมือปฏิบัติจริงในการสร้างผลงานเป็นกลุ่มย่อย จำนวนนักเรียน 4-5 คนต่อกลุ่ม ซึ่งต้องอาศัยการชี้แนะและกำกับดูแลจากครูผู้สอน ดังนั้นจำนวนครู 1 คน สามารถจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาได้ หากสอนนักเรียนประถมศึกษาในจำนวนและบริบทที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามหากนำหารจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้กับห้องเรียนประถมศึกษาที่มีจำนวนนักเรียนมากเกินไป ครูอาจแบ่งกลุ่มนักเรียนให้มีจำนวนกลุ่มที่เหมาะสม โดยจัดให้มีผู้ช่วยครูเพิ่มเติม ในการทำหน้าที่กำกับดูแลนักเรียนอย่างทั่วถึง เพื่อให้นักเรียนทุกคนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างมีคุณภาพ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเทคนิคการใช้คำถามที่หลากหลาย เพื่อเป็นแนวทางในการตั้งข้อคำถามที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการศึกษาผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา ด้านอื่น ๆ ได้แก่ ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการตีความหมาย ความสามารถในการสื่อสารและสื่อความหมาย เนื่องจากหลักการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และการวัดความสามารถของนักเรียน จะประกอบใบด้วยกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำ การศึกษาใบงาน การชมวีดีทัศน์ อีกทั้งใบกิจกรรมนั้นยังให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการเขียน การเรียบเรียง ร่วมไปถึงการอภิปรายหน้าชั้นเรียน ได้ฝึกให้นักเรียนเขียนอธิบายความคิดของตนเอง และให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการสื่อสารได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ. (2558). รอบรู้เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมคืออะไร. *นิตยสาร สสวท., 42*(190), 37-41.

กำธร คงอรุณ. (2559). *การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ขุนทอง คล้ายทอง. (2554). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี 1 และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. Retrieved from http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Sec_Ed/Khunthong_K.pdf

เขมวดี พงศานนท์. (2557). สะเต็มศึกษา : *นวัตกรรมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. Retrieved from https://www.stemedthailand.org/?activity=powerpoint-

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2527). การตั้งคำถาม. *วารสารจันทร์เกษม, 158*(1), 57-58.

จำรัส อินทลาภาพร. (2558). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา*. Retrieved from https://www.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-journal

ชนาธิป พรกุล. (2554). *การออกแบบการสอน การบูรณาการ การอ่าน การคิดวิเคราะห์และการเขียน*. กรุงเทพฯ: วี พริ้นท์.

ชลาธิป สมาหิโต. (2557). *เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการการจัดกิจกรรมบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย*. กรุงเทพฯ: สมาคมอนุบาลแห่งประเทศไทย.

ทิพย์วัลย์ สีจันทร์. (2531). *ความสำคัญของการใช้คำถาม*. Retrieved from

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

http://chuleeporn121.blogspot.com/2012/07/

ทิศนา แขมมณี. (2552). *รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. (2554). *ศาสตร์การสอน:องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัญญารัตน์ ธนูรัตน์. (2553). *การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของวัสดุ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle).* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ธีรติร์ บรรเทิง. (2555). *ผลสอบ PISA กับอนาคตการศึกษาไทยในเวทีโลก*. Retrieved from https://blog.eduzones.com/tonsungsook/120382

นันทชา อัมฤทธิ์. (2559). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอนมหาวิทยาลัยรังสิต, 11*(2), 64-77.

นัสรินทร์ บือซา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. Retrieved from http://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2016/10625

เบญจกาจน์ ใส่ละม้าย. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สำหรับเด็กปฐมวัยโดยผ่านการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง อาชีพในท้องถิ่นจังหวัดสงขลา. *วารสาร วิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 26*(2), 104-110.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). *การพัฒนาการคิด*. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

ปรางศรี พณิชยกุล และคณะ. (2547). *รายงานการสังเคราะห์รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้ของครูต้นแบบ (ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542) : สรุปรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้ของครูต้นแบบ*. กรุงเทพฯ: สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสาร นักบริหาร, 33*(2), 49-56.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พรภัทร สินดี. (2557). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเชิงวิธีการที่เน้นกระบวนการกลุ่มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม เรื่องลำดับอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ). Retrieved from http://ir.swu.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/4460/Pornpat_S.pdf?sequence=1

พรรณพร นามโนรินทร์. (2554). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองโก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 3. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 6*(92-93).

พรสวัสดิ์ สองแคว. (2559). *การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง "รู้รักษ์หิน ถิ่นแม่ฮ่องสอน" ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร. Retrieved from https://www.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/100933/78399

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 9*(ฉบับพิเศษ), 405.

พัชรา พยัคฆา. (2557). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของพิซซินีร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. Retrieved from http://cuir.chula.ac.th/bitstream/123456789/46475/1/5483394727.pdf.

พัชราพร มิญชรัตน์. (2557). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD ที่มีต่อสมรรถนะด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

พัชราวลัย มีทรัพย์. (2554). *โครงสร้างการคิดของนักเรียนประถมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. Retrieved from http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/45866/1/Phutcharawalai_me.pdf

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พัทธมน นามปวน นันทรัตน์ เครืออินทร์ และฉัตรชัย เครืออินทร์. (2557). *การศึกษารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุแบบสะเต็มศึกษา (STEMeducation) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ภพ เลาหไพบูรณ์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิชย์.

ภัสสร ติดมา. (2558). พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสาร ราชพฤกษ์, 13*(3), 71-76.

ยศวีร์ สายฟ้า. (2557). *แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบ STEM. เอกสารอัดสำเนาสำหรับการอบรมเชิงปฏิบัติการ*. กรุงเทพมหานคร.

รักษพล ธนานุวงศ์. (2556). เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 41*(182), 15-20.

รักษ์ศิริ จิตอารี. (2559). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร. Retrieved from https://www.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/89856/70617

วชิร ศรีคุ้ม. (2558). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา*. Retrieved from https://www.slideshare.net/wawachira/stem-education-62525207

วรรณา รุงลักษมีศรี. (2551). *ผลการเรียนการสอนที่เนนกระบวน การออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแกปญหาเชิงวิทยาศาสตร และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตรขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนตนในโรงเรียนสาธิต*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. Retrieved from http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/15601/1/Wanna_ru.pdf

วรรณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2560). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา)* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิสุทธิ์ ตรีเงิน. (2551). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ.

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 26*(1), 224-236.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษา*. Retrieved from https://www.stemedthailand.org/?page_id=23

สุทธิพงศ์ พงษ์วร. (2555). ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการแก้ปัญหา และกิจกรรม การออกแบบ. *40*(175), 28-31.

สุพลา ทองแป้น พูนสุข อุดม และธวัฒน์ชัย เทพนวล. (2552). *ผลของการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามต่อความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยทักษิณ). Retrieved from file:///C:/Users/Super%20Computer/Downloads/71343-Article%20Text-167901-1-10-20161117%20(1).pdf

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). *กลยุทธการสอนคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). สะเต็มศึกษากับการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 19*(1), 15-18.

อัมพวา รักบิดา. (2549). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. Retrieved from http://newtdc.thailis.or.th/docview.aspx?tdcid=336919

อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต*, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. Retrieved from http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/55146/1/5783457927.pdf

ภาษาอังฤษ

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and*

assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Addison Wesley Longman.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, the classification of education goals - Handbook I: Cognitive Domain*. New York: McKay.

Breiner, J. M., Carla, C. J., Harkness, S. S., & Koehler, C. M. (2012). *What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and Shelly Sheats Harkness Partnerships. School Science and Mathematics*. *11*(2), 3-11. Retrieved from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x.

Carin, A. A., & Sund, R. B. (1971). *Developing questioning techniques: A self-concept approach*. Ohio: Bell and Howell.

Collins, J. W., & O'Brien, N. P. (2011). *Greenwood Dictionary of Education*. Westport, CT: Greenwood.

Dejarnette, N. (2012). *America's children: Providing early exposure to STEM (science, technology, engineering and math). Initiatives Education, 133*(1), 77-84. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Nancy_Dejarnette/publication/281065932.

Dewey, J. (1910). *How We Think*. Lexington, MA: D.C. Heath and Company.

Gagne, R. M. (1970). *The Condition of Learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Gagné, R. M. (1985). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.

Glen, R. (1997). *Scamper for student creativity*. *Education Digest, 62*(6), 67-68.

Guilford, J. P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill, Book Company.

Hu, W., & Adey, P. A. (2002). *Scientific creativity test for secondary school students*. *International Journal of Science Education, 24*(4), 389-403.

Jones, P. C. (1980). *Science in Elementary Education* พิมพ์ครั้งที่ 6. New York: Mac-Millan.

Koehler, C., Faraclas, E., Giblin, D., Moss, D., & Kazerounian, K. (2013). *The Nexus between science literacy and technical literacy: a state by state analysis of*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

engineering content in state science standards. *Journal of STEM Education, 14*(3), 5-12.

Krulik, S., & Jesse A. Rudnick. (1987). *Problem Solving* พิมพ์ครั้งที่ 2. Boston: Allyn and Bacon, Inc.

Mayer, J. D. (1990). *Emotional intelligence*. *Imagination, Cognition and Personality, 9*(1), 185-211.

Mayer, R. E., & Wittrock, M. C. (2006). *Problem solving*: Mahawah, NJ: Lawrence Erlbaum. OECD. (2003). The PISA 2003 assessment framework.

Murphy, T. P. (2011). *Graduting STEM competent and confident teachers: The creation of a STEM certificate for elementary education majors*. *Journal of College Science Teaching, 42*(2), 18-23.

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas. Committee on New Science Education Standards, and Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education*. Washington: DC: National Academy Press.

Nitko, A. J. (2007). *Educational Assessment of Students*. New Jersey: Pearson Education.

OECD. (2003). *The PISA 2003 assessment framework*. Retrieved from https://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternalstudentassessmentpisa/33694881.pdf

OECD. (2013). *Education at a Glance 2013: OECD Indicators*. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1787/eag-2013-en

Omairah, O. (2009). *Teacher' questioning techniques and their potential in heightening pupils'ilnquiry*. Retrieved from https://www.eduhk.hk/primaryed/eproceedings/fullpaper/RN354a.pdf

Partnership for 21st Century Skills. (2008). *21st century skills, education & competitiveness: A resource and policy guide*. Retrieved from http://www.21stcenturyskills.org/documents/21st_century_skills_education_and_competitiveness_guide.pdf

Rachel, B. J. (2008). *Science, technology, engineering and math*. Retrieved from http://www.learning.com/press/pdf/Science-Techology-Engineering-Mathematics-STEM

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Robert, A. (2013). *STEM is here. Now what? Technology and Engineering Teacher, 73*(1), 22-27. Retrieved from https://eric.ed.gov/?id=EJ1049206.

Rosicka, C. (2016). *From concept to classroom translating STEM education research into practice*. Retrieved from http://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=professional_dev

Smith, S. H. (2012). *Teaching Reading in Today's Elementary Schools* พิมพ์ครั้งที่ 11. Canada :Wadsworth: Cengage Learning.

Taasoobshirazi, & Glynn. (2009). *College students solving chemistry problems: A theoretical model of expertise*. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(10), 1070 - 1089.

The Integrated Mathematics Science and Technology. (2007). *Research Project Integrated Mathematics Science and Technology in the Middle Grades*. Retrieved from http://www.fcrstem.org/Uploads/1/docs/IMAST.pdf

Tobin, T. (1980). *Ten principle for knowledge management success.* Stamford, CT: Gartner.

Turney, C. E., Eltis, K. J., Hatton, N., & et al. (1987). Sydney Micro Skills: Redeveloped Series 1 handbook: Reinforcement, Basic Questioning [Press release]

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

Wayne, C. (2012). *What is S.T.E.M. and why do I need to know?* Retrieved from http://issuu.com/carleygroup/docs/stem12online/1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

1. อาจารย์ ดร.กนิษฐ์ ศรีเคลือบ อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. อาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์ อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. อาจารย์ ดร.สิริกมล หมดมลทิน อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร (ฝ่ายประถมศึกษา)

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1. อาจารย์ ดร.พิรุณ ศิริศักดิ์ ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการฝ่ายปฐมวัยและประถมศึกษา โรงเรียนราชินีบน

2. อาจารย์ ดร.สินชัย จันทร์เสม อาจารย์ประจำหลักสูตรคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

3. อาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์ อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่ ศธ 0512.6(2791.01)/62- 0313

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

กุมภาพันธ์ 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.สินชัย จันทร์เสม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวสุวิมล สาสังข์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาประถมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง "ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา" โดยมี อาจารย์ ดร.ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชิโนกุล)
รองคณบดี
ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ
โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732
เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 086-7977713 email: maesa_asocial@hotmail.com

ที่ ศธ 0512.6(2791.01)/62- 0315

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

กุมภาพันธ์ 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.พิรุณ ศิริศักดิ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวสุวิมล สาสังข์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาประถมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง "ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา" โดยมี อาจารย์ ดร.ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชิโนกุล)
รองคณบดี
ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ
โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732
เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 086-7977713 email: maesa_asocial@hotmail.com

ที่ ศธ 0512.6(2791.01)/62- 0314

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

กุมภาพันธ์ 2562

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.สิริกมล หมดมลทิน

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวสุวิมล สาสังข์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาประถมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง "ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา" โดยมี อาจารย์ ดร.ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)
รองคณบดี
ปฏิบัติการแทนคณบดี

กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ
โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732
เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 086-7977713 email: maesa_asocial@hotmail.com

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาฯ โทร. 82565-97 ต่อ 6732
ที่ ศธ 0512.6(2791.01)/62- 0316 **วันที่** กุมภาพันธ์ 2562
เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์

ด้วย นางสาวสุวิมล สาสังข์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาประถมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง "ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา" โดยมี อาจารย์ ดร.ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)
รองคณบดี

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 086-7977713 email: maesa_asocial@hotmail.com

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน กลุ่มภารกิจบริการการศึกษา ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาฯ โทร. 82565-97 ต่อ 6732
ที่ ศธ 0512.6(2791.01)/62-0317 **วันที่** กุมภาพันธ์ 2562
เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.กนิษฐ์ ศรีเคลือบ

ด้วย นางสาวสุวิมล สาสังข์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาประถมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง "ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา" โดยมี อาจารย์ ดร.ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชิโนกุล)
รองคณบดี

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย: 086-7977713 email: maesa_asocial@hotmail.com

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียน - หลังเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ก่อนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

สถานการณ์

ชุมชนของนักเรียนเป็นชุมชนอยู่ใกล้แม่น้ำ ชาวบ้านมักจะประกอบอาชีพด้วยการจับสัตว์น้ำไปขาย ต่อมามีโรงงานไฟฟ้ามาตั้งใกล้กับชุมชน และมักจะปล่อยน้ำทิ้งลงในแหล่งน้ำ ซึ่งน้ำที่ปล่อยทิ้งเป็นน้ำร้อน ทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลง ซึ่งมีผลต่อการแพร่พันธุ์ของสัตว์น้ำจนทำให้ชาวบ้านไม่สามารถประกอบอาชีพได้

5. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร
   ก. น้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้า
   ข. สัตว์น้ำมีจำนวนลดลง
   ค. ชาวบ้านในชุมชนขาดรายได้
   ง. การดำรงชีวิตของสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลง
6. สาเหตุของปัญหาคืออะไร
   ก. ชาวบ้านไม่มีอาชีพเสริม
   ข. อุณหภูมิของแหล่งน้ำเพิ่มสูงขึ้น
   ค. ปริมาณก๊าซออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลง
   ง. ชาวบ้านจับสัตว์น้ำไปขายมากขึ้นทำให้สัตว์น้ำแพร่พันธุ์ไม่ทัน
7. แนวทางการแก้ปัญหาคืออะไร
   ก. ขอให้ราชการสั่งปิดโรงงานไฟฟ้า
   ข. ปล่อยสัตว์น้ำลงสู่แหล่งน้ำให้มากขึ้น
   ค. ส่งเสริมให้ชาวบ้านประกอบอาชีพเสริม
   ง. ให้โรงงานขุดบ่อกักเก็บน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ
8. ผลที่เกิดจากการแก้ปัญหานี้คืออะไร
   ก. แม่น้ำไม่เน่าเสีย
   ข. โรงไฟฟ้าถูกสั่งปิด
   ค. สัตว์น้ำมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น
   ง. ชาวบ้านมีรายได้จากการประกอบอาชีพเสริม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
หลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

สถานการณ์

โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง มีเศษอาหารเหลือเป็นจำนวนมาก และเศษอาหารที่เหลือแม่ครัวมักจะเทลงในท่อระบายน้ำ ที่ไหลลงสู่หนองน้ำข้างโรงเรียน เมื่อเวลาผ่านไปหลายวัน น้ำในหนองน้ำส่งกลิ่นเหม็นเน่าไปทั่วโรงเรียน ส่งผลให้นักเรียนขาดสมาธิในการเรียน และป่วยเป็นโรคทางเดินหายใจ

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร
   ก. นักเรียนขาดสารอาหาร
   ข. เศษอาหารอุดตันท่อระบายน้ำ
   ค. เศษอาหารเหลือเป็นจำนวนมาก
   ง. นักเรียนป่วยเป็นโรคระบบทางเดินหายใจ
2. สาเหตุของปัญหาคืออะไร
   ก. การจัดเก็บเศษอาหารไม่ถูกสุขลักษณะ
   ข. ขาดแคลนภาชนะในการกำจัดเศษอาหาร
   ค. แม่ครัวทำอาหารเกินความต้องการของนักเรียน
   ง. นักเรียนรับประทานอาหารเหลือเนื่องจากอาหารไม่อร่อย
3. แนวทางการแก้ปัญหาคืออะไร
   ก. นำเศษอาหารไปหมักทำปุ๋ยชีวภาพ
   ข. บังคับให้นักเรียนรับประทานอาหารให้หมด
   ค. ทำอาหารให้พอดีกับความต้องการของนักเรียน
   ง. จัดหางบประมาณในการจัดซื้อภาชนะเก็บเศษอาหาร
4. ผลที่เกิดจากการแก้ปัญหานี้คืออะไร
   ก. ลดปริมาณเศษอาหาร
   ข. ไม่มีเศษอาหารเหลือทิ้ง
   ค. สุขาภิบาลในโรงเรียนดีขึ้น
   ง. มีภาชนะเก็บเศษอาหารเพียงพอในการกำจัดเศษอาหาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โครงสร้างแผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จำนวน 10 แผน

แผนที่	ชื่อกิจกรรม	วัตถุประสงค์	จำนวน (ชั่วโมง)
1	ตึกไม่ถล่ม	1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ 2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้	2
2	บรรจุภัณฑ์อารักษ์ไข่	1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ 2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้	2
3	สะพานข้ามน้ำ	1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ 2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้	2
4	หลังคากระดาษ	1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ 2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้	2
5	ไม้กวาดชวนคิด	1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ 2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้	2
6	Eco car พลังลูกโป่ง	1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ 2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้	2
7	เสากระดาษจอมพลัง	1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ 2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้	2
8	ปืนขวด ตำรวจไม่จับ	1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ 2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้	2
9	นาวาฝ่าวิกฤต	1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ 2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้	2
10	ประภาคารอาหารปลา	1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ 2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้	2
รวม 20 ชั่วโมง			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรมที่ 1 ฟองน้ำสร้างตึก **เวลา** 2 ชั่วโมง

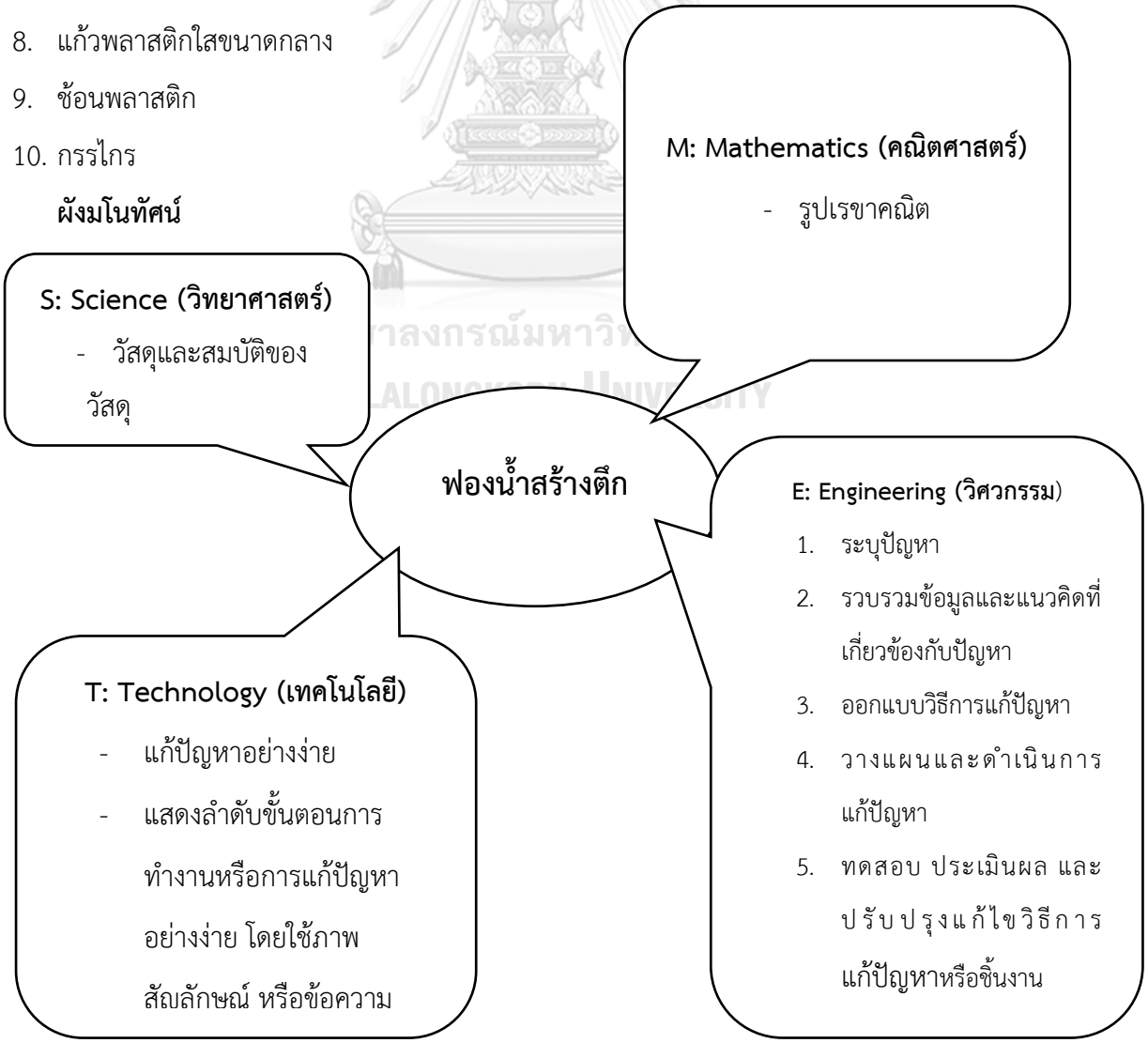
วัตถุประสงค์ 1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้

สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. วีดิทัศน์ตึกถล่ม
2. ใบกิจกรรม
3. ฟองน้ำ
4. ครีมโกนหนวด
5. วิปปิ้งครีม
6. ยาสีฟัน
7. จานกระดาษใบใหญ่
8. แก้วพลาสติกใสขนาดกลาง
9. ช้อนพลาสติก
10. กรรไกร

ผังมโนทัศน์



ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน)	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)	1. ให้นักเรียนดูวีดิทัศน์ตึกถล่ม เวลา 5 นาที 2. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - จากการชมวีดิทัศน์ นักเรียนคิดว่าตึกถล่มเกิดจากสาเหตุใด (แผ่นดินไหว) - ถ้านักเรียนจะออกแบบสร้างตึกในพื้นที่ที่เกิดแผ่นดินไหว เพื่อจะป้องกันไม่ให้ตึกถล่มเสียหายมาก นักเรียนคิดว่าควรใช่วัสดุชนิดใด (ฟองน้ำ) - นักเรียนจะออกแบบสร้างตึกจำลองโดยใช้ฟองน้ำอย่างไร เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้ตึกถล่ม 3. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน - ครูถามคำถามว่านักเรียนจะมีวิธีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มกันอย่างไร 4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาออกแบบสร้างตึกจำลองโดยใช้ฟองน้ำอย่างไร เพื่อช่วยปกป้องไม่ให้ตึกถล่ม **เทคนิคการใช้คำถาม** **5W1H** - ปัญหานี้คืออะไร(What) - ปัญหานี้เกิดขึ้นที่ไหน (Where) - ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อใด (When) - ทำไมจึงเกิดปัญหานี้(Why) - ปัญหานี้เกิดขึ้นกับใคร (Who) - ปัญหานี้มีลักษณะอย่างไร (How)	1. ให้นักเรียนดูวีดิทัศน์ตึกถล่ม เวลา 5 นาที 2. ครูให้นักเรียนจะออกแบบสร้างตึกจำลองโดยใช้ฟองน้ำอย่างไร เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้ตึกถล่ม 3. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน 4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาออกแบบสร้างตึกจำลองโดยใช้ฟองน้ำอย่างไร เพื่อช่วยปกป้องไม่ให้ตึกถล่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน)	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	5. ครูถามคำถามว่า หากนักเรียนต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างตึกควรหาจากแหล่งใด และสามารถถามใครได้บ้างภายในโรงเรียน 6. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากใบความรู้ และความรู้จากการชมวิดีทัศน์ตึกถล่มที่นักเรียนได้ดูไป **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - เคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ - หากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร - นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้ มีความคุ้มค่าและมีข้อดี ข้อเสียอย่างไร	5. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากใบความรู้และความรู้จากการชมวิดีทัศน์ตึกถล่มที่นักเรียนได้ดูไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	7. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรม และครูถามคำถามดังนี้ - นักเรียนคิดว่าตึกที่สูงและแข็งแรงควรมีลักษณะอย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น**	6. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรม
ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน)	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	การผนวกรวม (Combine) - นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น - นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดที่เมื่อนำมารวมกันแล้วสามารถช่วยให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น **การดัดแปลง (Modify)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	8. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงานจากวัสดุที่กำหนดให้ คือ ฟองน้ำ ครีมโกนหนวด วิปปิ้งครีม ครีมแต่งหน้าเค้ก จาน ถ้วย ช้อน และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาสร้างตึกจำลอง - นักเรียนสร้างตึกจำลองให้สูงที่สุดโดยที่ตึกไม่ถล่มลงมา 9. ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่า ครีมโกนหนวดกับวิปปิ้งครีม มีความเหมือนกันกันอย่างไร - นักเรียนคิดว่า ครีมโกนหนวด กับวิปปิ้งครีม มีความแตกต่างกันอย่างไร - นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุใดในการช่วยให้ตึกฟองน้ำของนักเรียนแข็งแรงที่สุด สูงที่สุดโดยไม่ถล่มลงมา **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)**	7. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากวัสดุที่กำหนดให้ คือ ฟองน้ำ ครีมโกนหนวด วิปปิ้งครีม ครีมแต่งหน้าเค้ก จาน ถ้วย ช้อน และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาสร้างตึกจำลอง - นักเรียนสร้างตึกจำลองให้สูงที่สุดโดยที่ตึกไม่ถล่มลงมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน)	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการลำดับการทำงานใหม่ - นักเรียนคิดว่าเราสามารถเปลี่ยนลำดับขั้นตอนในการทำงานได้หรือไม่ - นักเรียนจะจัดลำดับการทำงานอย่างไรให้ได้ชิ้นงานที่ดียิ่งขึ้น **การแทนที่ (Substitute** - นักเรียนคิดว่าจะสามารถหาสิ่งใดมาแทนที่หรือสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่	
ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement)	10. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมสร้างตึกจำลองโดยใช้ฟองน้ำ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยครูคอยถามคำถามแต่ละกลุ่มว่า - นักเรียนพบปัญหาอะไรจากการสร้างตึกหรือไม่ - หากพบปัญหานักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหานั้นเกิดจากอะไร - นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานั้นอย่างไร 11. ครูให้นักเรียนทำเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีต่อตึกให้สูงที่สุดและตึกไม่ถล่มลงมา ภายในเวลา 10 นาที **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** - กระบวนการใดที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นได้ **การขยาย/เพิ่ม (Magnify)** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มขนาดของชิ้นงานนี้ให้ใหญ่ขึ้น - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มวัสดุของชิ้นงานนี้ให้	8. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมสร้างตึกจำลองโดยใช้ฟองน้ำ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีต่อตึกให้สูงที่สุดและตึกไม่ถล่มลงมา ภายในเวลา 10 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน)	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	มากขึ้น - หากนักเรียนเพิ่มขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่ **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดขนาดของชิ้นงานนี้ให้เล็กลง - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดจำนวนวัสดุของชิ้นงานนี้ให้น้อยลง หากนักเรียนลดขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่	
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	12. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันต่อตึกให้สูงที่สุดโดยที่ตึกไม่ถล่มลงมา หรือตึกล้มเป็นกลุ่มสุดท้าย แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้ เพื่อฟังว่า มีวิธีการอย่างไรจึงทำให้ตึกไม่ถล่มลงมา เลือกใช้วัสดุชนิดใดในการสร้างตึก ทำไมจึงเลือกใช้วัสดุนั้น **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** นักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่	9. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันต่อตึกให้สูงที่สุดโดยที่ตึกไม่ถล่มลงมา หรือตึกล้มเป็นกลุ่มสุดท้าย แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการอย่างไรจึงทำให้ตึกไม่ถล่มลงมา เลือกใช้วัสดุชนิดใดในการสร้างตึก ทำไมจึงเลือกใช้วัสดุนั้น

แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรมที่ 2 บรรจุภัณฑ์อารักษ์ไข่ **เวลา** 2 ชั่วโมง

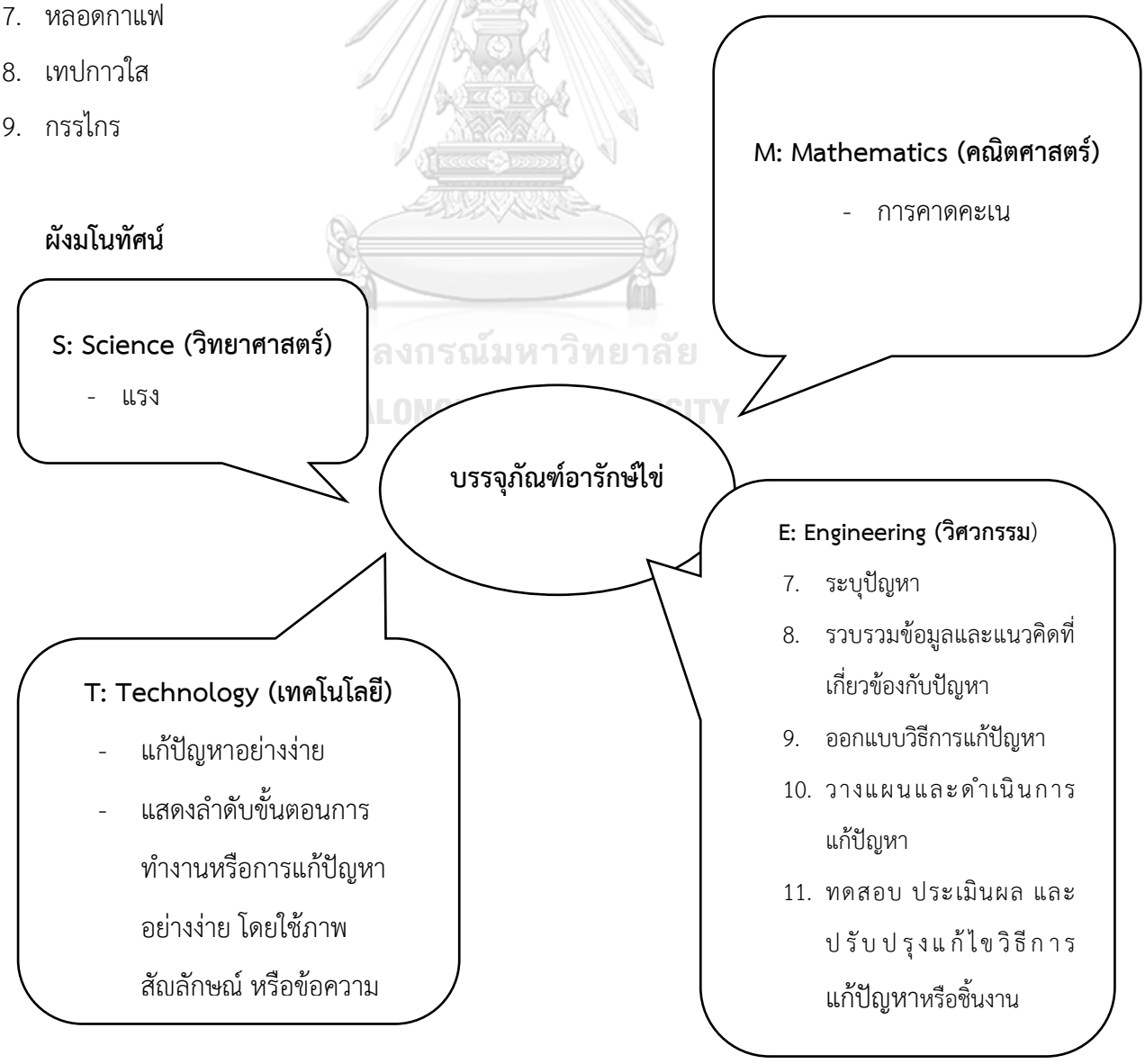
วัตถุประสงค์ 1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้

สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. ไข่ไก่
2. กระดาษหนังสือพิมพ์
3. กระดาษทิชชู
4. ถุงร้อน
5. ยาง
6. เชือกฟาง
7. หลอดกาแฟ
8. เทปกาวใส
9. กรรไกร

ผังมโนทัศน์



ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- ปัญหานี้คืออะไร(What) - ปัญหานี้เกิดขึ้นที่ไหน (Where) - ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อใด (When) - ทำไมจึงเกิดปัญหานี้(Why) - ปัญหานี้เกิดขึ้นกับใคร (Who) - ปัญหานี้มีลักษณะอย่างไร (How)	
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	5. ครูถามคำถามว่า หากนักเรียนต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับการทำบรรจุภัณฑ์จะหาจากแหล่งใด และสามารถถามใครได้บ้างภายในโรงเรียน 6. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากใบความรู้ **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - เคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ - หากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร - นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้ มีความคุ้มค่า และมีข้อดี ข้อเสียอย่างไร	5. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากใบความรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	7. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรมตามหัวข้อในใบกิจกรรมและครูถามคำถามดังนี้ - นักเรียนคิดว่าบรรจุภัณฑ์ที่แข็งแรงควรมีลักษณะอย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การผนวกรวม (Combine)** - นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น - นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดที่เมื่อนำมารวมกันแล้วสามารถช่วยให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น **การดัดแปลง (Modify)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง	6. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรม
ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	8. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากวัสดุที่กำหนดให้ คือ กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษทิชชู ถุงร้อน ยาง เชือกฟาง หลอดกาแฟ เทปกาวใส และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาออกแบบบรรจุภัณฑ์	7. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากวัสดุที่กำหนดให้ คือ กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษทิชชู ถุงร้อน ยาง เชือกฟาง หลอดกาแฟ เทปกาวใส และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- นักเรียนออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้คงทนที่สุดและรองรับแรงกระแทกเพื่อไม่ให้ไข่แตก 9. ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่า วัสดุแต่ละชนิดที่ครูกำหนดให้มีข้อดีข้อเสียอย่างไร - นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุใดในการช่วยให้บรรจุภัณฑ์ของนักเรียนมีความแข็งแรงสวยงาม **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการลำดับการทำงานใหม่ - นักเรียนคิดว่าเราสามารถเปลี่ยนลำดับขั้นตอนในการทำงานได้หรือไม่ - นักเรียนจะจัดลำดับการทำงานอย่างไรให้ได้ชิ้นงานที่ดียิ่งขึ้น **การแทนที่ (Substitute** นักเรียนคิดว่าจะสามารถหาสิ่งใดมาแทนที่หรือสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่	- นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาออกแบบบรรจุภัณฑ์ - นักเรียนออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้คงทนที่สุดและรองรับแรงกระแทกเพื่อไม่ให้ไข่แตก
ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design	10. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมออกแบบบรรจุภัณฑ์อารักษ์ไข่โดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยครูคอยถามคำถามแต่ละกลุ่มว่า - นักเรียนพบปัญหาอะไรจากการทำบรรจุภัณฑ์หรือ	8. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมออกแบบบรรจุภัณฑ์อารักษ์ไข่โดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทำไปเรื่อย ๆ

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
Improvement)	ไม่หากพบนักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหานั้นเกิดจากอะไร - นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานั้นอย่างไร 11. ครูให้นักเรียนทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีสร้างบรรจุภัณฑ์ให้คงทนที่สุดและรองรับแรงกระแทกเพื่อไม่ให้ไข่แตกในความสูงระยะ 5 เมตรได้ **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** - กระบวนการใดที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นได้ **การขยาย/เพิ่ม (Magnify)** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มขนาดของชิ้นงานนี้ให้ใหญ่ขึ้น - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มวัสดุของชิ้นงานนี้ให้มากขึ้น - หากนักเรียนเพิ่มขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่ **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดขนาดของชิ้นงานนี้ให้เล็กลง - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดจำนวนวัสดุของชิ้นงานนี้ให้น้อยลง	จนค้นพบวิธีสร้างบรรจุภัณฑ์ให้คงทนที่สุดและรองรับแรงกระแทกเพื่อไม่ให้ไข่แตกในความสูงระยะ 5 เมตรได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- หากนักเรียนลดขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่	
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	12. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันทดสอบความคงทนของบรรจุภัณฑ์โดยหากลุ่มที่ทดสอบแล้วไข่ไม่แตกหรือแตกเป็นกลุ่มสุดท้าย แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการอย่างไรจึงทำให้ไข่ไม่แตก มีวิธีรองรับการกระแทกจากที่สูงอย่างไร ทำไมจึงเลือกวิธีนั้น **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - นักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่	9. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันทดสอบความคงทนของบรรจุภัณฑ์โดยหากลุ่มที่ทดสอบแล้วไข่ไม่แตกหรือแตกเป็นกลุ่มสุดท้าย แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการอย่างไรจึงทำให้ไข่ไม่แตก มีวิธีรองรับการกระแทกจากที่สูงอย่างไร ทำไมจึงเลือกวิธีนั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรมที่ 3 สะพานข้ามน้ำ **เวลา** 2 ชั่วโมง

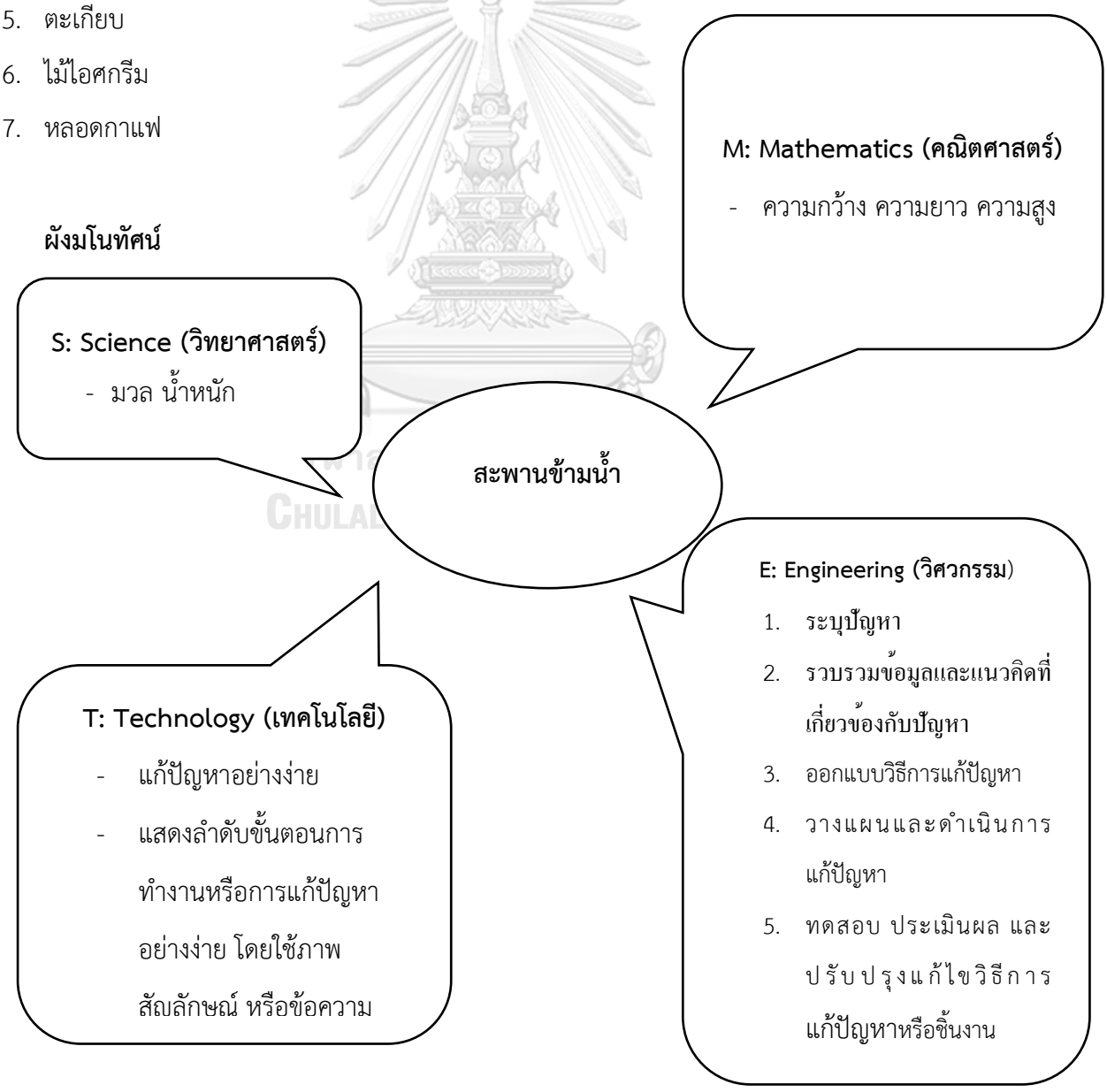
วัตถุประสงค์ 1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้

สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. แกนกระดาษทิชชู
2. หนังยาง
3. เทปกาวหนังไก่
4. ดินน้ำมัน
5. ตะเกียบ
6. ไม้ไอศกรีม
7. หลอดกาแฟ

ผังมโนทัศน์



ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นระบุปัญหา **(Problem Identification)**	1. ครูให้สถานการณ์ว่า เกิดพายุทำให้เกิดกระแสน้ำไหลเชี่ยวท่วมถนน และทำให้ไม่สามารถใช้รถยนต์ได้ตามปกติ จึงต้องสร้างสะพานชั่วคราวที่สามารถรองรับน้ำหนักในการขนย้ายสิ่งของได้ 2. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - นักเรียนจะสร้างสะพานที่รองรับน้ำหนักจากการขนย้ายสิ่งของอย่างไรและ สะพานนั้นควรมีลักษณะใด 3. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน - ครูถามคำถามว่านักเรียนจะมีวิธีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มกันอย่างไร 4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาออกแบบสะพานเพื่อช่วยในการขนย้ายสิ่งของและรองรับน้ำหนักได้ดี โดยครูถามคำถามดังนี้ - สะพานทั่วไปที่นักเรียนพบเห็นมีลักษณะอย่างไร - นักเรียนคิดว่าสะพานที่รองรับน้ำหนักได้ดีต้องมีลักษณะแบบใด **เทคนิคการใช้คำถาม** **5W1H** - ปัญหานี้คืออะไร(What) - ปัญหานี้เกิดขึ้นที่ไหน (Where) - ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อใด (When) - ทำไมจึงเกิดปัญหานี้(Why)	1. ครูให้สถานการณ์ว่า เกิดพายุทำให้เกิดกระแสน้ำไหลเชี่ยวท่วมถนน และทำให้ไม่สามารถใช้รถยนต์ได้ตามปกติ จึงต้องสร้างสะพานชั่วคราวที่สามารถรองรับน้ำหนักในการขนย้ายสิ่งของได้ 2. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - นักเรียนจะสร้างสะพานที่รองรับน้ำหนักจากการขนย้ายสิ่งของอย่างไร และ สะพานนั้นควรมีลักษณะใด 3. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน 4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบสะพานเพื่อช่วยในการขนย้ายสิ่งของ และรองรับน้ำหนักได้ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- ปัญหานี้เกิดขึ้นกับใคร (Who) - ปัญหานี้มีลักษณะอย่างไร (How)	
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	5. ครูถามคำถามว่า หากนักเรียนต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างสะพานจะหาจากแหล่งใด และสามารถถามใครได้บ้างภายในโรงเรียน 6. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - เคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ - หากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร - นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้ มีความคุ้มค่า และมีข้อดี ข้อเสียอย่างไร	5. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	7. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรมตามหัวข้อในใบกิจกรรมและครูถามคำถามดังนี้ - นักเรียนคิดว่าสะพานที่รองรับน้ำหนักได้มากและแข็งแรงควรมีลักษณะอย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การผนวกรวม (Combine)** - นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น - นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดที่เมื่อนำมารวมกันแล้วสามารถช่วยให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น **การดัดแปลง (Modify)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง	6. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรมตามหัวข้อในใบกิจกรรม
ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	8. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากวัสดุที่กำหนดให้ คือ แกนกระดาษทิชชู หนังยาง เทปกาวหนังไก่ ดินน้ำมันตะเกียบ ไม้ไอศกรีมหลอดกาแฟ และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาสร้างสะพาน	7. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากวัสดุที่กำหนดให้ คือ แกนกระดาษทิชชู หนังยาง เทปกาวหนังไก่ ดินน้ำมัน ตะเกียบ ไม้ไอศกรีมหลอดกาแฟ และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- นักเรียนสร้างสะพานให้คงทนที่สุดและรองรับแรงน้ำหนักจากการขนย้ายสิ่งของให้ได้มากที่สุด 9. ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่า วัสดุแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียอย่างไร - นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุใดในการช่วยให้สะพานของนักเรียนรองรับน้ำหนักได้และแข็งแรงที่สุด **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการลำดับการทำงานใหม่ - นักเรียนคิดว่าเราสามารถเปลี่ยนลำดับขั้นตอนในการทำงานได้หรือไม่ - นักเรียนจะจัดลำดับการทำงานอย่างไรให้ได้ชิ้นงานที่ดียิ่งขึ้น **การแทนที่ (Substitute** - นักเรียนคิดว่าจะสามารถหาสิ่งใดมาแทนที่หรือสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่	เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาสร้างสะพาน - นักเรียนสร้างสะพานให้คงทนที่สุดและรองรับแรงน้ำหนักจากการขนย้ายสิ่งของให้ได้มากที่สุด
ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน **(Testing Evaluation and**	10. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมสร้างสะพานข้ามน้ำโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีสร้างสะพานให้คงทนที่สุดและรองรับแรงน้ำหนักจากการขนย้าย	8. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมสร้างสะพานข้ามน้ำโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
Design Improvement)	สิ่งของให้ได้มากที่สุด **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** - กระบวนการใดที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นได้ **การขยาย/เพิ่ม (Magnify)** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มขนาดของชิ้นงานนี้ให้ใหญ่ขึ้น - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มวัสดุของชิ้นงานนี้ให้มากขึ้น - หากนักเรียนเพิ่มขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่ **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดขนาดของชิ้นงานนี้ให้เล็กลง - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดจำนวนวัสดุของชิ้นงานนี้ให้น้อยลง - หากนักเรียนลดขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่	ทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีสร้างสะพานให้คงทนที่สุดและรองรับแรงน้ำหนักจากการขนย้ายสิ่งของให้ได้มากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา **ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน** **(Presentation)**	11. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันทดสอบความแข็งแรงของสะพานโดยหากลุ่มที่ทดสอบแล้วสะพานไม่พัง หรือพังเป็นกลุ่มสุดท้าย แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการอย่างไรจึงทำให้สะพานมีความมั่นคงแข็งแรง มีวิธีรองรับน้ำหนักจากการขนย้ายสิ่งของอย่างไร ทำไมจึงเลือกวิธีนั้น **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - นักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่	9. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันทดสอบความแข็งแรงของสะพานโดยหากลุ่มที่ทดสอบแล้วสะพานไม่พัง หรือพังเป็นกลุ่มสุดท้าย แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการอย่างไรจึงทำให้สะพานมีความมั่นคงแข็งแรง มีวิธีรองรับน้ำหนักจากการขนย้ายสิ่งของอย่างไร ทำไมจึงเลือกวิธีนั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรมที่ 4 หลังคากระดาษ **เวลา** 2 ชั่วโมง

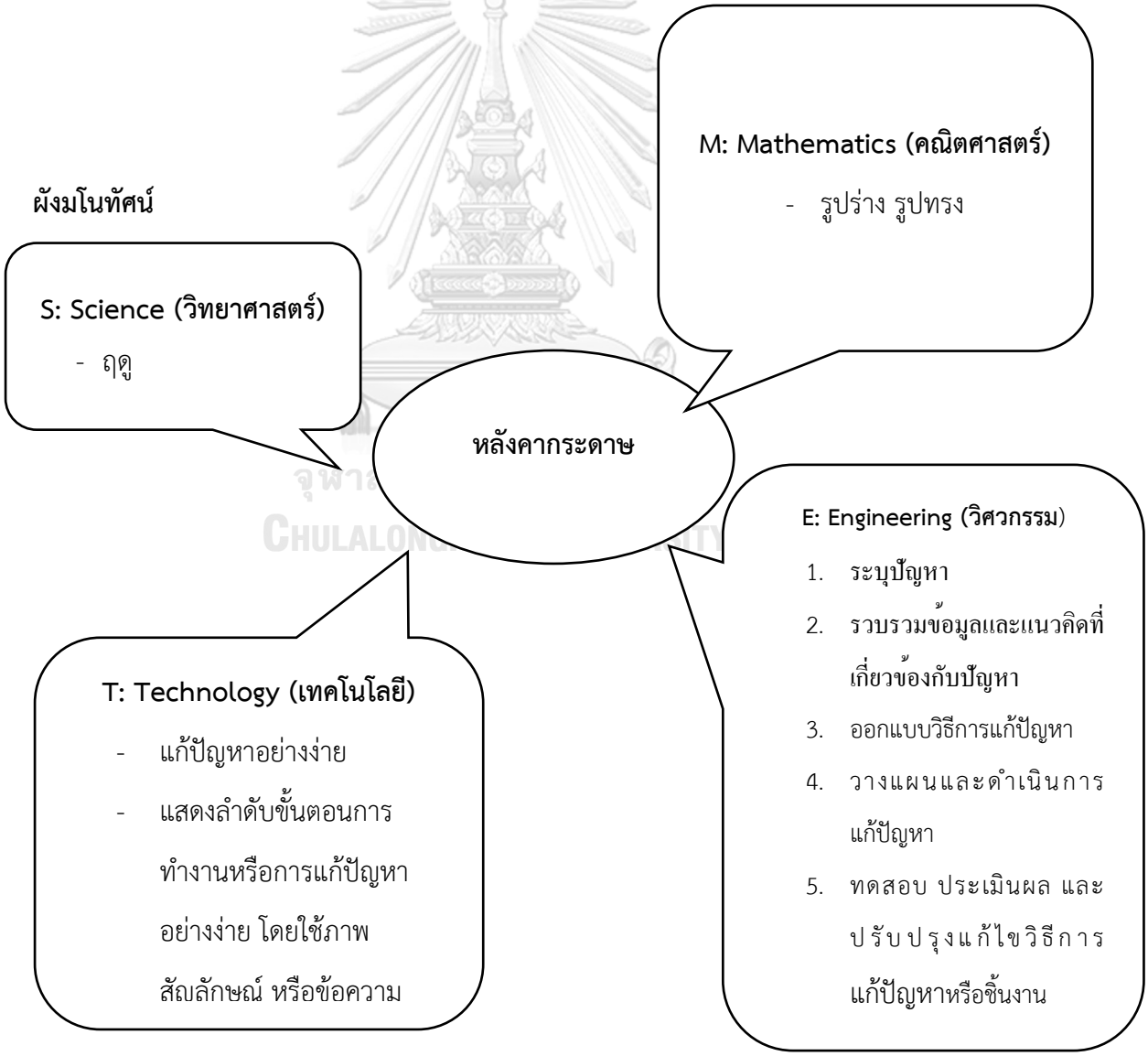
วัตถุประสงค์ 1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้

สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. แก้วกระดาษ
2. กระดาษสี
3. กรรไกร
4. เม็ดกระดุมเม็ดใหญ่หลากสี

ผังมโนทัศน์



ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)	1. ครูให้สถานการณ์ว่า ตอนนี้เป็นช่วงมรสุม มักเกิดฝนตกอยู่บ่อยครั้ง ส่งผลให้บางพื้นที่บ้านเรือนเสียหายต้องมาอาศัยอยู่ในศูนย์อพยพ พื้นที่ศูนย์อพยพมีจำกัด จึงต้องสร้างที่อยู่ใหม่ให้ผู้อพยพ ให้นักเรียนเป็นช่างช่วยกันออกแบบทำหลังคาศูนย์อพยพโดยจำลองจากกระดาษ เพื่อให้รองรับน้ำหนักของน้ำฝนที่ตกลงมา (เม็ดกระดุม) โดยหลังคาไม่เสียหาย 3. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - นักเรียนจะสร้างหลังคาอย่างไรให้ทนต่อน้ำหนักของน้ำฝนที่ตกลงมา 3. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน - ครูถามคำถามว่านักเรียนจะมีวิธีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มกันอย่างไร 4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาออกแบบหลังคาให้ทนต่อน้ำหนักของน้ำฝนให้ได้มากที่สุด **เทคนิคการใช้คำถาม** **5W1H** - ปัญหานี้คืออะไร(What) - ปัญหานี้เกิดขึ้นที่ไหน (Where) - ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อใด (When) - ทำไมจึงเกิดปัญหานี้(Why)	1. ครูให้สถานการณ์ว่า ตอนนี้เป็นช่วงมรสุม มักเกิดฝนตกอยู่บ่อยครั้ง ส่งผลให้บางพื้นที่บ้านเรือนเสียหายต้องมาอาศัยอยู่ในศูนย์อพยพ พื้นที่ศูนย์อพยพมีจำกัด จึงต้องสร้างที่อยู่ใหม่ให้ผู้อพยพ ให้นักเรียนเป็นช่างช่วยกันออกแบบทำหลังคาศูนย์อพยพโดยจำลองจากกระดาษ เพื่อให้รองรับน้ำหนักของน้ำฝนที่ตกลงมา (เม็ดกระดุม) โดยหลังคาไม่เสียหาย 2. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - นักเรียนจะสร้างหลังคาอย่างไรให้ทนต่อน้ำหนักของน้ำฝนที่ตกลงมา 3. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน 4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบหลังคาให้ทนต่อน้ำหนักของน้ำฝนให้ได้มากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- ปัญหานี้เกิดขึ้นกับใคร (Who) - ปัญหานี้มีลักษณะอย่างไร (How)	
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	5. ครูถามคำถามว่า หากนักเรียนต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างหลังคาควรหาจากแหล่งใดและสามารถถามใครได้บ้างภายในโรงเรียน 6. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - เคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ - หากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร - นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้ มีความคุ้มค่าและมีข้อดี ข้อเสียอย่างไร	5. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล
ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	7. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรม และครูถามคำถามดังนี้	6. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- นักเรียนคิดว่าหลังคาที่แข็งแรงควรมีลักษณะอย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การผนวกรวม (Combine)** - นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น - นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดที่เมื่อนำมารวมกันแล้วสามารถช่วยให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น **การดัดแปลง (Modify)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง	กิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรม
ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	8. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงานจากวัสดุที่กำหนดให้ คือ แก้วกระดาษ กระดาษสี กรรไกร และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาสร้างหลังคา - นักเรียนสร้างหลังคาให้สามารถรับน้ำหนักของน้ำฝนให้ได้มากที่สุด โดยหลังคาไม่พังลงมา 9. ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่า แก้วกระดาษมีความแข็งแรงหรือไม่ - หากไม่แข็งแรง นักเรียนจะมีวิธีการทำให้แก้วกระดาษ	7. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากวัสดุที่กำหนดให้ คือ แก้วกระดาษ กระดาษสี กรรไกร และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาสร้างหลังคา - นักเรียนสร้างหลังคาให้สามารถรับน้ำหนักของน้ำฝนให้ได้มากที่สุด โดยหลังคาไม่พังลงมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	นั้นแข็งแรงขึ้นได้อย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการลำดับการทำงานใหม่ - นักเรียนคิดว่าเราสามารถเปลี่ยนลำดับขั้นตอนในการทำงานได้หรือไม่ - นักเรียนจะจัดลำดับการทำงานอย่างไรให้ได้ชิ้นงานที่ดียิ่งขึ้น **การแทนที่ (Substitute** - นักเรียนคิดว่าจะสามารถหาสิ่งใดมาแทนที่หรือสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่	
ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement)	10. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมสร้างหลังคากระดาษโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยครูคอยถามคำถามแต่ละกลุ่มว่า - นักเรียนพบปัญหาอะไรจากการสร้างหลังคาหรือไม - หากพบนักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหานั้นเกิดจากอะไร - นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานั้นอย่างไร 11. ครูให้นักเรียนทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีสร้างหลังคาที่สามารถรับน้ำหนักน้ำฝนได้มากที่สุด	8. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมสร้างหลังคากระดาษโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีสร้างหลังคาที่สามารถรับน้ำหนักน้ำฝนได้มากที่สุด

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** - กระบวนการใดที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นได้ **การขยาย/เพิ่ม (Magnify)** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มขนาดของชิ้นงานนี้ให้ใหญ่ขึ้น - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มวัสดุของชิ้นงานนี้ให้มากขึ้น - หากนักเรียนเพิ่มขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่ **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดขนาดของชิ้นงานนี้ให้เล็กลง - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดจำนวนวัสดุของชิ้นงานนี้ให้น้อยลง - หากนักเรียนลดขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่	
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือ	12. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันทดสอบความแข็งแรงของหลังคาโดยหากลุ่มที่ทดสอบแล้วหลังคาไม่พังลงมา หรือพังเป็นกลุ่มสุดท้าย แล้วให้กลุ่มที่ชนะ	9. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันทดสอบความแข็งแรงของหลังคาโดยหากลุ่มที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ชิ้นงาน (Presentation)	นำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการอย่างไรจึงทำให้หลังคาสามารถรับน้ำหนักของน้ำฝนได้ **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - นักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่	ทดสอบแล้วหลังคาไม่พังลงมาหรือพังเป็นกลุ่มสุดท้าย แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการอย่างไรจึงทำให้หลังคาสามารถรับน้ำหนักของน้ำฝนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรมที่ 5 ไม้กวาดชวนคิด **เวลา** 2 ชั่วโมง

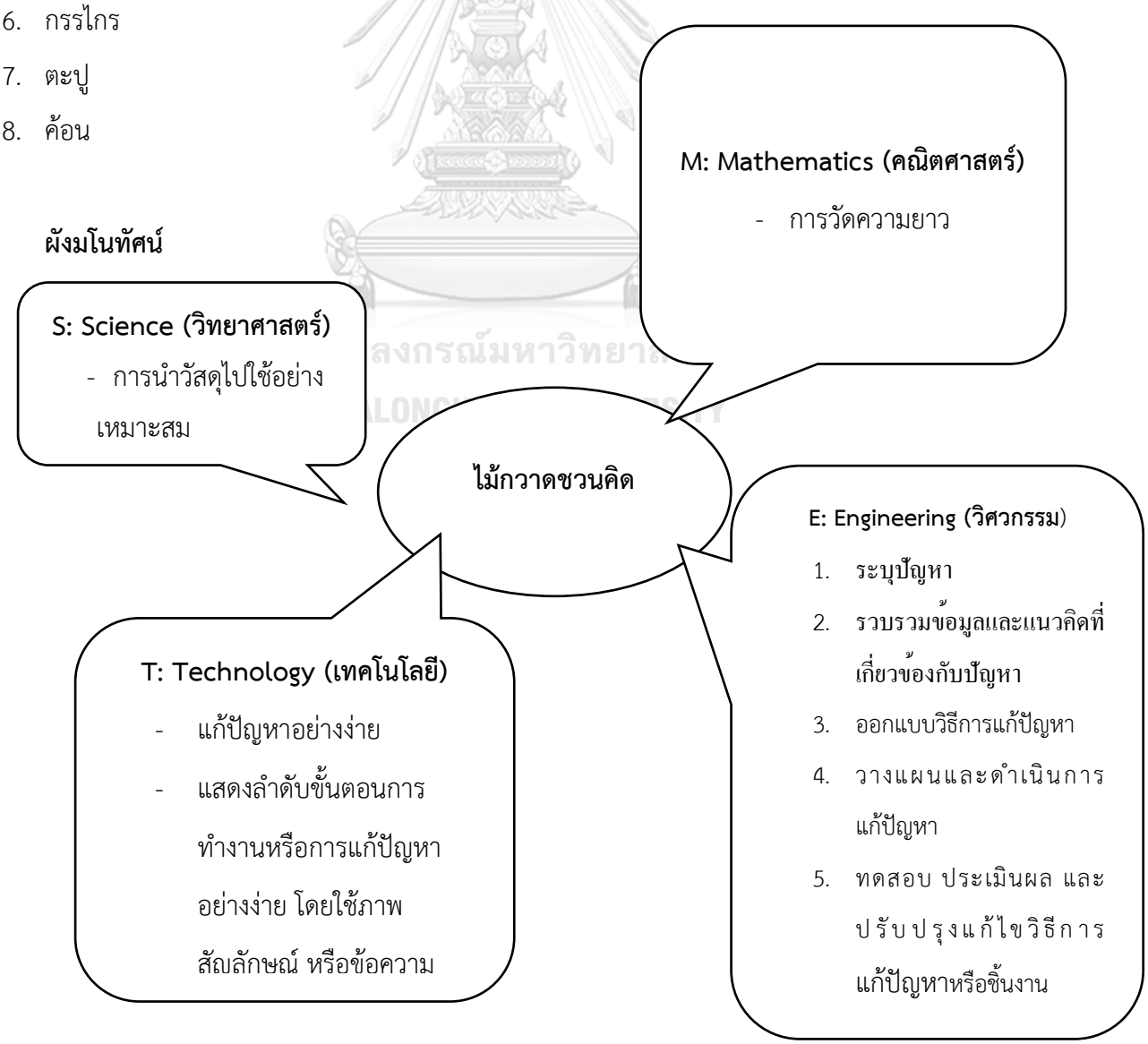
วัตถุประสงค์ 1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้

สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. เชือกฟาง
2. ขวดน้ำอัดลมขนาด 1.5 ลิตร
3. ถุงพลาสติก
4. ด้ามไม้กวาดเก่า
5. ลวด
6. กรรไกร
7. ตะปู
8. ค้อน

ผังมโนทัศน์



ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นระบุปัญหา **(Problem Identification)**	1. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - ไม้กวาดดอกหญ้าที่เราใช้กันในห้องเรียนนั้นมีความทนทานหรือไม่ เพราะเหตุใด - ทำไมไม้กวาดดอกหญ้าเมื่อใช้ไปนาน ๆ แล้ว ดอกหญ้าหลุดร่วง - นักเรียนคิดว่าวัสดุอื่นสามารถนำมาทำไม้กวาดได้หรือไม่ - นักเรียนจะทำไม้กวาดอย่างไรให้มีความทนทาน และสามารถกวาดขยะในห้องเรียนได้อย่างรวดเร็ว 2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน - ครูถามคำถามว่านักเรียนจะมีวิธีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มกันอย่างไร 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบไม้กวาดให้มีความทนทาน และสามารถกวาดขยะในห้องเรียนได้อย่างรวดเร็ว **เทคนิคการใช้คำถาม** **5W1H** - ปัญหานี้คืออะไร(What) - ปัญหานี้เกิดขึ้นที่ไหน (Where) - ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อใด (When) - ทำไมจึงเกิดปัญหานี้(Why)	1. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - ไม้กวาดดอกหญ้าที่เราใช้กันในห้องเรียนนั้นมีความทนทานหรือไม่ เพราะเหตุใด - ทำไมไม้กวาดดอกหญ้าเมื่อใช้ไปนาน ๆ แล้ว ดอกหญ้าหลุดร่วง - นักเรียนคิดว่าวัสดุอื่นสามารถนำมาทำไม้กวาดได้หรือไม่ - นักเรียนจะทำไม้กวาดอย่างไรให้มีความทนทาน และสามารถกวาดขยะในห้องเรียนได้อย่างรวดเร็ว 2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบไม้กวาดให้มีความทนทาน และสามารถกวาดขยะในห้องเรียนได้อย่างรวดเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- ปัญหานี้เกิดขึ้นกับใคร (Who) - ปัญหานี้มีลักษณะอย่างไร (How)	
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	4. ครูถามคำถามว่า หากนักเรียนต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับการทำไม้กวาดควรหาจากแหล่งใด และสามารถถามใครได้บ้างภายในโรงเรียน 5. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล **เทคนิคการตั้งคำถาม ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - เคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ - หากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร - นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้ มีความคุ้มค่า และมีข้อดี ข้อเสียอย่างไร	4. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล
ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	6. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรมตามหัวข้อในใบกิจกรรม และครูถามคำถามดังนี้ - นักเรียนคิดว่าไม้กวาดที่ทนทานและทำความสะอาด	5. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	ได้ดีควรมีลักษณะอย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การผนวกรวม (Combine)** - นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น - นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดที่เมื่อนำมารวมกันแล้วสามารถช่วยให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น **การดัดแปลง (Modify)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง	
ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	7. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากวัสดุที่กำหนดให้ คือ เชือกฟาง ขวดน้ำอัดลมขนาด 1.5 ลิตร ถุงพลาสติก ด้ามไม้กวาดเก่า ลวด ตะปู และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาทำไม้กวาด - นักเรียนทำไม้กวาดให้มีความทนทานและสามารถกวาดขยะในห้องเรียนได้อย่างรวดเร็ว 8. ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่า เชือกฟาง ขวดน้ำอัดลม และถุงพลาสติก มีความแตกต่างกันอย่างไร	6. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากวัสดุที่กำหนดให้ คือ เชือกฟาง ขวดน้ำอัดลมขนาด 1.5 ลิตร ถุงพลาสติก ด้ามไม้กวาดเก่า ลวด ตะปู และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาทำไม้กวาด - นักเรียนทำไม้กวาดให้มีความทนทาน และสามารถกวาดขยะในห้องเรียนได้อย่างรวดเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- นักเรียนคิดว่า เชือกฟาง ขวดน้ำอัดลม และถุงพลาสติก จะสามารถทำเป็นไม้กวาดได้อย่างไร - นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุใดในการทำไม้กวาดให้สามารถทำความสะอาดได้จริงและทนทาน **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการลำดับการทำงานใหม่ - นักเรียนคิดว่าเราสามารถเปลี่ยนลำดับขั้นตอนในการทำงานได้หรือไม่ - นักเรียนจะจัดลำดับการทำงานอย่างไรให้ได้ชิ้นงานที่ดียิ่งขึ้น **การแทนที่ (Substitute** - นักเรียนคิดว่าจะสามารถหาสิ่งใดมาแทนที่หรือสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่	
ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement)	9. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมทำไม้กวาดโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยครูคอยถามคำถามแต่ละกลุ่มว่า - นักเรียนพบปัญหาอะไรจากการทำไม้กวาดหรือไม - หากพบนักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหานั้นเกิดจากอะไร - นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานั้นอย่างไร	7. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมทำไม้กวาดโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีทำไม้กวาดให้มีความทนทาน และสามารถกวาดขยะในห้องเรียนได้อย่างรวดเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	10. ครูให้นักเรียน ทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีทำไม้กวาดให้มีความทนทาน **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** - กระบวนการใดที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นได้ **การขยาย/เพิ่ม (Magnify)** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มขนาดของชิ้นงานนี้ให้ใหญ่ขึ้น - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มวัสดุของชิ้นงานนี้ให้มากขึ้น - หากนักเรียนเพิ่มขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่ **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดขนาดของชิ้นงานนี้ให้เล็กลง - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดจำนวนวัสดุของชิ้นงานนี้ให้น้อยลง - หากนักเรียนลดขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่	

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	11. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันกวาดกองขยะให้สะอาดและรวดเร็วที่สุด โดยที่ไม้กวาดไม่พัง แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการทำไม้กวาดหรือเลือกใช้วัสดุใดให้ไม้กวาดมีความทนทาน สามารถใช้ทำความสะอาดได้อย่างรวดเร็ว **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - นักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่	8. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันกวาดกองขยะให้สะอาดและรวดเร็วที่สุดโดยที่ไม้กวาดไม่พัง แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการทำไม้กวาดหรือเลือกใช้วัสดุใดให้ไม้กวาดมีความทนทาน สามารถใช้ทำความสะอาดได้อย่างรวดเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรมที่ 6 Eco car พลังลูกโป่ง **เวลา** 2 ชั่วโมง

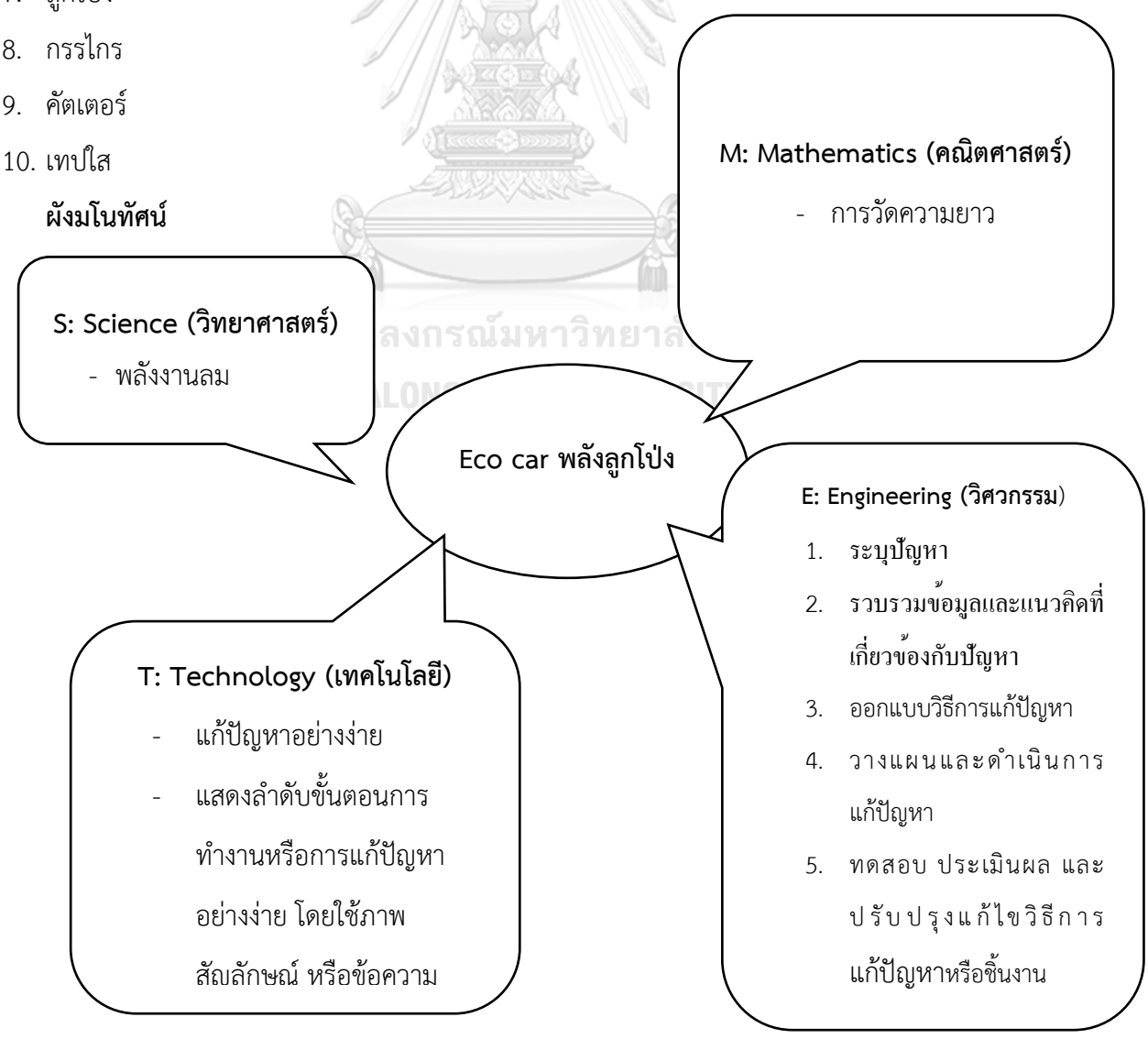
วัตถุประสงค์ 1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้

สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. ขวดพลาสติกขนาด 300 มิลลิลิตร
2. ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร
3. ฝาขวด
4. หลอด
5. ไม้เสียบลูกชิ้น
6. ตะเกียบ
7. ลูกโป่ง
8. กรรไกร
9. คัตเตอร์
10. เทปใส

ผังมโนทัศน์



ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)	1. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่าลมมาจากไหน เกิดจากอะไร - ลมมีประโยชน์อย่างไรบ้าง และมีข้อเสียอย่างไร - ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างการเล่นของนักเรียนที่ต้องใช้ลม (เป่ากบ, เป่ารถแข่งกระดาษ) - ถ้านักเรียนจะออกแบบรถแข่ง ให้สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยลม นักเรียนคิดว่าจะออกแบบอย่างไร โดยที่ไม่ต้องใช่ปากเป่าลมให้รถเคลื่อนที่ - และนักเรียนจะออกแบบรถแข่งอย่างไร ให้เคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด 2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน - ครูถามคำถามว่านักเรียนจะมีวิธีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มกันอย่างไร 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาออกแบบรถแข่งโดยใช้ขวดน้ำอย่างไร ให้รถแล่นได้ไกลและเร็วที่สุด **เทคนิคการใช้คำถาม** **5W1H** - ปัญหานี้คืออะไร(What) - ปัญหานี้เกิดขึ้นที่ไหน (Where)	1. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - ถ้านักเรียนจะออกแบบรถแข่ง ให้สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยลม นักเรียนคิดว่าจะออกแบบอย่างไร โดยที่ไม่ต้องใช่ปากเป่าลมให้รถเคลื่อนที่ - และนักเรียนจะออกแบบรถแข่งอย่างไร ให้เคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด 2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบรถแข่งโดยใช้ขวดน้ำอย่างไร ให้รถแล่นได้ไกลและเร็วที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อใด (When) - ทำไมจึงเกิดปัญหานี้(Why) - ปัญหานี้เกิดขึ้นกับใคร (Who) - ปัญหานี้มีลักษณะอย่างไร (How)	
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	4. ครูถามคำถามว่า หากนักเรียนต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับการทำรถแข่งประดิษฐ์ควรหาจากแหล่งใด และสามารถถามใครได้บ้างภายในโรงเรียน 5. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล **เทคนิคการตั้งคำถาม ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - เคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ - หากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร - นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้ มีความคุ้มค่า และมีข้อดี ข้อเสียอย่างไร	4. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	6. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรมและครูถามคำถามดังนี้ - นักเรียนคิดว่ารถแข่งที่แล่นได้เร็วควรมีลักษณะอย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การผนวกรวม (Combine)** - นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น - นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดที่เมื่อนำมารวมกันแล้วสามารถช่วยให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น **การดัดแปลง (Modify)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง	5. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	7. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากการเลือกใช้วัสดุที่กำหนดให้ คือ ขวดพลาสติกขนาด 300 มิลลิลิตร ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร ฝาขวด หลอด ไม้เสียบลูกชิ้น ตะเกียบ ลูกโป่ง และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาทำ	6. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากการเลือกใช้วัสดุที่กำหนดให้ คือ ขวดพลาสติกขนาด 300 มิลลิลิตร ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร ฝาขวด หลอด ไม้เสียบลูกชิ้น ตะเกียบ ลูกโป่ง และการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement)	9. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมทำรถแข่งโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยครูคอยถามคำถามแต่ละกลุ่มว่า - นักเรียนพบปัญหาอะไรจากการออกแบบรถแข่งหรือไม - หากพบปัญหา นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหานั้นเกิดจากอะไร - นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานั้นอย่างไร 10. ครูให้นักเรียนทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีที่ทำให้รถแข่งสามารถแล่นได้ไกลและเร็วที่สุด **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** - กระบวนการใดที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นได้ **การขยาย/เพิ่ม (Magnify)** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มขนาดของชิ้นงานนี้ให้ใหญ่ขึ้น - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มวัสดุของชิ้นงานนี้ให้มากขึ้น - หากนักเรียนเพิ่มขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดี	7. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมทำรถแข่งโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีที่ทำให้รถแข่งสามารถแล่นได้ไกลและเร็วที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- ขึ้นหรือไม่ **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดขนาดของชิ้นงานนี้ให้เล็กลง - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดจำนวนวัสดุของชิ้นงานนี้ให้น้อยลง - หากนักเรียนลดขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่	
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	11. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งรถแข่งขวดน้ำ ให้สามารถแล่นได้เร็วและไกลที่สุด แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการทำรถแข่งอย่างไร หรือปล่อยตัวรถอย่างไรให้รถสามารถแล่นได้เร็วและไกลที่สุด **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - นักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่	8. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งรถแข่งขวดน้ำ ให้สามารถแล่นได้เร็วและไกลที่สุด แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการทำรถแข่งอย่างไร หรือปล่อยตัวรถอย่างไรให้รถสามารถแล่นได้เร็วและไกลที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรมที่ 7 เสากระดาษจอมพลัง **เวลา** 2 ชั่วโมง

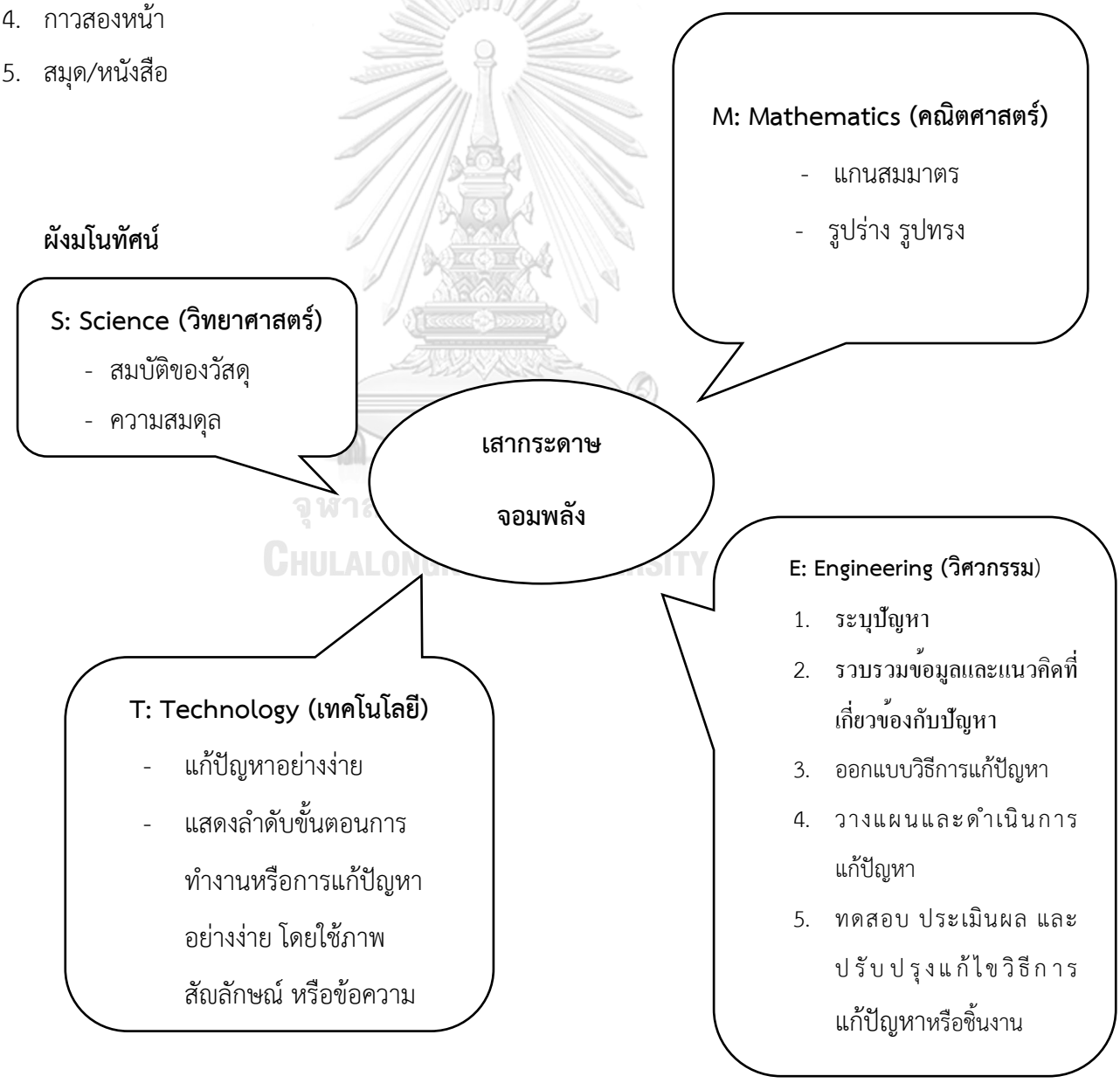
วัตถุประสงค์ 1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้

สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. กระดาษ A4
2. กาว
3. เทปใส
4. กาวสองหน้า
5. สมุด/หนังสือ

ผังมโนทัศน์



ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)	1 ครูเปิดวีดิทัศน์แผ่นดินไหวที่ประเทศญี่ปุ่นให้นักเรียนดู 2 ครูอธิบายเกี่ยวกับการออกแบบบ้านของชาวญี่ปุ่นว่า บ้านเรือนของคนญี่ปุ่นจะสร้างด้วยกระดาษหรือไม้เพื่อรองรับการถล่มเมื่อเกิดแผ่นดินไหว 1. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - หากนักเรียนจะสร้างบ้านตามแบบชาวญี่ปุ่น นักเรียนจะออกแบบเสาบ้านอย่างไร - เสาบ้านที่นักเรียนสร้างจะต้องรองรับน้ำหนักของสิ่งใดบ้าง - นักเรียนจะทำอย่างไรให้เสาบ้านของนักเรียนรับน้ำหนักได้มากที่สุด 4. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน - ครูถามคำถามว่านักเรียนจะมีวิธีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มกันอย่างไร 5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาออกแบบเสาบ้านโดยใช้กระดาษอย่างไร ให้รับน้ำหนักของหลังคาและหิมะ (สมุด/หนังสือ) ให้ได้มากที่สุด **เทคนิคการใช้คำถาม** **5W1H** - ปัญหานี้คืออะไร(What) - ปัญหานี้เกิดขึ้นที่ไหน (Where)	1. ครูเปิดวีดิทัศน์แผ่นดินไหวที่ประเทศญี่ปุ่นให้นักเรียนดู 3 ครูอธิบายเกี่ยวกับการออกแบบบ้านของชาวญี่ปุ่นว่า บ้านเรือนของคนญี่ปุ่นจะสร้างด้วยกระดาษหรือไม้เพื่อรองรับการถล่มเมื่อเกิดแผ่นดินไหว 2. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - นักเรียนจะทำอย่างไรให้เสาบ้านของนักเรียนรับน้ำหนักได้มากที่สุด 4. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน 5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบเสาบ้านโดยใช้กระดาษอย่างไร ให้รับน้ำหนักของหลังคาและหิมะ (สมุด/หนังสือ) ให้ได้มากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อใด (When) - ทำไมจึงเกิดปัญหานี้(Why) - ปัญหานี้เกิดขึ้นกับใคร (Who) - ปัญหานี้มีลักษณะอย่างไร (How)	
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	6. ครูถามคำถามว่า หากนักเรียนต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเสาบ้านควรหาจากแหล่งใด และสามารถถามใครได้บ้างภายในโรงเรียน 7. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - เคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ - หากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร - นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้ มีความคุ้มค่า และมีข้อดี ข้อเสียอย่างไร -	6. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	8. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรมตามหัวข้อในใบกิจกรรม และครูถามคำถามดังนี้ - นักเรียนคิดว่าเสาที่รองรับน้ำหนักได้ดีและแข็งแรงควรมีลักษณะอย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การผนวกรวม (Combine)** - นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น - นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดที่เมื่อนำมารวมกันแล้วสามารถช่วยให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น **การดัดแปลง (Modify)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง	7. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรมตามหัวข้อในใบกิจกรรม
ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	9. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากการเลือกใช้วัสดุที่กำหนดให้ คือ กระดาษ A4 กาว กาวสองหน้า เทปใส และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาทำเสาบ้าน	8. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากการเลือกใช้วัสดุที่กำหนดให้ คือ กระดาษ A4 กาว กาวสองหน้า เทปใส และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- นักเรียนออกแบบเสาบ้านให้สามารถรับน้ำหนังหลังคาและหิมะให้ได้มากที่สุด (สมุด/หนังสือ) 10. ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่า กระดาษ A4 มีความแข็งแรงหรือไม่ - นักเรียนคิดว่า จะทำอย่างไรให้กระดาษ A4 มีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักของสมุด/หนังสือได้ **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการลำดับการทำงานใหม่ - นักเรียนคิดว่าเราสามารถเปลี่ยนลำดับขั้นตอนในการทำงานได้หรือไม่ - นักเรียนจะจัดลำดับการทำงานอย่างไรให้ได้ชิ้นงานที่ดียิ่งขึ้น **การแทนที่ (Substitute** - นักเรียนคิดว่าจะสามารถหาสิ่งใดมาแทนที่หรือสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่	- นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาทำเสาบ้าน - นักเรียนออกแบบเสาบ้านให้สามารถรับน้ำหนังหลังคาและหิมะให้ได้มากที่สุด (สมุด/หนังสือ)
ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement)	11. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมทำเสาบ้านโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยครูคอยถามคำถามแต่ละกลุ่มว่า - นักเรียนพบปัญหาอะไรจากการออกแบบเสาหรือ	9. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมทำเสาบ้านโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทำไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	ไม - หากพบปัญหา นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหานั้นเกิดจากอะไร - นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานั้นอย่างไร 12. ครูให้นักเรียนทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีที่ทำให้เสาบ้านสามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุด **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** - กระบวนการใดที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นได้ **การขยาย/เพิ่ม (Magnify)** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มขนาดของชิ้นงานนี้ให้ใหญ่ขึ้น - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มวัสดุของชิ้นงานนี้ให้มากขึ้น - หากนักเรียนเพิ่มขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่ **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดขนาดของชิ้นงานนี้ให้เล็กลง - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดจำนวนวัสดุ	เรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีที่ทำให้เสาบ้านสามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- ของชิ้นงานนี้ให้น้อยลง - หากนักเรียนลดขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่	
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	13. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งความแข่งแรงในการรับน้ำหนักของเสาบ้าน โดยการวางสมุดหรือหนังสือลงบนเสาบ้านให้ได้มากที่สุด โดยที่เสาบ้านไม่เอียงหรือล้มลงมา แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการออกแบบเสาบ้านอย่างไรให้สามารถรับน้ำหนักได้มาก หรือมีวิธีการวางหลังคาหรือหิมะ (สมุดหรือหนังสือ) อย่างไรให้เสาบ้านไม่โค่นลงมา **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - นักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่	10. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งความแข่งแรงในการรับน้ำหนักของเสาบ้าน โดยการวางสมุดหรือหนังสือลงบนเสาบ้านให้ได้มากที่สุด โดยที่เสาบ้านไม่เอียงหรือล้มลงมา แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการออกแบบเสาบ้านอย่างไรให้สามารถรับน้ำหนักได้มาก หรือมีวิธีการวางหลังคาหรือหิมะ (สมุดหรือหนังสือ) อย่างไรให้เสาบ้านไม่โค่นลงมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรมที่ 8 ปืนขวดตำรวจไม่จับ **เวลา** 2 ชั่วโมง

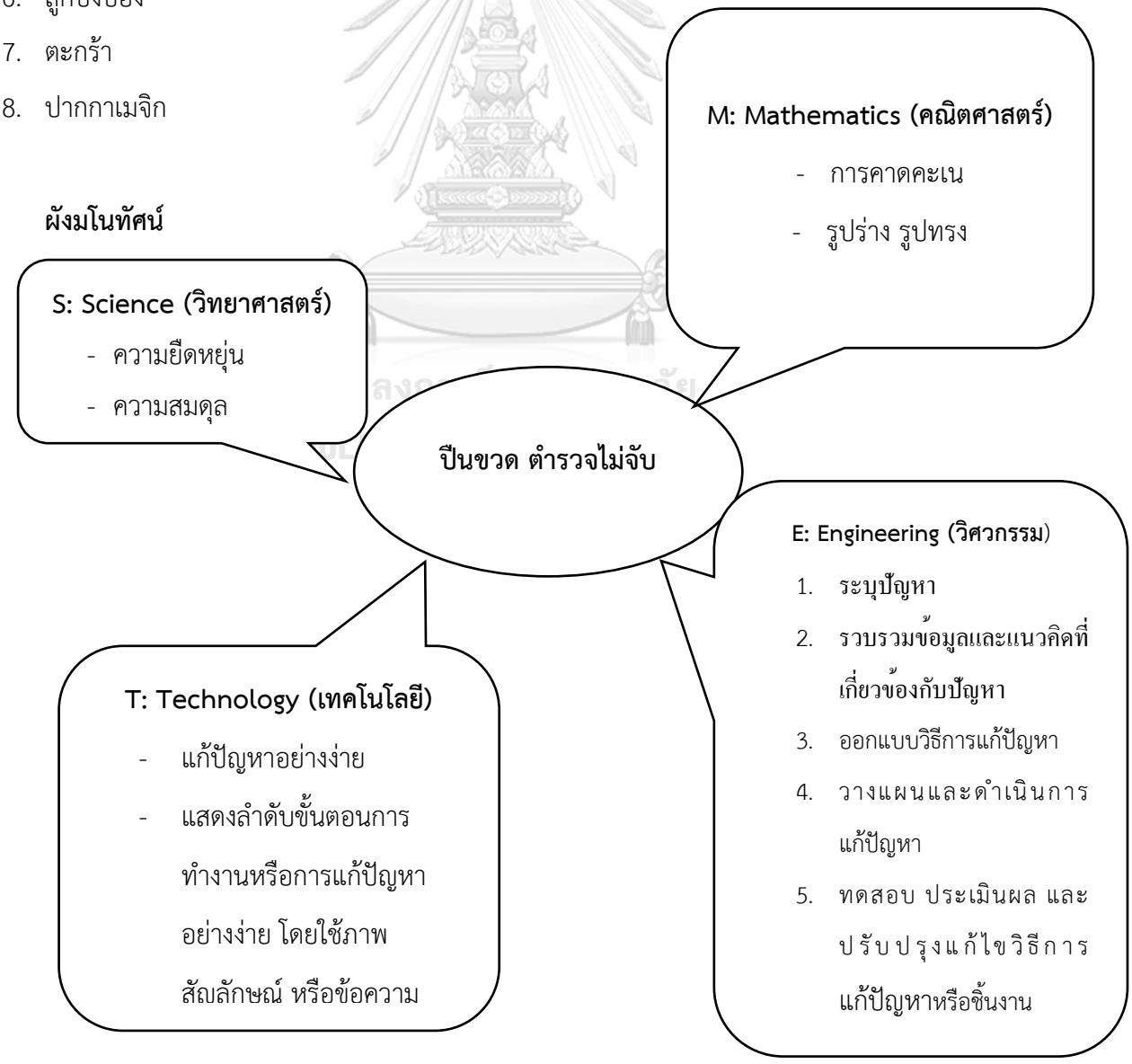
วัตถุประสงค์ 1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้

สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. ขวดน้ำพลาสติกขนาด 300 มิลลิลิตร
2. หนังยาง
3. เชือก
4. ตะปู
5. เหล็กแหลม
6. ลูกปิงปอง
7. ตะกร้า
8. ปากกาเมจิก

ผังมโนทัศน์



ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)	1. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่าปืนสามารถยิงกระสุนออกมาได้อย่างไร - จะทำอย่างไรให้กระสุนที่ยิงออกมาไปในทิศทางที่นักเรียนต้องการ - นักเรียนจะทำปืนจากขวดน้ำพลาสติกอย่างไร ให้สามารถยิงได้จริง 2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน - ครูถามคำถามว่านักเรียนจะมีวิธีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มกันอย่างไร 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาประดิษฐ์ปืนโดยใช้ขวดพลาสติกอย่างไรให้สามารถยิงกระสุน (ลูกปิงปอง) ได้จริง **เทคนิคการใช้คำถาม 5W1H** - ปัญหานี้คืออะไร(What) - ปัญหานี้เกิดขึ้นที่ไหน (Where) - ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อใด (When) - ทำไมจึงเกิดปัญหานี้(Why) - ปัญหานี้เกิดขึ้นกับใคร (Who) - ปัญหานี้มีลักษณะอย่างไร (How)	1. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่าปืนสามารถยิงกระสุนออกมาได้อย่างไร - จะทำอย่างไรให้กระสุนที่ยิงออกมา ไปในทิศทางที่นักเรียนต้องการ - นักเรียนจะทำปืนจากขวดน้ำพลาสติกอย่างไร ให้สามารถยิงได้จริง 2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา ประดิษฐ์ปืนโดยใช้ขวดพลาสติกอย่างไร ให้สามารถยิงกระสุน (ลูกปิงปอง) ได้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	5. ครูถามคำถามว่า หากนักเรียนต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับการทำปืนขวดน้ำควรหาจากแหล่งใด และสามารถถามใครได้บ้างภายในโรงเรียน 6. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - เคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ - หากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร - นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้ มีความคุ้มค่า และมีข้อดี ข้อเสียอย่างไร	4. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล
ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	7. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรม และครูถามคำถามดังนี้	5. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- นักเรียนคิดว่าปืนที่สามารถยิงกระสุนได้ตามทิศทางที่ต้องการควรมีลักษณะอย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การผนวกรวม (Combine)** - นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น - นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดที่เมื่อนำมารวมกันแล้วสามารถช่วยให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น **การดัดแปลง (Modify)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง	ใบกิจกรรม
ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	8. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากการเลือกใช้วัสดุที่กำหนดให้ คือ ขวดน้ำพลาสติก หนังยาง เชือก และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาประดิษฐ์ปืน - นักเรียนประดิษฐ์ปืนให้สามารถยิงกระสุน (ลูกปิงปอง) ออกมาได้จริงและสามารถบังคับความเร็วและความแรงของกระสุนได้	6. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากการเลือกใช้วัสดุที่กำหนดให้ คือ ขวดน้ำพลาสติก หนังยาง เชือก และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาประดิษฐ์ปืน - นักเรียนประดิษฐ์ปืนให้สามารถยิงกระสุน (ลูกปิงปอง) ออกมาได้จริงและสามารถบังคับความเร็วและความแรงของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	9. ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่า ควรออกแบบให้ขวดน้ำพลาสติกจะส่วนใดของปืน - นักเรียนคิดว่า หนังยางและเชือกมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันอย่างไร และจะมีส่วนช่วยให้ปืนมีแรงยิงได้อย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการลำดับการทำงานใหม่ - นักเรียนคิดว่าเราสามารถเปลี่ยนลำดับขั้นตอนในการทำงานได้หรือไม่ - นักเรียนจะจัดลำดับการทำงานอย่างไรให้ได้ชิ้นงานที่ดียิ่งขึ้น **การแทนที่ (Substitute** - นักเรียนคิดว่าจะสามารถหาสิ่งใดมาแทนที่หรือสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่	กระสุนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement)	10. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมประดิษฐ์ปืนโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานโดยครูคอยถามคำถามแต่ละกลุ่มว่า - นักเรียนพบปัญหาอะไรจากการออกแบบปืนหรือไม่ - หากพบปัญหานักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหานั้นเกิดจากอะไร - นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานั้นอย่างไร 11. ครูให้นักเรียนทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีที่ทำให้ปืนสามารถยิงกระสุน (ลูกปิงปอง) ออกมาได้จริงและสามารถบังคับความเร็วและความแรงของกระสุนได้ **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** - กระบวนการใดที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นได้ **การขยาย/เพิ่ม (Magnify)** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มขนาดของชิ้นงานนี้ให้ใหญ่ขึ้น - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มวัสดุของชิ้นงานนี้ให้มากขึ้น	7. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมประดิษฐ์ปืนโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีที่ทำให้ปืนสามารถยิงกระสุน (ลูกปิงปอง) ออกมาได้จริงและสามารถบังคับความเร็วและความแรงของกระสุนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- หากนักเรียนเพิ่มขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่ **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดขนาดของชิ้นงานนี้ให้เล็กลง - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดจำนวนวัสดุของชิ้นงานนี้ให้น้อยลง - หากนักเรียนลดขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่	
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	12. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันยิงปืนขวดน้ำ โดยกำหนดให้ยิงกลุ่มละ 10 ลูก และยิงให้ลูกปิงปองตกลงตะกร้าในจุดที่กำหนดไว้ให้ได้มากที่สุด แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการออกแบบปืนอย่างไรให้สามารถยิงกระสุนได้ ใช้วิธีใดในการควบคุมแรงของกระสุนและกำหนดทิศทางของกระสุนอย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - นักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่	8. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันยิงปืนขวดน้ำ โดยกำหนดให้ยิงกลุ่มละ 10 ลูก และยิงให้ลูกปิงปองตกลงตะกร้าในจุดที่กำหนดไว้ให้ได้มากที่สุด แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการออกแบบปืนอย่างไรให้สามารถยิงกระสุนได้ ใช้วิธีใดในการควบคุมแรงของกระสุนและกำหนดทิศทางของกระสุนอย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรมที่ 9 นาวาฝ่าวิกฤต **เวลา** 2 ชั่วโมง

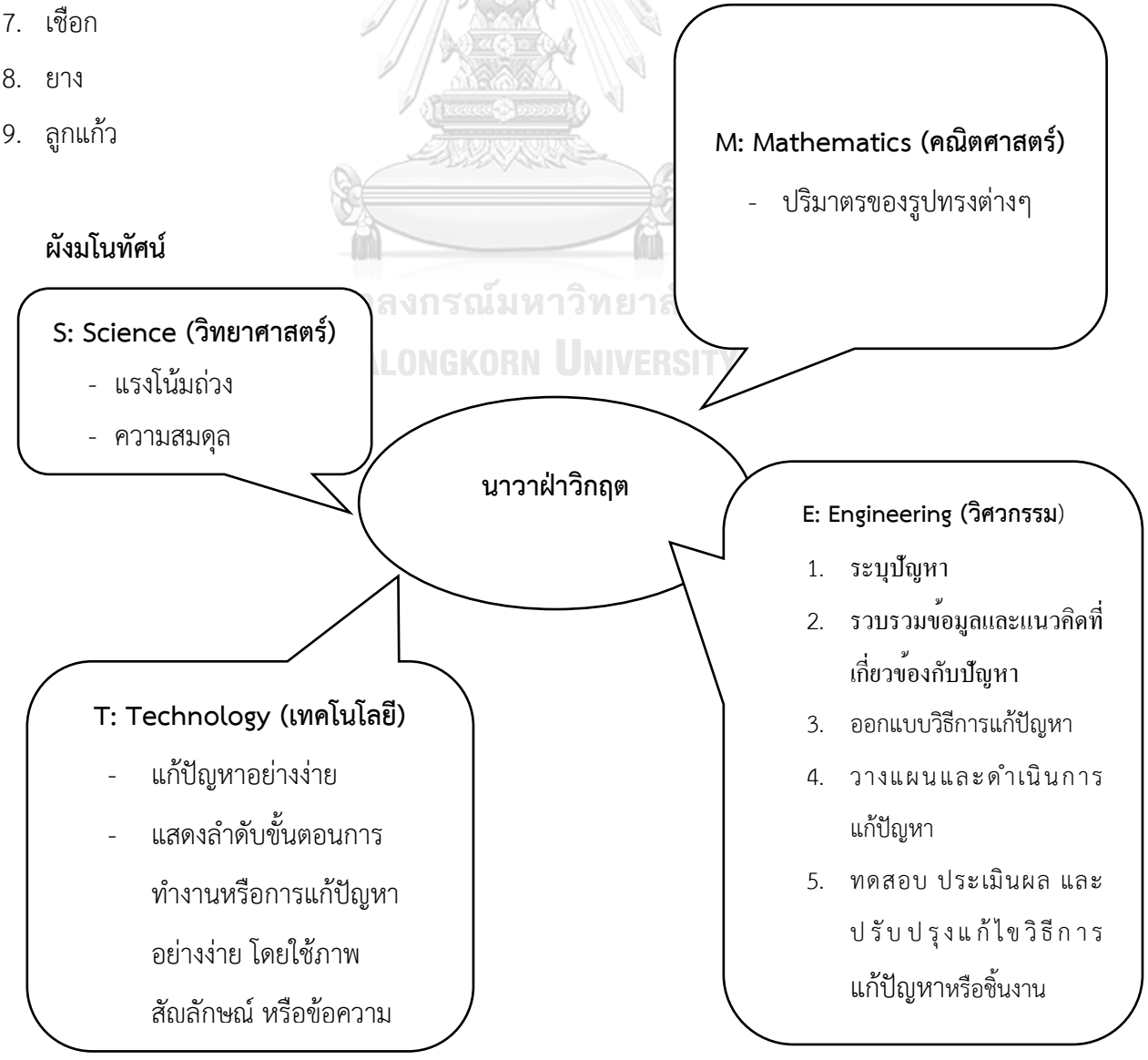
วัตถุประสงค์ 1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้

สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. ดินน้ำมัน
2. ไม้ไอศกรีม
3. หลอด
4. ขวดน้ำ
5. เทปกาว
6. กรรไกร
7. เชือก
8. ยาง
9. ลูกแก้ว

ผังมโนทัศน์



ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)	1 ครูแสดงภาพเรือชนิดต่างๆ และแพแบบต่างๆที่สามารถลอยน้ำได้ให้นักเรียนดู 2. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่าเรือที่นักเรียนเห็น มีลักษณะอย่างไร - เรือแต่ละประเภทมีรูปร่างคล้ายกันหรือต่างกันอย่างไร - นักเรียนคิดว่าเหตุใดที่ทำให้เรือสามารถลอยอยู่บนน้ำได้ - และเหตุใดที่ทำให้เรือสามารถรับน้ำหนักของคนหรือสิ่งของได้ - หากนักเรียนจะสร้างเรือ นักเรียนจะสร้างเรือที่มีลักษณะแบบใด 3. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน - ครูถามคำถามว่านักเรียนจะมีวิธีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มกันอย่างไร 4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบเรือให้สามารถลอยน้ำได้ และรับน้ำหนักได้โดยที่ไม่จม **เทคนิคการใช้คำถาม** **5W1H** - ปัญหานี้คืออะไร(What)	1. ครูแสดงภาพเรือชนิดต่างๆ และแพแบบต่างๆที่สามารถลอยน้ำได้ให้นักเรียนดู 2. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่าเรือที่นักเรียนเห็น มีลักษณะอย่างไร - เรือแต่ละประเภทมีรูปร่างคล้ายกันหรือต่างกันอย่างไร - นักเรียนคิดว่าเหตุใดที่ทำให้เรือสามารถลอยอยู่บนน้ำได้ - และเหตุใดที่ทำให้เรือสามารถรับน้ำหนักของคนหรือสิ่งของได้ - หากนักเรียนจะสร้างเรือ นักเรียนจะสร้างเรือที่มีลักษณะแบบใด 3. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน 4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบเรือให้สามารถลอยน้ำได้ และรับน้ำหนักได้โดยที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- ปัญหานี้เกิดขึ้นที่ไหน (Where) - ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อใด (When) - ทำไมจึงเกิดปัญหานี้(Why) - ปัญหานี้เกิดขึ้นกับใคร (Who) - ปัญหานี้มีลักษณะอย่างไร (How)	ไม่จม
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	5. ครูถามคำถามว่า หากนักเรียนต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับเรือควรหาจากแหล่งใด และสามารถถามใครได้บ้าง ภายในโรงเรียน 6. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล **เทคนิคการตั้งคำถาม ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - เคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ - หากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร - นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้ มีความคุ้มค่า และมีข้อดี ข้อเสียอย่างไร	5. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	7. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรมตามหัวข้อในใบกิจกรรม และครูถามคำถามดังนี้ - นักเรียนคิดว่าเรือที่ลอยน้ำได้ รับน้ำหนักได้โดยไม่จมควรมีลักษณะอย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การผนวกรวม (Combine)** - นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น - นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดที่เมื่อนำมารวมกันแล้วสามารถช่วยให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น **การดัดแปลง (Modify)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง	6. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรมตามหัวข้อในใบกิจกรรม
ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	8. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากการเลือกใช้วัสดุที่กำหนดให้ คือ ดินน้ำมัน ไม้ไอศกรีม หลอด ขวดน้ำ เชือก ยาง และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาออกแบบเรือ	7. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากการเลือกใช้วัสดุที่กำหนดให้ คือ ดินน้ำมัน ไม้ไอศกรีม หลอด ขวดน้ำ เชือก ยาง และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- นักเรียนออกแบบเรือให้สามารถลอยน้ำได้ และรับน้ำหนักได้โดยที่ไม่จม 9. ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่า ดินน้ำมันจะลอยน้ำได้หรือไม่ - นักเรียนจะมีวิธีอย่างไรในการทำให้ดินน้ำมันลอยน้ำได้ และรับน้ำหนักได้ - วัสดุที่เหลือนั้นจะมีส่วนช่วยในการลอยน้ำของดินน้ำมันได้หรือไม่ อย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการลำดับการทำงานใหม่ - นักเรียนคิดว่าเราสามารถเปลี่ยนลำดับขั้นตอนในการทำงานได้หรือไม่ - นักเรียนจะจัดลำดับการทำงานอย่างไรให้ได้ชิ้นงานที่ดียิ่งขึ้น **การแทนที่ (Substitute** - นักเรียนคิดว่าจะสามารถหาสิ่งใดมาแทนที่หรือสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่	- นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาออกแบบเรือ - นักเรียนออกแบบเรือให้สามารถลอยน้ำได้ และรับน้ำหนักได้โดยที่ไม่จม
ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation	10. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมออกแบบเรือโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยครูคอยถามคำถามแต่ละกลุ่มว่า	8. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมออกแบบเรือโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
and Design Improvement)	- นักเรียนพบปัญหาอะไรจากการออกแบบเรือหรือไม่ - หากพบปัญหา นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหานั้นเกิดจากอะไร - นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานั้นอย่างไร 11. ครูให้นักเรียนทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีที่ทำให้เรือสามารถลอยน้ำได้ และรับน้ำหนักได้โดยที่ไม่จม **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** - กระบวนการใดที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นได้ **การขยาย/เพิ่ม (Magnify)** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มขนาดของชิ้นงานนี้ให้ใหญ่ขึ้น - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มวัสดุของชิ้นงานนี้ให้มากขึ้น - หากนักเรียนเพิ่มขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่ **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดขนาดของชิ้นงานนี้ให้เล็กลง	แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีที่ทำให้เรือสามารถลอยน้ำได้ และรับน้ำหนักได้โดยที่ไม่จม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดจำนวนวัสดุของชิ้นงานนี้ให้น้อยลง - หากนักเรียนลดขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่	
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	12. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันทดสอบการรับน้ำหนักของเรือ โดยวางลูกแก้วลงบนเรือกลุ่มละ 30 ลูก โดยที่เรือไม่จมและลูกแก้วไม่หล่นลงไปในน้ำ แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการออกแบบเรืออย่างไรให้สามารถลอยน้ำได้ และสามารถรับน้ำหนักได้โดยที่ไม่จม **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - นักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่	9. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งกันทดสอบการรับน้ำหนักของเรือ โดยวางลูกแก้วลงบนเรือกลุ่มละ 30 ลูก โดยที่เรือไม่จมและลูกแก้วไม่หล่นลงไปในน้ำ แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการออกแบบเรืออย่างไรให้สามารถลอยน้ำได้ และสามารถรับน้ำหนักได้โดยที่ไม่จม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กิจกรรมที่ 10 ประภาคารอาหารปลา **เวลา** 2 ชั่วโมง

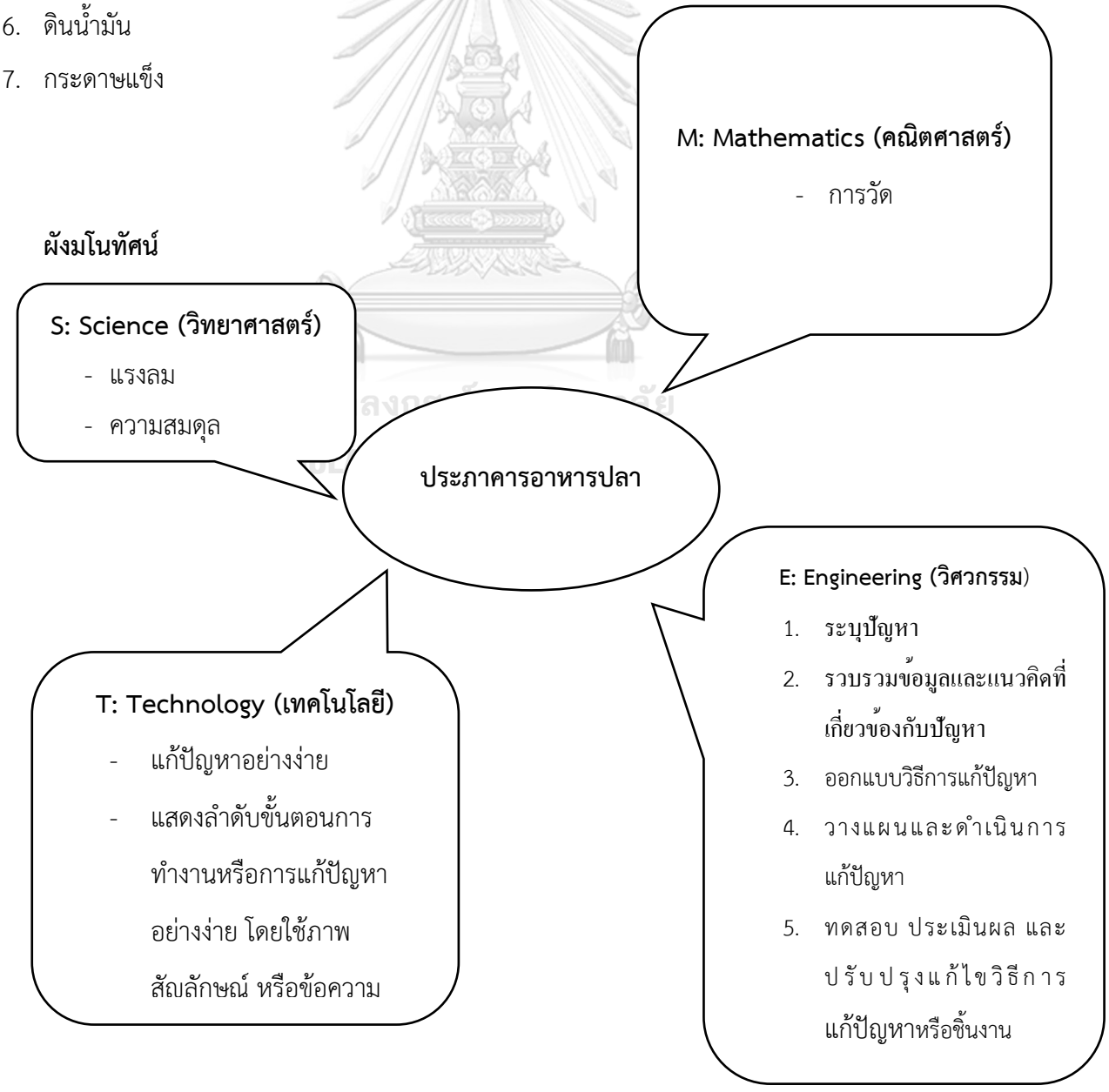
วัตถุประสงค์ 1. นักเรียนรู้ปัญหาและสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้

2. นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้

สื่อ/อุปกรณ์การเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. อาหารปลา(ข้าวโพด)
2. ไม้จิ้มฟัน
3. หลอด
4. กาว
5. น้ำ
6. ดินน้ำมัน
7. กระดาษแข็ง

ผังมโนทัศน์



ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)	1. ครูแสดงภาพประภาคาร ให้นักเรียนดู 2. ครูอธิบายเกี่ยวกับประภาคารว่า ประภาคารเป็นโครงสร้างเพื่อติดตั้งไฟสัญญาณสำหรับบอกตำแหน่ง เพื่อให้เรือที่อยู่ในทะเลทราบว่าตรงนี้คืออะไร โดยกำหนดการกระพริบของไฟ และสีของไฟสัญญาณ 3. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - ประภาคารที่นักเรียนเห็น มีลักษณะอย่างไร - นักเรียนคิดว่าทำไมประภาคารถึงตั้งอยู่ได้ท่ามกลางพายุหรือลมพัดแรง - หากนักเรียนจะสร้างประภาคาร นักเรียนจะออกแบบประภาคารที่มีลักษณะแบบใด 4. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน - ครูถามคำถามว่านักเรียนจะมีวิธีการแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มกันอย่างไร 5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบประภาคารให้สามารถตั้งอยู่ได้ท่ามกลางลมพายุ และมีความสูงมากที่สุด **เทคนิคการใช้คำถาม** **5W1H** - ปัญหานี้คืออะไร(What) - ปัญหานี้เกิดขึ้นที่ไหน (Where)	1. ครูแสดงภาพประภาคาร ให้นักเรียนดู 2. ครูอธิบายเกี่ยวกับประภาคารว่า ประภาคารเป็นโครงสร้างเพื่อติดตั้งไฟสัญญาณสำหรับบอกตำแหน่ง เพื่อให้เรือที่อยู่ในทะเลทราบว่าตรงนี้คืออะไร โดยกำหนดการกระพริบของไฟ และสีของไฟสัญญาณ 3. ครูถามคำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนดังนี้ - หากนักเรียนจะสร้างประภาคาร นักเรียนจะออกแบบประภาคารที่มีลักษณะแบบใด 4. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 – 6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน 5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหา ออกแบบประภาคารให้สามารถตั้งอยู่ได้ท่ามกลางลมพายุ และมีความสูงมากที่สุด

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อใด (When) - ทำไมจึงเกิดปัญหานี้(Why) - ปัญหานี้เกิดขึ้นกับใคร (Who) - ปัญหานี้มีลักษณะอย่างไร (How)	
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)	6. ครูถามคำถามว่า หากนักเรียนต้องการหาข้อมูลเกี่ยวกับประภาคารควรหาจากแหล่งใด และสามารถถามใครได้บ้างภายในโรงเรียน 7. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - เคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ - หากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร - นักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้มีความเป็นไปได้หรือไม่ - นักเรียนคิดว่าแนวทางที่ได้นี้ มีความคุ้มค่า และมีข้อดี ข้อเสียอย่างไร	6. นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาจากการค้นคว้าข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)	8. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรม และครูถามคำถามดังนี้ - นักเรียนคิดว่าประภาคารที่สูงและแข็งแรงควรมีลักษณะอย่างไร **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การผนวกรวม (Combine)** - นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและทำให้มีประโยชน์ในการใช้งานมากขึ้น - นักเรียนคิดว่าวัสดุชนิดใดที่เมื่อนำมารวมกันแล้วสามารถช่วยให้แก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น **การดัดแปลง (Modify)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการดัดแปลงกระบวนการบางอย่าง	7. นักเรียนร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยวาดภาพและเขียนอธิบายลงในโปสเตอร์นำเสนอกิจกรรม ตามหัวข้อในใบกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)	9. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากการเลือกใช้วัสดุที่กำหนดให้ คือ อาหารปลา(ข้าวโพด) ไม้จิ้มฟัน หลอด กาว น้ำ ดินน้ำมันกระดาษแข็ง และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาสร้างประภาคาร - นักเรียนสร้างประภาคารให้สามารถตั้งอยู่ได้ท่ามกลางลมพายุ และมีความสูงมากที่สุด 10. ครูถามคำถามนักเรียนดังนี้ - นักเรียนคิดว่า อาหารปลา กาว น้ำ ดินน้ำมัน มีความแตกต่างกันอย่างไร - นักเรียนคิดว่า วัสดุชนิดใดที่จะช่วยทำให้ประภาคารอาหารปลาตั้งอยู่ได้ - นักเรียนจะเลือกใช้วัสดุใดในการช่วยให้ประภาคารของนักเรียนแข็งแรงและสูงที่สุด **เทคนิคการตั้งคำถาม** **ตามแนวคิดของออสบอร์น** **การจัดเรียงใหม่ (Rearrange)** - จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ามีการลำดับการทำงานใหม่ - นักเรียนคิดว่าเราสามารถเปลี่ยนลำดับขั้นตอนในการทำงานได้หรือไม่ -	8. นักเรียนร่วมกันอภิปรายวางแผนสร้างชิ้นงาน จากการเลือกใช้วัสดุที่กำหนดให้ คือ อาหารปลา(ข้าวโพด) ไม้จิ้มฟัน หลอด กาว น้ำ ดินน้ำมันกระดาษแข็ง และการสร้างชิ้นงานให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า - นักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้นำมาสร้างประภาคาร - นักเรียนสร้างประภาคารให้สามารถตั้งอยู่ได้ท่ามกลางลมพายุและมีความสูงมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน)	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	- นักเรียนจะจัดลำดับการทำงานอย่างไรให้ได้ชิ้นงานที่ดียิ่งขึ้น **การแทนที่ (Substitute** - นักเรียนคิดว่าจะสามารถหาสิ่งใดมาแทนที่หรือสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้หรือไม่	
ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement)	11. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมออกแบบประภาคารโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานโดยครูคอยถามคำถามแต่ละกลุ่มว่า - นักเรียนพบปัญหาอะไรจากการสร้างประภาคารหรือไมj - หากพบปัญหา นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหานั้นเกิดจากอะไร - นักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหานั้นอย่างไร 12. ครูให้นักเรียน ทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีที่ทำให้ประภาคารสามารถตั้งอยู่ได้ท่ามกลางลมพายุ และมีความสูงมากที่สุด **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การปรับเปลี่ยน (Adapt)** - กระบวนการใดที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ดีขึ้นได้	9. นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมออกแบบประภาคารโดยใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมให้ ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานทำไปเรื่อย ๆ จนค้นพบวิธีที่ทำให้ประภาคารสามารถตั้งอยู่ได้ท่ามกลางลมพายุ และมีความสูงมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	การขยาย/เพิ่ม (Magnify) - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มขนาดของชิ้นงานนี้ให้ใหญ่ขึ้น - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนเพิ่มวัสดุของชิ้นงานนี้ให้มากขึ้น - หากนักเรียนเพิ่มขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่ **การลดลง/ตัดออก (Minify/Eliminate** - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดขนาดของชิ้นงานนี้ให้เล็กลง - จะเกิดอะไรขึ้นหากนักเรียนลดจำนวนวัสดุของชิ้นงานนี้ให้น้อยลง - หากนักเรียนลดขนาดหรือจำนวนของวัสดุที่ใช้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นหรือไม่	
ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	13. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งความสูงของประภาคาร และทดสอบความแข็งแกร่ง ประภาคารของกลุ่มใดสามารถทนต่อลมพายุโดยที่ไม่ล้มลงมา หรือล้มเป็นกลุ่มสุดท้าย แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการออกแบบประภาคารอย่างไรให้ได้ความสูงที่มาก	10. นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแข่งความสูงของประภาคาร และทดสอบความแข็งแกร่ง ประภาคารของกลุ่มใดสามารถทนต่อลมพายุโดยที่ไม่ล้มลงมา หรือล้มเป็นกลุ่มสุดท้าย แล้วให้กลุ่มที่ชนะนำเสนอให้เพื่อนฟังว่า มีวิธีการออกแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา (ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **6 ขั้นตอน)**	**กิจกรรมกลุ่มทดลอง**	**กิจกรรมกลุ่มควบคุม**
	ที่สุด และใช้วิธีใดในการทำให้ประภาคารสามารถทนต่อแรงลมได้ **เทคนิคการตั้งคำถามตามแนวคิดของออสบอร์น** **การนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่น (Put to the other uses)** - นักเรียนสามารถนำความรู้นี้ไปแก้ปัญหาอื่นได้หรือไม่	ประภาคารอย่างไรให้ได้ความสูงที่มากที่สุด และใช้วิธีใดในการทำให้ประภาคารสามารถทนต่อแรงลมได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการทดลองแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 16 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการทดลอง จำนวน 26 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.47	0.49
2	0.43	0.53
3	0.66	0.55
4	0.48	0.48
5	0.49	0.51
6	0.45	0.49
7	0.63	0.55
8	0.71	0.52
9	0.69	0.49
10	0.47	0.57
11	0.45	0.48
12	0.53	0.50
13	0.66	0.54
14	0.48	0.49
15	0.70	0.54
16	0.65	0.50
17	0.47	0.55
18	0.70	0.48
19	0.46	0.53
20	0.52	0.55
21	0.55	0.49
22	0.53	0.51
23	0.61	0.55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 (ต่อ) ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการทดลอง จำนวน 26 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
24	0.68	0.51
25	0.65	0.48
26	0.59	0.53

ค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับ คือ 0.77

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการทดลอง แบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ แบบปรนัยจำนวน 24 ข้อ

ข้อที่	ความสามารถในการแก้ปัญหา	ค่า IOC	ความหมาย
1	การระบุปัญหา การระบุสาเหตุของปัญหา เสนอแนวทางการแก้ปัญหา ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
2	การระบุปัญหา การระบุสาเหตุของปัญหา เสนอแนวทางการแก้ปัญหา ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
3	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
4	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
5	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 17 (ต่อ) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการทดลอง แบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ แบบปรนัยจำนวน 24 ข้อ

ข้อที่	ความสามารถในการแก้ปัญหา	ค่า IOC	ความหมาย
6	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
7	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
8	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
9	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
10	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
11	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
12	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
13	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
14	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
15	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
16	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
17	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
18	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
19	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
20	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
21	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
22	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
23	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
24	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
25	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
26	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลอง จำนวน 26 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.66	0.51
2	0.45	0.55
3	0.43	0.53
4	0.68	0.47
5	0.53	0.44
6	0.51	0.42
7	0.59	0.49
8	0.44	0.56
9	0.42	0.50
10	0.51	0.48
11	0.63	0.55
12	0.66	0.57
13	0.50	0.49
14	0.49	0.44
15	0.68	0.51
16	0.51	0.55
17	0.67	0.50
18	0.49	0.59
19	0.63	0.43
20	0.57	0.57
21	0.45	0.50
22	0.59	0.55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 (ต่อ) ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลอง จำนวน 26 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
23	0.55	0.48
24	0.64	0.44
25	0.66	0.53
26	0.57	0.44

ค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับ คือ 0.79

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลอง แบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ แบบปรนัยจำนวน 24 ข้อ

ข้อที่	ความสามารถในการแก้ปัญหา	ค่า IOC	ความหมาย
1	การระบุปัญหา การระบุสาเหตุของปัญหา เสนอแนวทางการแก้ปัญหา ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
2	การระบุปัญหา การระบุสาเหตุของปัญหา เสนอแนวทางการแก้ปัญหา ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
3	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
4	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
5	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 19 (ต่อ) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ของแบบ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลอง แบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ แบบปรนัยจำนวน 24 ข้อ

ข้อที่	ความสามารถในการแก้ปัญหา	ค่า IOC	ความหมาย
6	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
7	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
8	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
9	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
10	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
11	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
12	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
13	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
14	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
15	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
16	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
17	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
18	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
19	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
20	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
21	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
22	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
23	การระบุปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
24	การระบุสาเหตุของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
25	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
26	ตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

ผลคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 20 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนกลุ่มทดลอง

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนการทดลอง		คะแนนหลังการทดลอง		คะแนนผลต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	
	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนผลต่าง	ร้อยละ
1	22	73.33	27	90	5	16.66
2	9	30	15	50	6	20
3	24	80	27	90	3	10
4	10	33.33	15	50	5	16.66
5	12	40	15	50	3	10
6	10	33.33	17	56.66	7	23.33
7	14	46.66	20	66	6	20
8	7	23.33	15	50	8	26.66
9	20	66.66	25	83.33	5	16.66
10	21	70	27	90	6	20
11	13	43.33	17	56.66	4	13.33
12	14	46.66	17	56.66	3	10
13	9	30	15	50	6	20
14	7	23.33	15	50	8	26.66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 20 (ต่อ) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมรวมกับเทคนิคการใช้คำถามของนักเรียนกลุ่มทดลอง

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนการทดลอง		คะแนนหลังการทดลอง		คะแนนผลต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	
	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนผลต่าง	ร้อยละ
15	22	73.33	26	86.66	4	13.33
16	20	66	25	83.33	5	16.66
17	18	66	25	83.33	7	23.33
18	17	56.66	23	76.66	6	20
19	24	80	28	93.33	4	13.33
20	23	76.66	27	90	4	13.33
21	24	80	24	80	0	0
22	19	63.33	23	76.66	4	13.33
23	21	70	25	83.33	4	13.33
24	7	23.33	16	53.33	9	30
25	25	83.33	28	93.33	3	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 21 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของนักเรียนกลุ่มควบคุม

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนการทดลอง		คะแนนหลังการทดลอง		คะแนนผลต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	
	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนผลต่าง	ร้อยละ
1	23	76.66	23	76.66	0	0
2	18	60	23	76.66	5	16.66
3	7	23.33	8	26.66	1	3.33
4	24	80	25	83.33	1	3.33
5	23	76.66	25	83.33	2	6.66
6	12	40	18	60	6	20
7	10	33.33	15	50	5	16.66
8	13	43.33	15	50	2	6.66
9	12	40	16	53.33	4	13.33
10	11	36.66	15	50	4	13.33
11	20	66.66	23	76.66	3	10
12	22	73.33	25	83.33	3	10
13	9	30	14	46.66	5	16.66
14	23	76.66	24	80	1	3.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 21 (ต่อ) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนการและหลังการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงอย่างเดียวของนักเรียนกลุ่มควบคุม

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อนการทดลอง		คะแนนหลังการทดลอง		คะแนนผลต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง	
	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนรวม	ร้อยละ	คะแนนผลต่าง	ร้อยละ
15	16	53.33	20	66.66	4	13.33
16	17	56.66	20	66.66	3	10
17	16	53.33	19	63.33	3	10
18	18	60	22	73.33	4	13.33
19	20	66.66	22	73.33	2	6.66
20	20	66.66	20	66.66	0	0
21	22	73.33	23	76.66	1	3.33
22	13	43.33	15	50	2	6.66
23	24	80	25	83.33	1	3.33
24	23	76.66	25	83.33	2	6.66
25	6	20	9	30	3	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

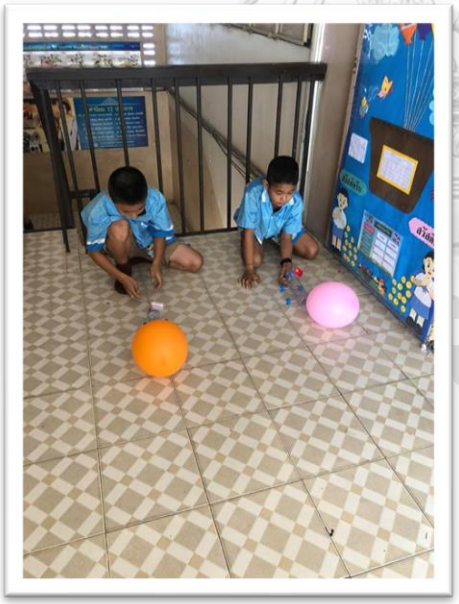
ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างกิจกรรม และผลงานนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

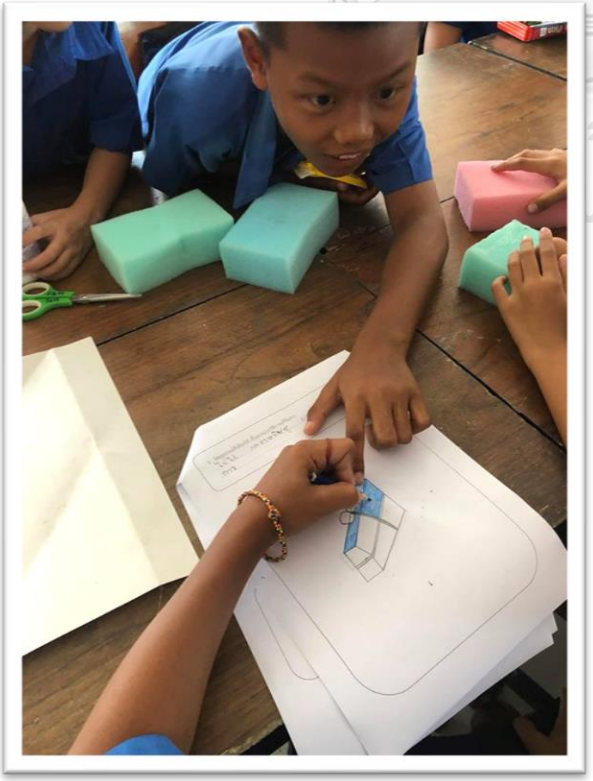
ตัวอย่างกิจกรรม และผลงานนักเรียน

ตัวอย่างกิจกรรม และผลงานนักเรียน



ตัวอย่างกิจกรรม และผลงานนักเรียน

ตัวอย่างกิจกรรม และผลงานนักเรียน



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวสุวิมล สาสังข์
วัน เดือน ปี เกิด	3 เมษายน 2533
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรสาคร
วุฒิการศึกษา	ปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) วิชาเอกการประถมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (ศษ.บ.การประถมศึกษา)
ที่อยู่ปัจจุบัน	36/1 หมู่ 6 ต.หนองนกไข่ อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร 74110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY