ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

นายจักรกฤต ภุชงค์ประเวศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF SCIENCE PROJECT INSTRUCTION USING ENGINEERING DESIGN PROCESS ON CREATIVE PROBLEM SOLVING ABILITIES AND QUALITY OF CREATIVE PRODUCTS OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS UNDER THE OFFICE OF THE HIGHER EDUCATION COMMISSION

Mr. Jakkrit Puchongprawet

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
FACULTY OF EDUCATION
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
โดย	นายจักรกฤต ภุชงค์ประเวศ
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.อัศวนนทปกรณ์ ธเนศวีรภัทร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จักรกฤต ภุชงค์ประเวศ : ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา . (EFFECTS OF SCIENCE PROJECT INSTRUCTION USING ENGINEERING DESIGN PROCESS ON CREATIVE PROBLEM SOLVING ABILITIES AND QUALITY OF CREATIVE PRODUCTS OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS UNDER THE OFFICE OF THE HIGHER EDUCATION COMMISSION) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3) ศึกษาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองรูปแบบการทดลองกลุ่มเดียวแบบวัดซ้ำ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง รวม 48 คน มีวิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ 1) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .817 2) แบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .931 และ 3) แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .993 วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนแตกต่างจากระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อวัดโดยใช้แบบทดสอบ และการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนแตกต่างจากระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อวัดโดยใช้แบบสอบถาม

2) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับสูง

3) คุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับดี

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6183309427 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORD: ENGINEERING DESIGN PROCESS, CREATIVE PROBLEM SOLVING ABILITIES, QUALITY OF CREATIVE PRODUCTS

Jakkrit Puchongprawet : EFFECTS OF SCIENCE PROJECT INSTRUCTION USING ENGINEERING DESIGN PROCESS ON CREATIVE PROBLEM SOLVING ABILITIES AND QUALITY OF CREATIVE PRODUCTS OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS UNDER THE OFFICE OF THE HIGHER EDUCATION COMMISSION. Advisor: Asst. Prof. PORNTHEP CHANTRAUKRIT, Ph.D.

The purposes of this research were 1) to compare the creative problem solving abilities of students before, during and after learning through engineering design process, 2) to study the creative problem solving abilities of students after finishing the process, and 3) to study the quality of creative products of students after having finished the process. The design of this experimental research was Repeated-Measures Designs. The research samples were 48 Grade 8 students who were selected by using purposive sampling from a demonstration school under the Office of the Higher Education Commission. The research instruments for data collection were 1) the creative problem solving abilities test with reliability at .817, 2) the questionnaire of creativity problem solving abilities with reliability at .931, and 3) the evaluation form of quality of creative products with reliability at .993. The data were analyzed by arithmetic mean, standard deviation and repeated measure ANOVA.

The results of this research showed that 1) the creative problem solving ability scores after learning all processes were higher than the scores of the 2nd in-process evaluation, the 1st in-process evaluation, and the scores before starting doing the process at a .05 level of significance through the test, and the students' perception of creative problem solving ability scores after having finished all process were higher than the scores of the 1st in-process evaluation and before starting doing the process at a .05 level of significance through the questionnaire, 2) the creative problem solving abilities after having finished all process were at high level, and 3) the quality of creative products after having finished all process were at good level.

Field of Study: Science Education Student's Signature .....

Academic Year: 2020 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดีจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนดูแลติดตามและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.อัศวนนทปกรณ์ ธเนศวีรภัทร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ตลอดจนคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณคณะผู้บริหารโรงเรียนที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่กรุณาอบรมสั่งสอนและส่งเสริมการศึกษามาโดยตลอด ขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านที่เคยอบรมสั่งสอนในทุกระดับการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อนระดับบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ และสาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษาที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

ทั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษาจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทำวิทยานิพนธ์จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้อย่างราบรื่น จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

จักรกฤต ภุชงค์ประเวศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย 1

คำถามการวิจัย 8

วัตถุประสงค์การวิจัย 9

สมมติฐานการวิจัย 9

ขอบเขตการวิจัย 10

ข้อตกลงเบื้องต้น 11

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 11

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

1. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 18

1.1 ความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 18

1.2 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 20

1.3 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 23

1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 แนวทางในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 38
2. การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ 40
2.1 ความสำคัญของโครงงานวิทยาศาสตร์ 40
2.2 ความหมายของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ 42
2.3 ประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์ 44
2.4 ขั้นตอนของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ 46
2.5 สภาพการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ 49
2.6 ข้อเสนอแนะสำหรับครูในการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ 50
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 52
3.1 ความสำคัญของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 52
3.2 ความหมายของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 55
3.3 แนวคิดของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 56
3.4 การคิดสร้างสรรค์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการแก้ปัญหา 72
3.5 แนวทางในการพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 73
3.6 แนวทางในการวัดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 75
4. ผลงานเชิงสร้างสรรค์ 79
4.1 ความหมายของผลงานเชิงสร้างสรรค์ 80
4.2 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ 81
4.3 แนวทางในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ 85
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 89
5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 89
5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 91
5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลงานเชิงสร้างสรรค์ 95
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. รูปแบบการวิจัย 99
2. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย 100
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 102
4. การดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัย 131
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 133
6. การวิเคราะห์ข้อมูล 134
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 139
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 161
1. สรุปผลการวิจัย 161
2. อภิปรายผล 163
3. ข้อเสนอแนะ 170
บรรณานุกรม 173
ภาคผนวก 183
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 185
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 187
ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 244
ภาคผนวก ง ตัวอย่างคำตอบและผลงานของนักเรียน 259
ประวัติผู้เขียน 266

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 31

ตารางที่ 2 การปฏิบัติของนักเรียนที่สังเกตได้ในวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (National Research Council, 2012: 49-53) 34

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์และขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Tayal, 2013: 3; Science Buddies, 2019) 37

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่างวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2559: 52) 37

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างการทำโครงงานสำรวจ โครงงานทดลอง และโครงงานสิ่งประดิษฐ์ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และ ราเชน มีศรี, 2553: 30) 45

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบลักษณะระหว่างโครงงานประดิษฐ์กับงานประดิษฐ์ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และ ราเชน มีศรี, 2553: 32) 46

ตารางที่ 7 การพัฒนาแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 56

ตารางที่ 8 แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 3.0 60

ตารางที่ 9 แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 4.0 62

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์องค์ประกอบของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 70

ตารางที่ 11 วิธีการที่ใช้เพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2005: 13; Treffinger, 2007: 11) 74

ตารางที่ 12 มิติในการวัดของทฤษฎีเมทริกซ์การวิเคราะห์ผลงาน (Besemer, & O'Quin, 1999a: 287-288) 82

ตารางที่ 13 ขั้นและลักษณะของผลงานเชิงสร้างสรรค์ (Cropley, Kaufman, & Cropley, 2011: 17) 84

ตารางที่ 14 ตารางแสดงข้อบ่งชี้ 30 รายการของ CSDS (Cropley & Kaufman, 2012: 122) 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 องค์ประกอบของการประเมินแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 103

ตารางที่ 16 องค์ประกอบของการประเมินแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 108

ตารางที่ 17 องค์ประกอบของการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ 112

ตารางที่ 18 แสดงบทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 119

ตารางที่ 19 แผนการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้จำนวน 4 แผน 122

ตารางที่ 20 การวางแผนการใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล 124

ตารางที่ 21 ลักษณะกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ 125

ตารางที่ 22 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 48) จากการวัดซ้ำทั้ง 4 ครั้งในแบบทดสอบ 140

ตารางที่ 23 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 48) จากการวัดซ้ำทั้ง 4 ครั้งในแบบสอบถาม 141

ตารางที่ 24 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง โดยใช้แบบทดสอบ 143

ตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง โดยใช้แบบทดสอบ 143

ตารางที่ 26 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง โดยใช้แบบสอบถาม 144

ตารางที่ 27 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง โดยใช้แบบสอบถาม 145

ตารางที่ 28 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 48) แยกตามองค์ประกอบจากแบบทดสอบ 147

ตารางที่ 29 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 48) แยกตามองค์ประกอบจากแบบสอบถาม 150

Chulalongkorn University

ตารางที่ 30 ในแบบสอบถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อในช่วงระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และช่วงหลังเรียน 151

ตารางที่ 31 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 13) จากการวัดหลังเรียนในแบบประเมิน 154

ตารางที่ 32 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับคุณภาพขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบในคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 13) จากการวัดหลังเรียนในแบบประเมิน 157

ตารางที่ 33 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 13) จากการวัด 3 ครั้ง 159

ตารางที่ 34 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 245

ตารางที่ 35 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการให้คะแนนแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของผู้ประเมินแต่ละคู่ 246

ตารางที่ 36 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 247

ตารางที่ 37 ค่าสถิติและสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ของข้อสอบข้อเดียวกันแต่ต่างสถานการณ์ 248

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์สถิติ t ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ทั้ง 2 สถานการณ์ 249

ตารางที่ 39 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 250

ตารางที่ 40 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ 252

ตารางที่ 41 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ในการให้คะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ มิติที่ 1 มิติด้านความแปลกใหม่ของผู้ประเมินแต่ละคู่ 254

ตารางที่ 42 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ในการให้คะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ มิติที่ 2 มิติด้านการแก้ปัญหาของผู้ประเมินแต่ละคู่ 255

ตารางที่ 43 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ในการให้คะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ มิติที่ 3 มิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์ผู้ประเมินแต่ละคู่ 255

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 44 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ในการให้คะแนนรวมของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ผู้ประเมินแต่ละคู่ 256

ตารางที่ 45 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 257

ตารางที่ 46 รายชื่อโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 3 และ 4 โครงงานตามความสนใจ 265

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Seyyed Khandani 23

ภาพที่ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทาง NGSS 24

ภาพที่ 3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ถูกพัฒนาโดยพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์บอสตัน (Museum of Science Boston, 2018) 26

ภาพที่ 4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ถูกพัฒนาโดยนักวิชาการใน TeachEngineering (TeachEngineering STEM Curriculum for K-12, 2018) 27

ภาพที่ 5 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของศูนย์สะเต็มศึกษา (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) 29

ภาพที่ 6 กิจกรรมทั้ง 3 ส่วนสำหรับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (National Research Council, 2012: 45) 33

ภาพที่ 7 ขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของ Holt (2006: 3) 47

ภาพที่ 8 การแสดงการคิดที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 54

ภาพที่ 9 รูปแบบ Osborn-Parnes 5-stage CPS model เวอร์ชัน 2.2 Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval (2004: 6) 59

ภาพที่ 10 แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 5.0 Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2004: 91; Alexander, 2007: 64) 63

ภาพที่ 11 แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 6.1 65

ภาพที่ 12 แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดย Creative Education Foundation (Creative Education Foundation, 2014b: 16) 66

ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ของการคิดสร้างสรรค์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 73

ภาพที่ 14 มิติและองค์ประกอบของผลงานเชิงสร้างสรรค์ (Besemer, & O'Quin, 1999b: 416) .. 83

ภาพที่ 15 กรอบแนวคิดการวิจัย 98

ภาพที่ 16 การวิจัยเชิงทดลองรูปแบบ Repeated-Measures Designs 100

ภาพที่ 17 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ 117
ภาพที่ 18 ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์ 118
ภาพที่ 19 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของแบบทดสอบและคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของแบบสอบถาม 142
ภาพที่ 20 ผลงานนักเรียนกลุ่มที่ 6 แบบจำลองราวเก็บผ้าอัตโนมัติ 155
ภาพที่ 21 ผลงานนักเรียนกลุ่มที่ 8 อุปกรณ์ขยายเสียงพร้อมแสงไฟ 155
ภาพที่ 22 ผลงานนักเรียนกลุ่มที่ 12 อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าพร้อมกรองน้ำจากน้ำฝน 156
ภาพที่ 23 ผลงานนักเรียนกลุ่มที่ 3 อุปกรณ์แยกเหรียญ 156
ภาพที่ 24 ตัวอย่างคำตอบการอธิบายปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนหมายเลข 11 260
ภาพที่ 25 ตัวอย่างคำตอบการสำรวจแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนหมายเลข 38.... 261
ภาพที่ 26 ตัวอย่างคำตอบการพัฒนาวิธีแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนหมายเลข 33 261
ภาพที่ 27 ตัวอย่างคำตอบการดำเนินการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนหมายเลข 10 262
ภาพที่ 28 ตัวอย่างการวางแผนร่างภาพก่อนทำการประดิษฐ์ชิ้นงานตามความสนใจของนักเรียน .. 262
ภาพที่ 29 ตัวอย่างผลงานจากกิจกรรมการเรียนการสอน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 อุปกรณ์คัดแยกขนาด 263
ภาพที่ 30 ตัวอย่างผลงานจากกิจกรรมการเรียนการสอน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2 กังหันผลิตไฟฟ้า (ซ้าย - กังหันลม, ขวา - กังหันน้ำ) 264

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

สังคมในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ทำให้มนุษย์เข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ จากทุกภูมิภาคของโลกได้อย่างไร้ขีดจำกัด โลกทั้งใบถูกเชื่อมโยงกันเข้าสู่ยุคของศตวรรษที่ 21 นักเรียนจะต้องพบกับสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนมากมายผนวกกับการเติบโตของเทคโนโลยีที่ก้าวกระโดด การเปลี่ยนแปลงนี้ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทำให้การเรียนรู้ด้านวิชาการไม่เพียงพอในการดำเนินชีวิตจำเป็นที่จะต้องเสริมสร้างทักษะการคิดขั้นสูงสำหรับการใช้ชีวิตอยู่ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วควบคู่กับการเตรียมความพร้อมของเด็กสู่วัยทำงาน (กรมกิจการเด็กและเยาวชน, 2560: 33) ส่งผลให้เป้าหมายของแผนการศึกษาแห่งชาติด้านผู้เรียนจึงมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม เป็นต้น (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560: 16) ซึ่งสอดคล้องกับวิสัยทัศน์ของแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 ที่กล่าวว่า คนไทยทุกคนจะต้องได้รับการศึกษาและเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ ดำรงชีวิตอย่างเป็นสุขและสอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและการเปลี่ยนแปลงของโลกศตวรรษที่ 21 เป็นนักคิด นักแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving Ability) เป็นการคิดขั้นสูงในการแก้ปัญหาด้วยวิธีใหม่ที่ได้ผลกว่าวิธีทั่ว ๆ ไป (ชำนิ จิตตรีประเสริฐ, 2543: 5-8) เป็นกระบวนการทางความคิดโดยใช้การคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา (สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์, 2558: 2) จึงถือได้ว่าเป็นการคิดที่ครอบคลุมกระบวนการคิดขั้นสูงทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) การคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) และการคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking) ที่จัดเป็นการคิดที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาได้ตรงตามเป้าหมายและแผนการศึกษาแห่งชาติ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560: 78-80) ด้วยเหตุนี้นักเรียนในศตวรรษที่ 21 จึงควรได้รับการฝึกฝนการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพื่อเป็นพื้นฐานที่สำคัญของทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) (พรสวรรค์ วงค์ตาธรรม, 2558)

การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ช่วยให้นักเรียนกล้าเผชิญปัญหาที่ซับซ้อนและมีการคิดพิจารณาตัดสินใจได้อย่างอิสระ ไม่ยึดติดกับแนวทางการแก้ปัญหาเพียงวิธีการเดียวหรือมีวิธีการแก้ไขปัญหาในลักษณะเดิมที่ไม่ได้ผล นักเรียนจะสามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพและเลือกวิธีการที่เฉพาะเจาะจงกับสถานการณ์นั้น ๆ ได้ (มนูญ ตนะวัฒนา, 2539: 55; ชำนิ จิตตรีประเสริฐ, 2543: 10-11; เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2556; Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2005: 2) ซึ่งการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีความสำคัญมากในปัจจุบันเนื่องจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านการดำรงชีวิตของมนุษย์โดยองค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) พบว่า ในอนาคตมนุษย์มีแนวโน้มที่จะเผชิญปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น แม้กระทั่งในปัจจุบันคนวัยทำงานส่วนใหญ่เผชิญปัญหาเกี่ยวกับงานของตนเองอย่างน้อย 1 ครั้งใน 1 สัปดาห์ และในขณะเดียวกัน 1 ใน 10 ของคนวัยทำงานจะเผชิญกับปัญหาซับซ้อนที่ต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหามากกว่า 30 นาทีเพิ่มมากขึ้น ทำให้ที่ทำงานส่วนใหญ่ต้องการผู้ที่สามารถแก้ปัญหาที่ไม่ใช่ปัญหาธรรมดาในชีวิตประจำวันได้ ส่งผลให้ในประเทศเยอรมัน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และอีกหลาย ๆ ประเทศมีแนวโน้มที่จะต้องการแรงงานที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ และต้องการแรงงานที่สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนกว่าปัญหาในชีวิตประจำวันมากขึ้นทุกปี (OECD, 2014: 26-27) ด้วยเหตุนี้บุคลากรของประเทศจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพื่อช่วยให้สามารถเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ ในสังคมไทยได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากนี้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ยังส่งผลให้เกิดอุปกรณ์ กระบวนการหรือเทคนิคที่แปลกใหม่ ช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เต็มไปด้วยความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างผลงานทางวิทยาศาสตร์และนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม (Proctor, 2010: 3-8; Creative Education Foundation, 2014a: 5) ซึ่งสามารถพัฒนานักเรียนให้สอดคล้องกับผลลัพธ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2561: 34) ที่กล่าวว่า นักเรียนจะต้องมีความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์และนำไปปฏิบัติเพื่อสร้างนวัตกรรม หรือต้องมีความสามารถในการต่อยอดแนวคิดเดิมเพื่อพัฒนาแนวคิดใหม่มาสร้างผลงานที่เป็นประโยชน์ให้เกิดขึ้นจริงจนนำไปสู่นวัตกรรม และสอดคล้องกับกรอบยุทธศาสตร์ของแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 ที่มุ่งเน้นให้มีการสร้างความสามารถในการแข่งขันกับนานาประเทศ ส่งผลให้แผนการศึกษาแห่งชาติตั้งเป้าหมายให้นักเรียนมีทักษะด้านการสร้างสรรค์และ

นวัตกรรม (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560: 16) และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564 ยังมีจุดเน้นในเรื่องการพัฒนานวัตกรรมและการนำมาใช้เป็นปัจจัยขับเคลื่อนการพัฒนาในทุกมิติ เพื่อยกระดับศักยภาพของประเทศในทุกด้าน โดยมุ่งเน้นการนำความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนานวัตกรรมเพื่อทำให้เกิดสิ่งใหม่ที่มีมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ ซึ่งนวัตกรรมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ส่งเสริมขีดความสามารถของมนุษย์ และมีการเตรียมความพร้อมของประเทศในด้านการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและนวัตกรรม (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560: 14-15) นอกจากนี้การนำความคิดสร้างสรรค์มาใช้ในการแก้ปัญหาส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์ หรือบุคลากรที่มีคุณภาพ ซึ่งถือว่าเป็นทรัพยากรทางเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดในศตวรรษที่ 21 จากผลการวิจัย พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ถูกมองว่าสร้างสรรค์จะเป็นที่ต้องการของตลาดมากกว่าผลิตภัณฑ์ทั่วไป และผู้ที่มีแนวโน้มความคิดสร้างสรรค์สูงจะประสบความสำเร็จในการทำงานมากกว่าผู้ที่มีแนวโน้มความคิดสร้างสรรค์ต่ำ (Kaufman & Beghetto, 2013)

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การสร้างสรรค์นวัตกรรมเป็นสิ่งที่จำเป็นในประเทศไทยเพื่อให้สามารถแข่งขันกับนานาประเทศได้ และจำเป็นสำหรับทุกประเทศทั่วโลก ดังพระราชดำรัสของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (2558: 101) ที่ได้ทรงอธิบายไว้ในการแสดงปาฐกถา เรื่อง “เทคโนโลยี นวัตกรรม กับการพัฒนาประเทศ” ในการประชุมประจำปีของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เมื่อวันที่ 30 มีนาคม 2542 มีใจความตอนหนึ่งว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

> *“... คนเรานั้นจะต้องมี นวัตกรรม คือต้อง innovative หรือต้องรู้จักสร้างสรรค์ ต้องมีความพร้อมที่จะก้าวไปข้างหน้า ปรับตัวให้ทันกับความเปลี่ยนแปลงของโลก แต่ว่าก็ต้องสามารถปรับโลกให้เหมาะสมสอดคล้องกับความเป็นอยู่หรือความพอใจความสุขสบายของตัวเองเหมือนกัน ต้องแก้ปัญหาด้วยความคิด พอทางหนึ่งตันก็ต้องหาทางใหม่ ไม่งอมืองอเท้า ยิ่งในภาวะวิกฤต ยิ่งต้องการนวัตกรรม ซึ่งไม่เฉพาะแต่นวัตกรรมทางเทคโนโลยีเท่านั้น หากแต่เป็นนวัตกรรมของระบบโดยรวม ตั้งแต่สังคม เศรษฐกิจ และวิถีชีวิตหรือวัฒนธรรม”*

จากใจความสำคัญในปาฐกถาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นพื้นฐานที่สำคัญของทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่จะช่วยในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนในชีวิตประจำวัน และเป็นการคิดที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาผลงานเชิงสร้างสรรค์จนสามารถนำไปต่อยอดเป็นนวัตกรรมของประเทศได้

ในสภาพปัจจุบัน พบว่า นักเรียนไทยยังขาดทักษะการคิดขั้นสูงที่เป็นส่วนหนึ่งของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และไม่เป็นไปตามเป้าหมายและวิสัยทัศน์ของแผนการศึกษาชาติ เนื่องจากผลการประเมินระดับนานาชาติจากโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ที่มีการประเมินการคิดที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และเป็นส่วนหนึ่งของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ได้แก่ PISA 2003 ที่วัดสมรรถนะในการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนไทยถึงร้อยละ 41 ที่แก้ปัญหาได้เพียงปัญหาที่ตรงไปตรงมาหรือแก้ปัญหาไม่ได้เลย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549) และ PISA 2015 ที่วัดสมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง พบว่า นักเรียนไทยยังขาดทักษะการคิดแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) นอกจากนี้ใน PISA 2018 มีการประเมินสมรรถนะการอยู่ในสังคมโลก (Global Competence) ซึ่งมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นองค์ประกอบ (OECD, 2016: 25-26) และใน PISA 2021 จะมีการประเมินการคิดสร้างสรรค์ (Lucas, 2019) แต่ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนของประเทศไทยยังไม่สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาการคิดเหล่านี้ได้ (วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์ และ วรวรรณ นิมิตพงษ์กุล, 2562: 25-26)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากอัตราการสร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ในระดับนานาชาติในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีแนวโน้มลดลง (Kaufman & Beghetto, 2013) และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564 ระบุว่า การพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัย และนวัตกรรมอยู่ในระดับต่ำ ส่งผลให้การพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศเกิดความล่าช้าไม่ทันต่อการพัฒนาเทคโนโลยีของโลก ตลอดจนมีการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ระดับต่ำ ต้องเร่งสร้างและพัฒนาบุคลากรวิจัยในสาขาสะเต็ม (STEM) (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560: 3-4) ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินอันดับความสามารถด้านนวัตกรรมตามการจัดอันดับของ Global

Innovation Index (GII) ปี พ.ศ. 2562 โดยพิจารณาจากผลผลิตนวัตกรรม พบว่า ประเทศไทยได้อันดับผลผลิตจากความคิดสร้างสรรค์อยู่ในอันดับที่ 54 จากทั้งหมด 129 ประเทศ อันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยจาก Global Competitive Index 4.0 (GCI 4.0) ของ The World Economic Forum ปี 2561 ในด้านตลาดสินค้าอยู่ในอันดับที่ 92 จากทั้งหมด 140 ประเทศ และอันดับความสามารถด้านนวัตกรรมของประเทศไทยตามการจัดอันดับของ Bloomberg (Bloomberg Innovation Index) ในปี 2561 อยู่ในอันดับที่ 45 จากทั้งหมด 80 ประเทศ ซึ่งผลการประเมินของทั้ง 3 หน่วยงานบ่งชี้ว่าระดับความสามารถด้านนวัตกรรมของคนไทยอยู่ในระดับต่ำกว่าที่ควรจะเป็น (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ, 2562) และในระดับห้องเรียนยังพบว่าบางรายวิชา เช่น วิชาฟิสิกส์ นักเรียนไม่ค่อยได้รับการฝึกฝนในการนำความรู้มาใช้สร้างผลงานเชิงสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน นักเรียนเพียงแค่สังเกต ทดสอบ และทำตามขั้นตอนการสอนในแบบเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนไม่ได้รับการพัฒนาให้ฝึกฝนการสร้างผลงานเชิงสร้างสรรค์ และการใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพื่อต่อยอดไปสู่การสร้างนวัตกรรม (สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ และ อัจฉรีย์ สังขรักษ์, 2560) ด้วยเหตุนี้นักเรียนจึงควรมีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และพัฒนาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ เพื่อที่จะสามารถต่อยอดผลงานในระดับห้องเรียนสู่นวัตกรรมที่มีประโยชน์ต่อระดับประเทศได้

ด้วยเหตุนี้ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่จะให้บรรลุเป้าหมายทั้งในระดับนานาชาติ ระดับชาติ และในระดับโรงเรียนนั้นควรมีการพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดของเยาวชน และพัฒนาผลงานเชิงสร้างสรรค์ที่มีความแปลกใหม่ และเหมาะสมต่อการแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้น ๆ (พรสวรรค์ วงค์ตาธรรม, 2558; Shye & Yuhas, 2004: 5) โดยการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จะช่วยในการพิจารณาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ที่จะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมหรือผลงานที่แปลกใหม่และเป็นประโยชน์ ช่วยพัฒนาประเทศและพัฒนาอัตราการเติบโตของเศรษฐกิจในระดับนานาชาติได้ (นฤมล จันทร์สุขวงค์, 2551; Creative Education Foundation, 2014a: 5; Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2005: 2)

การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูง ซึ่งเป็นการสอนที่ให้นักเรียนใช้ความคิดต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนของการทำโครงงาน เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต นักเรียนมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและสามารถนำความรู้ไป

ประยุกต์ในชีวิตประจำวันได้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, พเยาว์ ยินดีสุข และ ราเชน มีศรี, 2553) ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยเน้นให้ผู้เรียนคิดและกำหนดปัญหาขึ้นมาเองตามความสนใจส่งผลให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น นักเรียนไม่สามารถคิดและเลือกหัวข้อเรื่องที่เหมาะสมในการทำโครงงานได้ด้วยตนเองทำให้คัดลอกโครงงานผู้อื่น จึงไม่ตอบสนองกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ขาดการวางแผนการออกแบบโครงงานทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องงบประมาณในการทำโครงงาน (สุกัลยา ขำเพชร, 2543; วิภาวี ผานิล, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของสุวิจักขณ์ อธิคมกุลชัย (2554) พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้เรื่องการกำหนดขั้นตอนและการออกแบบต่ำกว่าเรื่องอื่น ๆ ส่งผลให้ผลงานที่ออกมาไม่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งนักเรียนยังมีปัญหาเกี่ยวกับการคิดแก้ปัญหาและการคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนโครงงานส่วนใหญ่เน้นไปที่การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติ และทักษะกระบวนการ และการศึกษารูปแบบการสอนแบบโครงงานที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์นั้นพบว่ายังมีผู้ศึกษาอยู่น้อย (สุพรรณี พรพุทธิชัย, 2551) ดังนั้นการที่นักเรียนจะสามารถทำโครงงานให้ได้ประสบผลสำเร็จนั้น นักเรียนควรมีการศึกษาสภาพปัญหาในการเลือกหัวข้อโครงงานที่มาจากเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน และออกแบบก่อนการลงมือปฏิบัติจริง (Ergül & Kargin, 2014) จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานยังมีข้อจำกัดในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และการพัฒนาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียน ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการศึกษากระบวนการที่จะนำมาใช้ในการจัดทำโครงงานของนักเรียน โดยกระบวนการที่เหมาะสม คือ กิจกรรมการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (TeachEngineering STEM Curriculum for K-12, 2018)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กิจกรรมการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานการศึกษาของรัฐและของชาติสำหรับการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน (K-12) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในการออกแบบและการวางแผนแก้ปัญหาแบบวิศวกร และเป็นส่วนหนึ่งของสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยตัวอักษร E ในคำว่า STEM แทน วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ซึ่งหมายถึง การออกแบบวางแผนแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและใช้องค์ความรู้มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ โดยเน้นให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงสังเคราะห์ และการลงมือปฏิบัติเพื่อ

แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอย่างเป็นขั้นตอน และให้นักเรียนแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนในบริบทจริงภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ และสามารถซึ่งสามารถฝึกฝนให้กับนักเรียนโดยผ่านการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานได้ (สุธิดา การีมี, 2560; Grubbs & Strimel 2015: 81)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมยังส่งผลให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดต่าง ๆ ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2559) การคิดแก้ปัญหา (problem-solving) (วรรณา รุ่งลักษมีศรี, 2551; Mangold & Robinson, 2013) และการคิดสร้างสรรค์ (creativity) (สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์, 2560; Howard, Culley, & Dekoninck, 2008) เป็นต้น ซึ่งการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ และการคิดแก้ปัญหา เป็นส่วนประกอบหนึ่งของทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่จะนำไปสู่การผลิตผลงานเชิงสร้างสรรค์ (พรสวรรค์ วงค์ตาธรรม, 2558; Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2010) ส่งผลให้มีนักการศึกษานำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มากมาย เช่น นำมาประยุกต์เป็นกิจกรรมระดับชั้นประถมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (นันท์นภัส พงศ์ศรีโรจน์, 2560) หรือการใช้แนวคิดของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ PACLE ในการสอน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (สมเสมอ ทักษิณ, 2560) แต่ทั้ง 2 งานวิจัยนี้ยังไม่มีการประยุกต์ในการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีการใช้องค์ประกอบหลักของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ในโครงงานวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์และความสามารถในการทำโครงงาน (เฉลิมวุฒิ ศุภสุข, 2555) แต่องค์ประกอบหลักของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในงานวิจัยดังกล่าวยังไม่มีขั้นตอนการหาวิธีการแก้ปัญหาให้มากที่สุดและขั้นตอนการเลือกวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้

เมื่อพิจารณาจากสภาพปัญหาการสอนโครงงานจากการศึกษารายงานการวิจัยจะเห็นได้ว่าปัญหาส่วนใหญ่มาจากผู้เรียนซึ่งขาดทักษะสำคัญและจากผู้สอนที่เลือกใช้วิธีการสอนที่ยังไม่เหมาะสมในการพัฒนาทักษะสำคัญ ส่งผลให้การทำโครงงานไม่ประสบผลสำเร็จ และในงานวิจัยหลายฉบับชี้ให้เห็นว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถช่วยพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาเชิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สร้างสรรค์และจะส่งผลให้ผลงานมีความสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา การออกแบบการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัด มีการออกแบบผลงานที่หลากหลายแล้วเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด ทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎีสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรม สามารถสร้างสรรค์ผลงานที่สร้างสรรค์ แปลกใหม่ได้เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เกิดทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และนำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ให้มากขึ้น (กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2557: 39, National Research Council, 2012: 41-49, Khandani, 2005: 4) ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของการที่นักเรียนไม่สามารถเลือกหัวข้อโครงงาน ข้อจำกัดในเรื่องงบประมาณ การออกแบบวางแผนการทำโครงงาน ส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ผลงานที่มีความสร้างสรรค์และสามารถต่อยอดเป็นนวัตกรรมได้ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และพัฒนาทักษะการคิด การสร้างนวัตกรรมให้แก่นักเรียนต่อไป

คำถามการวิจัย

คำถามวิจัยในครั้งนี้ คือ

1) นักเรียนที่เรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

2) นักเรียนที่เรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นอย่างไร

3) ผลงานของนักเรียนที่เรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

จากคำถามการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการวิจัยไว้ ดังนี้

1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3) เพื่อศึกษาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาวิธีการหรือผลผลิตใหม่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาความคิดขั้นสูงหลายอย่าง ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2559) การคิดแก้ปัญหา (problem-solving) (วรรณา รุ่งลักษมีศรี, 2551; Mangold & Robinson, 2013) และการคิดสร้างสรรค์ (creativity) (สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์, 2560; Lou et al., 2017; Howard, Culley, & Dekoninck, 2008) ซึ่งการคิดทั้ง 3 แบบนี้เป็นส่วนหนึ่งของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (พรสวรรค์ วงค์ตาธรรม, 2558; Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2010) นอกจากนี้ผลงานเชิงสร้างสรรค์ยังเป็นรูปแบบหนึ่งในการประเมินความคิดสร้างสรรค์ผ่านผลงาน (Besemer & O'Quin, 1999a; Cropley & Cropley, 2005) จึงทำให้ผู้วิจัยเห็นว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นให้นักเรียนสร้างผลงานในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นแนวคิดที่น่าจะสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ให้อยู่ในระดับสูงขึ้นไป ตามการกำหนดค่าคะแนนของอุไร จักษ์ตรีมงคล (2557) และ Finson & Ormsbee (1998) ดังนั้นผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า

1) นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เรียน แตกต่างกับระหว่างเรียน และแตกต่างกับก่อนเรียน ตามลำดับ โดยเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน สูงกว่าระหว่างเรียน และสูงกว่าก่อนเรียน ตามลำดับ

2) นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อยู่ในระดับสูงขึ้นไป

3) ผลงานโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีคะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์อยู่ในระดับดีขึ้นไป

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 48 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ณ โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

2. ตัวแปรในการวิจัย

2.1 ตัวแปรต้น (Independent variable) คือ การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563 – เดือนกันยายน พ.ศ. 2563)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายจำนวน 2 ห้องเรียน เป็นกลุ่มที่มีระดับความรู้ความสามารถเทียบเท่ากัน มีผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันผ่านการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ตามแนวคิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ TeachEngineering STEM Curriculum for K-12 (2018) แบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการตั้งคำถาม (Ask) เป็นขั้นที่ตั้งคำถามสำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการสร้าง รวมถึงปัญหาที่ต้องการแก้ไข ทำความเข้าใจกับปัญหาภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ระบุความต้องการและข้อจำกัดในการออกแบบ กำหนดปัญหาหรือคำถามสำคัญในการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ และมีการตั้งสมมติฐานในการตอบปัญหานั้น

2) ขั้นสืบค้นปัญหา (Research the Problem) เป็นขั้นที่สืบค้นข้อมูลจากเอกสารหรือตัวอย่างงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการหาข้อมูลจากบุคคลที่แตกต่างกันเพื่อช่วยในการค้นหาแนวคิดในการแก้ปัญหาหรือออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้นหรือปรับปรุงโดยใช้เทคโนโลยีเพื่อให้ตอบสนองกับความต้องการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) ขั้นจินตนาการ (Imagine) เป็นขั้นที่หาวิธีการที่เป็นไปได้ให้ได้มากที่สุด มีการระดมความคิดและการทำงานเป็นทีมในการระดมสมองเพื่อร่วมกันคิดวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด

4) ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่มีการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบแนวคิดแต่ละแนวคิด ข้อจำกัด และงานวิจัยก่อนหน้า เพื่อใช้ในการเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาแก้ปัญหา

5) ขั้นสร้าง (Create) เป็นขั้นที่สร้างต้นแบบหรือแบบจำลอง โดยใช้แนวคิดที่ดีที่สุดมาพัฒนาตามวัตถุประสงค์ พยายามสร้างสรรค์ผลงานและใช้จินตนาการในการออกแบบให้มากที่สุด

6) ขั้นการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ (Test and Evaluate Prototype) เป็นขั้นที่ทดสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาหรือการทำงานของผลงานผ่านการทดสอบ มีการ

ตั้งสมมติฐานและกำหนดตัวแปรในการทดสอบประสิทธิภาพ เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์จุดดีจุดด้อยของผลงาน ประสิทธิภาพการทำงาน และสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพผลงาน

7) ขั้นปรับปรุง (Improve) เป็นขั้นที่มีการแลกเปลี่ยนแนวคิด การนำเสนอผลงานเพื่อการปรับปรุงพัฒนาผลงาน หารือเกี่ยวกับวิธีการที่ต้องการปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงานโดยมีการแก้ไข หรือวาดออกแบบใหม่ และสรุปผลการสร้างผลงาน

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบและวิธีการที่แปลกใหม่มาใช้ในการแก้ปัญหาจนได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพกว่าวิธีทั่ว ๆ ไป เป็นกระบวนการทางความคิดที่มีการวิเคราะห์ปัญหา ออกแบบและพัฒนาแนวคิดใหม่ ๆ อย่างหลากหลายและตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาโดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณและนำมาใช้แก้ปัญหา จากการประยุกต์ตามนิยามของ Creative Education Foundation (2014b: 16-23) สามารถแบ่งองค์ประกอบได้ 4 ด้าน ดังนี้

1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน (Clarify) ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อยดังนี้

1.1) การค้นหาสภาพปัญหา จากสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนด

1.2) การเก็บรวบรวมข้อมูลและระบุสาเหตุ โดยทำความเข้าใจกับปัญหาผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.3) การระบุปัญหาที่สำคัญ สร้างคำถามที่นำไปสู่การแก้ปัญหาที่ต้องการแก้ไขมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) การสำรวจแนวคิด (Ideate) ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อยดังนี้

2.1) การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาอย่างหลากหลายให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

2.2) การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร

3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา (Develop) ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อยดังนี้

3.1) การกำหนดเกณฑ์ในการเลือกวิธีแก้ปัญหา โดยมีการระบุจุดแข็ง ข้อจำกัดของวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธี

3.2) การพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมากที่สุดอย่างสมเหตุสมผลและมีวิจารณญาณ

4) การดำเนินการแก้ปัญหา (Implement) ประกอบไปด้วยองค์ประกอบย่อยดังนี้

4.1) การวางแผน แสดงรายละเอียดขั้นตอนของวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก

4.2) การนำวิธีการที่เลือกไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง และระบุผลที่เกิดขึ้น

ในงานวิจัยนี้ จะวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่เป็นแบบสอบอัตนัย ผ่านการให้สถานการณ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและให้นักเรียนตอบคำถามจำนวน 4 ข้อ และวัดการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยใช้แบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จำนวน 16 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาจากการสังเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาของ Creative Education Foundation (2014a) และแบบทดสอบของนิพิฐพร โกมลกิติศักดิ์ (2553) มิ่งขวัญ ภาคสัญไชย (2555) พีชญาณ์ พานะกิจ (2558) ช่อทิพวัลย์ รัตนนรชัย (2559) และสมเสมอ ทักษิณ (2560)

3. คุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ หมายถึง ลักษณะที่ดีของผลงานโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากกระบวนการเชิงสร้างสรรค์ โดยมีลักษณะเป็นสิ่งใหม่ สามารถนำมาใช้ในชีวิตจริงได้ มีคุณค่า มีประโยชน์ และมีความประณีต โดยการประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์จะพิจารณาผลงานเชิงสร้างสรรค์ที่ประกอบไปด้วย 3 มิติ 11 องค์ประกอบย่อยตามแนวคิดของ Besemer & O'Quin (1999a) และ Haller, Courvoisier, & Cropley (2011: 101) ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) มิติด้านความแปลกใหม่ (Novelty) ประกอบไปด้วย

1.1) ความแปลกใหม่ (Originality) หมายถึง เป็นงานที่แตกต่างจากงานทั่วไปหรือไม่ซ้ำกับงานของผู้อื่นที่มีอายุ ประสบการณ์ หรือได้รับการฝึกใกล้เคียงกัน

1.2) การทำให้ประหลาดใจ (Surprise) หมายถึง เป็นงานที่ทำให้ผู้พบเห็นเกิดความรู้สึกตื่นตาตื่นใจ และไม่คาดหวังว่าจะได้พบเจองานในลักษณะที่สร้างสรรค์นี้

1.3) ความเป็นต้นกำเนิดให้สิ่งอื่น (Germinal) หมายถึง เป็นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่มีอิทธิพลต่อการสร้างสรรค์งานของตนเองและผู้อื่นที่เป็นงานในลักษณะเดียวกันในอนาคต

2) มิติด้านการแก้ปัญหา (Resolution) ประกอบไปด้วย

2.1) ความสมเหตุสมผล (Logical) หมายถึง เป็นงานที่สร้างด้วยวิธีการที่มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์รองรับอย่างเหมาะสม

2.2) ความมีประโยชน์ (Useful) หมายถึง เป็นงานที่สามารถใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ

2.3) ความมีคุณค่า (Valuable) หมายถึง เป็นงานที่ผู้พบเห็นให้ความสำคัญ มองเห็นประโยชน์และความจำเป็นในผลงาน

2.4) ความเข้าใจได้ (Understandable) หมายถึง เป็นงานที่สื่อความหมายให้กับผู้พบเห็นได้โดยง่าย ไม่ต้องตีความซ้ำ

3) มิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์ (Elaboration and Synthesis) ประกอบไปด้วย

3.1) การจัดองค์ประกอบ (Organic) หมายถึง เป็นงานที่สามารถจัดส่วนประกอบเป็นรูปร่างที่สมบูรณ์แบบ

3.2) ความมีฝีมือและชำชอง (Well-crafted) หมายถึง เป็นงานที่ถูกสร้างขึ้นด้วยความพิถีพิถัน และแสดงถึงความชำนาญและความใส่ใจของผู้สร้างผลงาน

3.3) ความประณีตสวยงาม (Elegant) หมายถึง เป็นงานที่มีความกลมกลืนดึงดูดใจต่อผู้พบเห็น

3.4) ความซับซ้อน (Complex) หมายถึง เป็นงานที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลาย ๆ องค์ประกอบ และมีการประดับตกแต่งที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์วัดโดยใช้แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ที่เป็นแบบประเมินมาตรวัด 2 ขั้ว มีระยะห่างระหว่างประโยคหรือคำคุณศัพท์ 7 ช่อง จำนวน 40 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาจากการใช้เกณฑ์ในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ (Creative Product Semantic Scale: CPSS) ตามแนวคิดของ Besemer & O'Quin (1999a) และ พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์ (2533) และได้นำมาประยุกต์กับการประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์

4. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น หมายถึง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ที่กำลังศึกษาในรายวิชา โครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นรายวิชาเพิ่มเติม โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มโรงเรียนสาธิต ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.1 ความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.2 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.3 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์

1.5 แนวทางในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2. การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์

2.1 ความสำคัญของโครงงาน

2.2 ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์

2.3 ประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์

2.4 ขั้นตอนของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

2.5 สภาพการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์

2.6 ข้อเสนอแนะสำหรับครูในการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3.1 ความสำคัญของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3.2 ความหมายของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3.3 แนวคิดของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3.4 การคิดสร้างสรรค์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการแก้ปัญหา

3.5 แนวทางในการพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3.6 แนวทางในการวัดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. ผลงานเชิงสร้างสรรค์

    4.1 ความหมายของผลงานเชิงสร้างสรรค์

    4.2 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวัดคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

    4.3 แนวทางในการวัดคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

    5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

    5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

    5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลงานเชิงสร้างสรรค์

6. กรอบแนวคิดการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process: EDP) เป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานการศึกษาของรัฐและของชาติสำหรับการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน (K-12) ของประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในการออกแบบและวางแผนแก้ปัญหาแบบวิศวกร ซึ่งในงานวิจัยนี้จะขอกล่าวถึงในหัวข้อ ความสำคัญ ความหมาย ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ แนวทางในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

1.1 ความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จากการศึกษาเกี่ยวกับความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้มีนักวิชาการให้ความสำคัญมากมาย ดังนี้

Khandani (2005: 4) กล่าวถึงความสำคัญของการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่าทำให้ผู้ที่ใช้กระบวนการนี้สามารถจัดระบบในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่ได้ หรือเป็นการปรับปรุงระบบเดิมเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์หรือเพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

National Research Council (2012: 42-44) กล่าวถึงความสำคัญของการแก้ปัญหาตามหลักวิศวกรรมศาสตร์สรุปได้ว่า การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานด้านวิศวกรรมจะทำให้นักเรียนเข้าใจถึงความเชื่อมโยงของวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ และยังช่วยสร้างความเข้าใจถึงทั้ง 3 มิติหลักในการเรียนการสอน ได้แก่ ปฏิบัติการ (practices) มโนทัศน์ที่เป็นภาพรวมรอบด้าน (cross-cutting concept) และแนวคิดที่เป็นแก่นในด้านวิทยาศาสตร์ (core ideas in science) นอกจากนี้จะทำให้ความรู้ที่นักเรียนได้รับมีความหมายและสามารถในไปใช้ได้ในชีวิตประจำวัน

TeachEngineering STEM Curriculum for K-12 (2018) กล่าวถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่า จะช่วยให้กระตุ้นความสนใจของนักเรียน พัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนผ่านการลงมือทำ ช่วยพัฒนาลักษณะนิสัยของนักวิศวกร ได้แก่ การคิดสร้างสรรค์ การมองโลกในแง่ดี การคิดเชิงระบบ การทำงานอย่างร่วมมือรวมพลัง การสื่อสาร และจริยธรรม ซึ่งทั้งหมดนี้จำเป็นสำหรับพลเมืองในศตวรรษที่ 21 นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ช่วยสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นนวัตกรรม และสามารถเปลี่ยนแปลงโลกให้ดีขึ้นได้

กมลวรรณ พฤฒินันทกุล (2557: 9) กล่าวว่า ในการสร้างสรรค์ หรือพัฒนาผลงานหรือปรับปรุงระบบต่าง ๆ ที่เป็นความต้องการของมนุษย์ วิศวกรจะอาศัยกระบวนการคิดและตัดสินใจอย่างเป็นระบบบนพื้นฐานของการประยุกต์ความรู้ในด้านต่าง ๆ ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่ากระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process)

กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ (2557: 39) กล่าวถึงความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่า จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัด สามารถคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2559: 50-52) กล่าวว่า การผนวกแนวคิดของการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการจัดการเรียนการสอนจะทำให้นักเรียนได้กระบวนการของการแก้ปัญหาที่มีได้หลากหลายแนวทาง สามารถประยุกต์ความรู้สู่การปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงมากขึ้น ทำให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎีสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรม นอกจากนี้ยังช่วยฝึกทักษะสำคัญในหลายด้าน เช่น การแก้ปัญหา (problem-solving) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) ความคิดสร้างสรรค์ (creativity) และการคิดเชิงระบบ (systems thinking) เป็นต้น ซึ่งทักษะเหล่านี้ล้วนเป็นทักษะสำคัญของการทำงานในปัจจุบันและอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุธิดา การีมี (2560: 23-27) กล่าวถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่า การเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงสังเคราะห์ และการลงมือปฏิบัติ เพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอย่างเป็นขั้นตอน โดยจะช่วยให้นักเรียนฝึกการคิดสร้างสรรค์และการคิดเชิงสังเคราะห์จากสถานการณ์ที่พบเห็นเพื่อทำการรวบรวมและกลั่นกรองข้อมูลจนได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ตลอดจนมีการถ่ายทอดความคิดเพื่ออธิบายและสื่อสารแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยแนวคิดเหล่านี้จะเป็นสิ่งที่นำเสนอความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละบุคคล

นอกจากนี้ สุธิดา การีมี (2560: 23-27) ยังได้กล่าวถึงการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา สรุปได้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยส่งเสริมทักษะการคิดสร้างสรรค์ ดังนี้ 1) ขั้นระบุปัญหา จะช่วยให้นักเรียนมองปัญหาต่างไปจากเดิมหรือมองต่างมุม เชื่อมโยงปัญหากับประสบการณ์เดิมของตนเองได้ 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จะช่วยให้นักเรียนคิดพิจารณาข้อมูลหลายประเภทที่จะนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจ และมีการคัดเลือกแหล่งข้อมูลที่นำมาใช้อย่างมีวิจารณญาณ 3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนคิดออกแบบผลงานที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร และเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา หรือสามารถคิดหาสิ่งอื่นมาทดแทนเพื่อประกอบการออกแบบได้ 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนคิดดัดแปลงและออกแบบผลงาน จากวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น 5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง จะช่วยให้นักเรียนฝึกการปรับปรุงผลงานให้มีคุณภาพมากขึ้น 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ นอกจากนี้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาผ่านการลงมือปฏิบัติจริงได้

กล่าวโดยสรุป กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนเกิดการประยุกต์ความรู้ และเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดต่าง ๆ ทั้งการคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดแก้ปัญหา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และช่วยให้การสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่มีความแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้มีนักวิชาการให้ความหมายไว้มากมาย ดังนี้

Khandani (2005: 4) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการที่สร้างสิ่งประดิษฐ์ หรือระบบที่ไม่เคยมีมาก่อน หรือปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นโดยมีขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ชัดเจน กล่าวได้ว่าเป็นหลักการในการแก้ปัญหาที่ต่างกับการแก้ปัญหาประเภทอื่น ๆ เนื่องจากจะเป็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาที่เปิดกว้าง และมีวิธีการที่ถูกต้องมากกว่า 1 วิธีการ ผลลัพธ์หรือวิธีการแก้ปัญหาจะเป็นระบบที่ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะปัญหานั้น ๆ

Tayal (2013: 1-3) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นชุดของขั้นตอนที่นักวิศวกรใช้เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา โดยจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาความท้าทาย มีการเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดและออกแบบโดยการวาดภาพและเลือกวัสดุที่เหมาะสมที่สุด มีการสร้างแบบจำลอง และปรับปรุงจนกระทั่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ดีพอที่จะตอบสนองความต้องการและสามารถแก้ปัญหาได้

Grubbs & Strimel (2015: 79-81) กล่าวว่า การออกแบบเป็นกระบวนการที่มีการใช้ความคิดสร้างสรรค์และเปิดกว้างสำหรับการหาแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะมีการออกแบบที่ถูกหรือผิดพลาดไปบ้าง โดยในการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะแตกต่างจากการออกแบบเชิงเทคโนโลยีคือ การออกแบบเชิงวิศวกรรมจะเป็นการออกแบบภายใต้ข้อจำกัด เช่น เวลา ทุน ความปลอดภัย วัสดุอุปกรณ์ ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบนั้นมีความชัดเจนมากขึ้นและผิดพลาดน้อยลง ได้วิธีการออกแบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะถือว่าเป็นทั้งความสามารถในการแก้ปัญหา ข้อจำกัด สร้างเกณฑ์ที่ใช้ประเมิน และการหาวิธีแก้ปัญหาได้

TeachEngineering STEM Curriculum for K-12 (2018) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นชุดของขั้นตอนที่นักวิศวกรใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีกระบวนการที่ออกแบบซ้ำไปซ้ำมาเพื่อปรับปรุงผลงาน ซึ่งมีหัวใจสำคัญคือการทำงานเป็นทีมและการออกแบบ

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2559: 49-51) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ กระบวนการของการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบภายใต้ทรัพยากรและข้อจำกัดต่าง ๆ (resources and constraints) รวมถึงการวิเคราะห์ข้อดีข้อด้อยและความคุ้มทุน (trade-offs) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (optimal solution) โดยกระบวนการแก้ปัญหานี้มีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ การระบุปัญหาหรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องให้ชัดเจน การวางแผนเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา และการดำเนินการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

สุธิดา การีมี (2560: 23-27) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึงขั้นตอนที่นำมาใช้ในการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้จะเริ่มจากการระบุปัญหาที่พบแล้วกำหนดเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นจึงทำการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและทำการวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไข เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้วจึงทำการวางแผนและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ เมื่อสร้างผลงานหรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบ หากมีข้อบกพร่องให้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สิ่งของเครื่องใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หรือวิธีการนั้นจนสามารถใช้แก้ไขปัญหาหรือสนองความต้องการได้ ในขั้นตอนสุดท้ายจะดำเนินการประเมินผลสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้น

โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่วนใหญ่จะให้นิยามในเชิงของการออกแบบผลงาน แต่แนวคิดนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการศึกษาด้วย เนื่องจากสามารถช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงให้กับนักเรียน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ ดังนี้

TeachEngineering STEM Curriculum for K-12 (2018) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่า เป็นการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนทำตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจ เป็นการเปิดกว้างทางความคิด เน้นการสร้างสรรค์และลงมือปฏิบัติจริง

Science Buddies (2019) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่า เป็นขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่วิศวกรทำตามเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งจะแตกต่างจากขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้การแก้ปัญหาได้

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2559) ได้กล่าวถึงการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์เป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ทักษะชีวิต นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2559: 49-51) ได้กล่าวถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน หมายถึง กระบวนการของการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบภายใต้ทรัพยากรหรือข้อจำกัดต่าง ๆ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อดี ข้อด้อย และความคุ้มทุนเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด

กล่าวโดยสรุป การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการ หรือขั้นตอนที่นำมาใช้แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจากการระบุปัญหา ค้นหาแนวคิด และเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และทดสอบวิธีการแก้ปัญหานั้น ๆ เพื่อสร้างหรือพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งต้องใช้องค์ความรู้ของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เชิงวิศวกรรมมาประยุกต์

1.3 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จากการศึกษาพบว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นชุดของขั้นตอนที่วิศวกรใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีนักวิชาการกำหนดรูปแบบของขั้นตอนต่าง ๆ ไว้มากมาย ดังนี้

Khandani (2005: 5-23) กล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา (Define the problem) เป็นการทำความเข้าใจกับปัญหาและอธิบายปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Gather information) เป็นการรวบรวมข้อมูลจากผู้ที่เคยศึกษามาก่อนเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหาให้ชัดเจนขึ้น

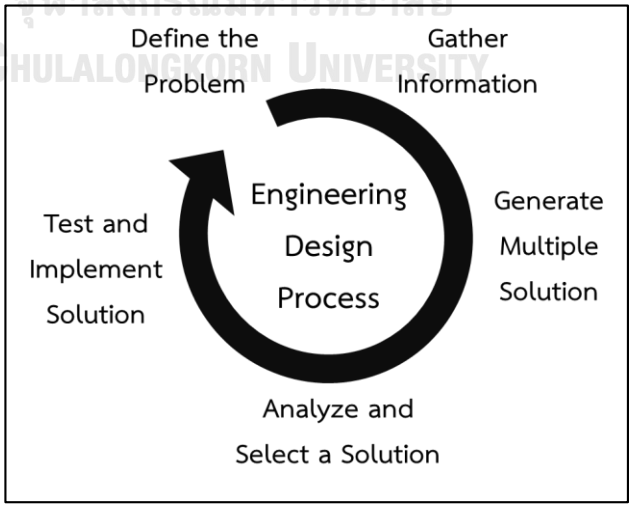
ขั้นที่ 3 สร้างทางเลือกที่หลากหลาย (Generate multiple solution) เป็นการสร้างแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 วิเคราะห์และเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด (Analyze and select a solution) เป็นการวิเคราะห์กระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลเพื่อตัดสินใจเลือกวิธีการที่ดีที่สุด

ขั้นที่ 5 ทดสอบประสิทธิภาพและนำไปใช้ในสถานการณ์ที่สร้างขึ้น (Test and implement solution) เป็นการทดสอบและปรับปรุงให้ดีขึ้นเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหา

โดยขั้นตอนในการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Seyyed Khandani สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



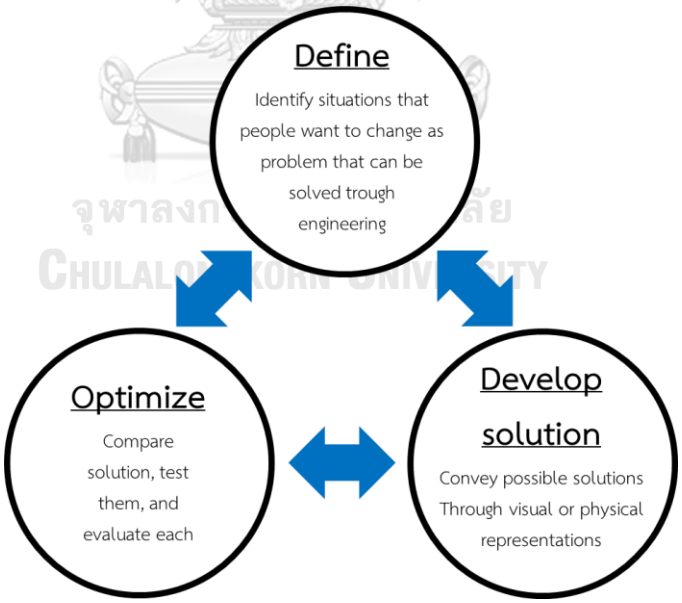
ภาพที่ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Seyyed Khandani (Khandani, 2005: 5-23)

National Research Council (2012: 41) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process) ที่จะต้องผนวกเข้าไปในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ว่ามี 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1) การระบุปัญหา เงื่อนไข และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง (Define) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจกับปัญหาหรือความต้องการให้มีความชัดเจน เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างตรงประเด็นภายใต้ข้อจำกัดและเงื่อนไขต่างๆ

2) พัฒนาแนวทางการแก้ปัญหาและเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด (Develop solution) ในขั้นตอนนี้นักเรียนต้องมีการสำรวจหรือรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ หรืออาจดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยการทดลองเพื่อพิจารณาว่าปัจจัยใดมีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาที่กำหนดและดำเนินการสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาพร้อมวิเคราะห์ทางเลือกที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา

3) ดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางเลือกภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด (Optimize) ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติเพื่อทดสอบและปรับปรุงแก้ไขวิธีการที่ได้ออกแบบมาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งหากยังไม่เหมาะสมจะต้องวิเคราะห์ปัญหาใหม่



ภาพที่ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทาง NGSS (National Research Council, 2012)

Tayal (2013: 2-3) ได้เสนอขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับการทำงานของวิศวกรไว้ 8 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นกำหนดปัญหา (Define the Problem)

2) ขั้นศึกษาข้อมูลหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Do Background Research)

3) ขั้นระบุข้อกำหนดหรือความต้องการ (Specify Requirements)

4) ขั้นสร้างวิธีการแก้ปัญหาเพื่อเป็นทางเลือก (Create Alternative Solutions)

5) ขั้นเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (Choose the Best Solution)

6) ขั้นพัฒนางาน (Do Development Work)

7) ขั้นสร้างแบบจำลอง (Build a Prototype)

8) ขั้นทดสอบและปรับปรุงแก้ไขผลงาน (Test and Redesign)

ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดอาจมีการสลับขั้นกันได้ หรืออาจกลับมาทำขั้นตอนเดิมซ้ำ ซึ่งถือว่าเป็นการทำงานของวิศวกรเช่นเดียวกัน

Museum of Science Boston (2018) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ถูกพัฒนาและนำไปใช้ใน National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2018) ไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตั้งคำถาม (Ask) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะระบุปัญหา กำหนดเกณฑ์และข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

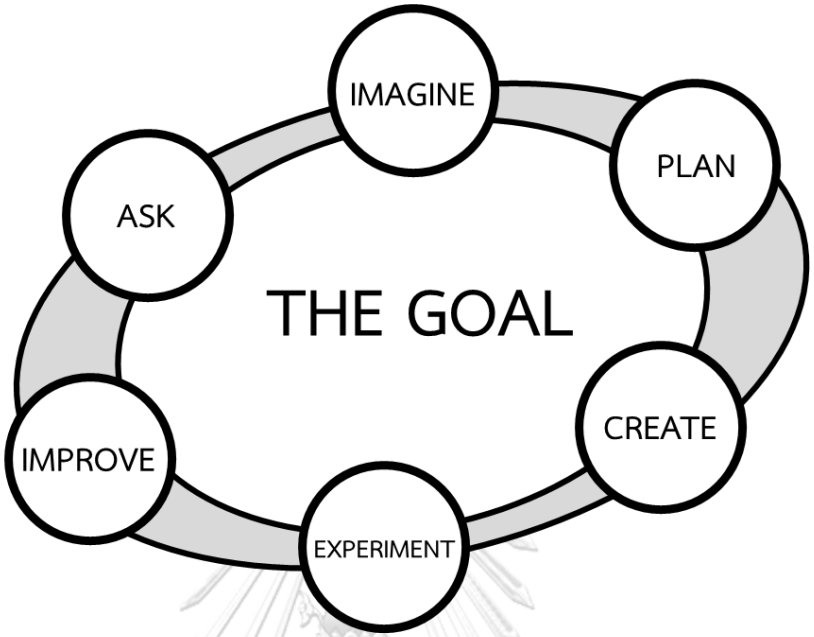
2) ขั้นจินตนาการ (Imagine) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องระดมความคิดเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา และพิจารณาว่ามีใครเคยทำสิ่งนี้มาก่อนแล้วบ้าง

3) ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดจากการระดมความคิดมา 2-3 แนวคิด เพื่อนำมาออกแบบโดยการร่างภาพ และเลือกนำมาออกแบบเพียงแนวคิดเดียว

4) ขั้นสร้าง (Create) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสร้างผลงานจำลองหรือต้นแบบที่สอดคล้องกับการออกแบบและสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด

5) ขั้นทดสอบ (Test) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะประเมินวิธีการแก้ปัญหาผ่านการทดสอบโดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์จุดแข็ง ข้อจำกัดของการออกแบบที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง

6) ขั้นพัฒนา (Improve) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการปรับปรุงพัฒนางานหลังจากได้รับผลการทดสอบ



ภาพที่ 3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ถูกพัฒนาโดยพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์บอสตัน (Museum of Science Boston, 2018)

TeachEngineering STEM Curriculum for K-12 (2018) ได้นำเสนอขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยโคโลราโด โบลเดอร์ (University of Colorado at Boulder) ประเทศอังกฤษ โดยนำเสนอไว้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการตั้งคำถาม (Ask) เป็นขั้นที่ตั้งคำถามสำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการสร้าง รวมถึงปัญหาที่ต้องการแก้ไข ทำความเข้าใจกับปัญหาภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ระบุความต้องการและข้อจำกัดในการออกแบบ

2) ขั้นสืบค้น (Research) เป็นขั้นที่สืบค้นข้อมูล รวมถึงการหาข้อมูลจากบุคคลที่แตกต่างกันเพื่อช่วยในการค้นหาแนวคิดในการแก้ปัญหาหรือออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้นหรือปรับปรุงโดยใช้เทคโนโลยีเพื่อให้ตอบสนองกับความต้องการ

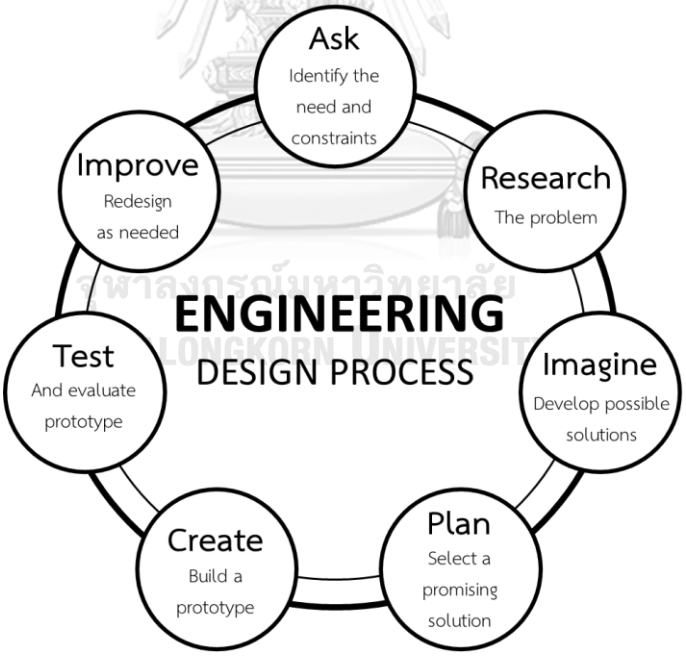
3) ขั้นจินตนาการ (Imagine) เป็นขั้นที่พัฒนาวิธีการที่เป็นไปได้ให้ได้มากที่สุด มีการระดมความคิดและการทำงานเป็นทีมในการระดมสมองเพื่อร่วมกันคิดวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด

4) ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่มีการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบแนวคิดแต่ละแนวคิด ข้อจำกัด และงานวิจัยก่อนหน้า และใช้ในการเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้แก้ปัญหา

5) ขั้นสร้าง (Create) เป็นขั้นที่สร้างต้นแบบหรือแบบจำลอง โดยใช้แนวคิดที่ดีที่สุดมาพัฒนาตามวัตถุประสงค์ พยายามสร้างสรรค์ผลงานและใช้จินตนาการในการออกแบบให้มากที่สุด

6) ขั้นการทดสอบ (Test) เป็นขั้นที่ทดสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาหรือการทำงานของผลงานผ่านการทดสอบ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อดี ข้อจำกัดของผลงานและประสิทธิภาพการทำงาน

7) ขั้นปรับปรุง (Improve) เป็นขั้นที่มีการปรับปรุงพัฒนาผลงาน หารือเกี่ยวกับวิธีการที่ต้องการปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงานโดยมีการแก้ไข หรือวาดออกแบบใหม่



ภาพที่ 4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ถูกพัฒนาโดยนักวิชาการใน TeachEngineering (TeachEngineering STEM Curriculum for K-12, 2018)

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กล่าวถึง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างผลงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

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

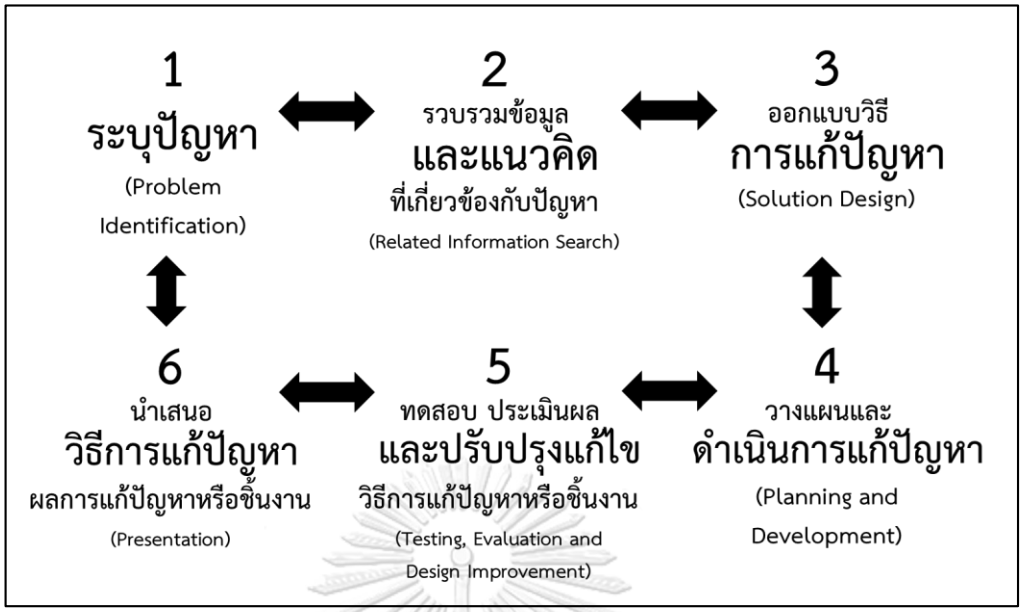
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบผลงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างผลงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างผลงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของผลงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างผลงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป



ภาพที่ 5 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของศูนย์สะเต็มศึกษา
(ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

สุธิดา การีมี (2560: 23-27) ได้กล่าวถึงขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันที่พบเจอ ซึ่งสามารถใช้ทักษะการตั้งคำถามด้วยหลัก 5W 1H เมื่อเกิดสถานการณ์ปัญหาหรือความต้องการ ซึ่งคำถามจากหลัก 5W1H ประกอบด้วย

- Who เป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับบุคคลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ
- What เป็นการตั้งคำถามว่าปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้น คืออะไร
- When เป็นการตั้งคำถามว่าปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นจะเกิดขึ้นเมื่อใด
- Where เป็นการตั้งคำถามว่าปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นจะเกิดขึ้นที่ไหน
- Why เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์สาเหตุว่าทำไมถึงเกิดปัญหาหรือความต้องการ
- How เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์ถึงแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหานั้นจะสามารถทำได้ด้วยวิธีการอย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นขั้นตอนที่รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ และแนวทางการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการตามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 เพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น สอบถามจากผู้รู้ สืบค้นหรือสำรวจจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้จะเป็นการศึกษาองค์ความรู้จากทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอาจมีได้มากกว่า 1 วิธี จากนั้นจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการ ในประเด็นต่าง ๆ เช่น ข้อดี ข้อเสีย ความสอดคล้องและการนำไปใช้ได้จริงของวิธีการแต่ละวิธี ดังนั้นวิธีการที่จะถูกพิจารณาคัดเลือกจะอยู่ภายใต้กรอบของปัญหาหรือความต้องการมาเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือก

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นตอนของการออกแบบผลงานหรือวิธีการโดยการประยุกต์ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่ 2 ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยสื่อสารแนวคิดของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจโดยผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การร่างภาพ การอธิบาย เป็นต้น

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นตอนของการวางลำดับขั้นตอนของการสร้างผลงานหรือวิธีการ จากนั้นจึงลงมือสร้างหรือพัฒนาผลงานหรือวิธีการ เพื่อที่จะนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการขั้นตอนต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบและประเมินผลงานวิธีการที่สร้างขึ้นว่า สามารถทำงานหรือใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้หรือไม่ มีข้อบกพร่องอย่างไร และควรปรับปรุงแก้ไขผลงานหรือแบบจำลองวิธีการในส่วนใด ควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในส่วนนั้นจนได้ผลงานวิธีการที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือผลงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนของการคิดวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลงานหรือวิธีการที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ

จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมข้างต้น ได้สรุปรายละเอียดของขั้นตอนในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	**Khandani (2005)**	**National Research Council (2012)**	**Tayal (2013)**	**Museum of Science Boston (2018)**	**Teach Engineering (2018)**	**ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557)**	**สุธิดา การีมี (2560)**
1. ระบุปัญหา	✓		✓	✓	✓	✓	✓
2. รวบรวมข้อมูลแนวคิด	✓	✓	✓		✓	✓	✓
3. สร้างทางเลือกที่หลากหลาย	✓		✓	✓	✓		
4. วิเคราะห์ข้อดี-ข้อจำกัด	✓		✓		✓		
5. เลือกแนวคิดที่ดีที่สุด		✓	✓	✓		✓	✓
6. ร่างแบบ						✓	✓
7. ลงมือสร้าง			✓	✓	✓	✓	✓
8. ทดสอบและประเมิน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9. ปรับปรุงพัฒนาผลงาน			✓	✓	✓		
10. นำเสนอผลงาน						✓	✓

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางข้างต้น พบว่า ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของแต่ละแนวคิดมีจำนวนขั้นตอนที่แตกต่างกัน แต่มีประเด็นสำคัญในแต่ละขั้นตอนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกแนวคิดของ TeachEngineering STEM Curriculum for K-12 (2018) ที่มีจำนวนขั้นตอน 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการตั้งคำถาม 2) ขั้นการสืบค้นปัญหา 3) ขั้นจินตนาการ 4) ขั้นวางแผน 5) ขั้นสร้าง 6) ขั้นทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ และ 7) ขั้นปรับปรุง มาใช้เป็นหลักในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เนื่องจากเป็นแนวคิดที่มีขั้นตอนที่ครอบคลุมสอดคล้องกับทุกแนวคิด รวมถึงมีขั้นตอนในการสร้างทางเลือกที่หลากหลายและมีการวิเคราะห์ข้อดี-ข้อจำกัดที่เป็นลักษณะเด่นของแนวคิดนี้ที่ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ และถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการศึกษาโดยเฉพาะ มีแนวทางในการนำไปประยุกต์ในการจัดการเรียนการสอนในบริบทต่าง ๆ หลายวิชา เช่น วิชาฟิสิกส์ วิชาเคมี วิชาชีววิทยา วิชาโลกและดาราศาสตร์ หรือวิชาเทคโนโลยี ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน

แต่เนื่องจากแนวคิดของ TeachEngineering STEM Curriculum for K-12 (2018) ไม่ปรากฏถึงขั้นตอนของการนำเสนอผลงานที่จะเป็นสิ่งที่ชี้วัดความเข้าใจในตัวผลงานของนักเรียน และเป็นขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนได้รับผลป้อนกลับในการปรับปรุงและพัฒนาผลงานที่อาจจะส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเพิ่มเติมในส่วนของการแลกเปลี่ยนความคิดในการปรับปรุงชิ้นงาน และการนำเสนอชิ้นงานเข้าไปในขั้นตอนการปรับปรุงชิ้นงานของแนวคิด TeachEngineering เพื่อใช้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียน

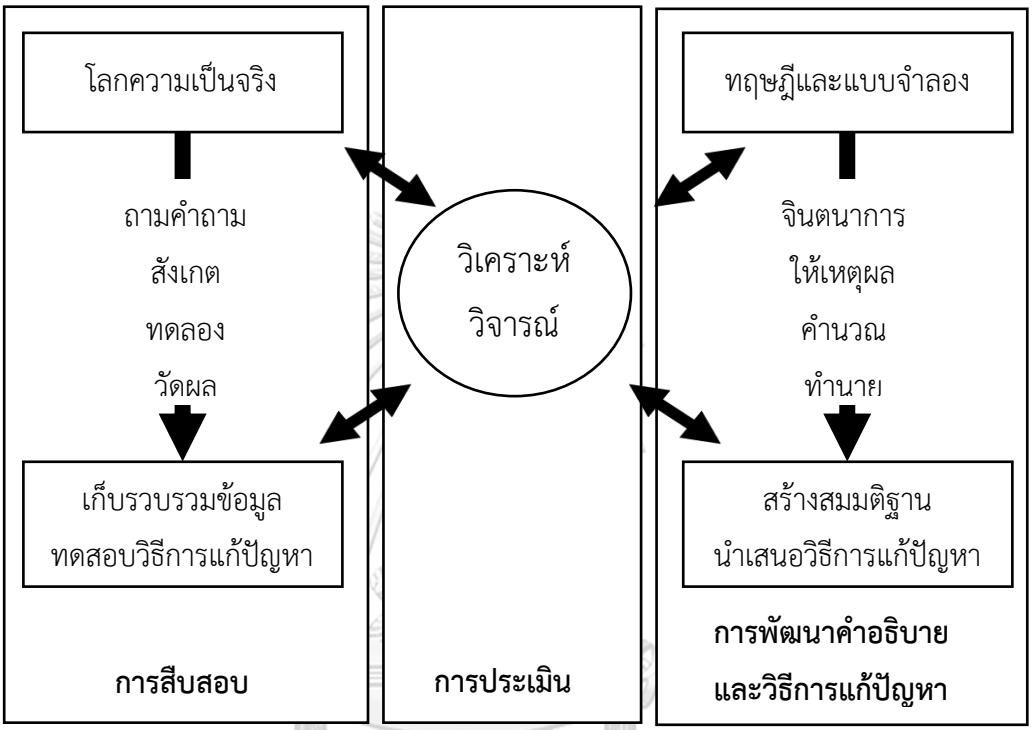
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษา พบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีขั้นตอนคล้ายคลึงกับขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มีนักการศึกษาได้อธิบายไว้ ดังนี้

National Research Council (2012: 41-48) ได้กล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาการสืบสอบ (Inquiry) ร่วมกับออกแบบ (Design) ที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจแนวปฏิบัติของนักวิทยาศาสตร์และวิศวกร คือการออกแบบกิจกรรมเป็น 3 ส่วน ซึ่งในส่วนแรกของกิจกรรมจะเน้นที่

การตรวจสอบเชิงประจักษ์ ส่วนที่สองจะเน้นที่การสร้างคำอธิบายออกแบบโดยใช้เหตุผล ความคิดสร้างสรรค์ และใช้แบบจำลอง และในส่วนที่สามจะเป็นการพัฒนาแบบจำลองและอธิบายตามหลักฐานหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยทั้ง 3 ส่วนจะมีการวิเคราะห์ โต้แย้ง และประเมินค่ารวมอยู่ด้วย ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กิจกรรมทั้ง 3 ส่วนสำหรับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม (National Research Council, 2012: 45)

นอกจากนี้ National Research Council (2012: 41-48) ยังได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทั้ง 2 กระบวนการนี้มีความคล้ายกันในส่วนของการสร้างสรรค์ที่ไม่ได้มีเพียงวิธีการเดียว ซึ่งในแง่ของวิทยาศาสตร์นั้นการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลายวิธีเช่นเดียวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย และนำมาประเมินเพื่อเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมที่สุด แต่สิ่งแตกต่างกัน คือ วิทยาศาสตร์จะมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาคำอธิบายทางทฤษฎีที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยไม่คำนึงถึงการนำไปใช้งาน แต่วิศวกรรมจะเน้นไปที่การนำทฤษฎีมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งทั้ง 2 กระบวนการจะมีการโต้แย้ง แต่ในทางวิศวกรรมจะเป็นการโต้แย้งที่มีเป้าหมายเพื่อประเมิน

การแก้ปัญหาที่คาดหวังเพื่อให้การออกแบบนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด และทำให้ได้วิธีการแก้ปัญหาใหม่ แต่ในทางวิทยาศาสตร์การโต้แย้งจะมีเป้าหมายในการค้นหาทฤษฎีที่เชื่อมโยงกันและครอบคลุมสำหรับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นการหาคำอธิบายที่ดีที่สุดหรือการพัฒนาทฤษฎีใหม่ที่ครอบคลุมมากขึ้น

National Research Council (2012: 49-53) ได้ออกแบบการพัฒนาองค์ประกอบของการฝึกฝนทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ทั้ง 8 ด้าน และได้อธิบายความแตกต่างไว้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การปฏิบัติของนักเรียนที่สังเกตได้ในวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (National Research Council, 2012: 49-53)

การปฏิบัติที่สังเกตได้ในวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (Distinguishing practices in science from those in engineering)	
ด้านวิทยาศาสตร์	**ด้านวิศวกรรมศาสตร์**
1. การตั้งคำถามและกำหนดปัญหา (Asking Questions and Defining Problems)	
วิทยาศาสตร์จะเริ่มตั้งคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ เช่น ทำไมท้องฟ้าถึงสีฟ้า อะไรเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง เป็นต้น และพยายามที่จะพัฒนาทฤษฎีที่ให้คำตอบที่สามารถอธิบายคำถามดังกล่าวได้	วิศวกรรมจะเริ่มตั้งคำถามจากปัญหาความต้องการที่จะแก้ปัญหา เช่น การลดการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินของประเทศจะทำให้เกิดวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เช่น การพัฒนาพลังงานทดแทน กระบวนการขนส่งที่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น
2. การพัฒนาและใช้แบบจำลอง (Developing and Using Models)	
วิทยาศาสตร์จะสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อช่วยพัฒนาคำอธิบายจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ แบบจำลองจะช่วยให้สิ่งที่จินตนาการหรือสิ่งที่ได้จากการสังเกตมีความเป็นไปได้	วิศวกรรมจะสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ระบบที่มีอยู่เพื่อทดสอบข้อบกพร่องหรือเพื่อทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ โดยวิศวกรจะสร้างแบบจำลองให้มีรูปแบบที่หลากหลายเพื่อทดสอบจุดแข็งและข้อจำกัดของการออกแบบ
3. การวางแผนและดำเนินการสืบสอบ (Planning and Carrying Out Investigations)	
การตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์อาจดำเนินการในสนามหรือห้องปฏิบัติการ มีการวางแผน	วิศวกรจะใช้การตรวจสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับระบุเกณฑ์ในการออกแบบ และ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การปฏิบัติที่สังเกตได้ในวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (Distinguishing practices in science from those in engineering)	
ด้านวิทยาศาสตร์	**ด้านวิศวกรรมศาสตร์**
และดำเนินการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ จะต้องมีการบันทึกข้อมูลที่ได้จากตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่กำหนด เพื่อใช้ทดสอบทฤษฎีที่มีอยู่ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่	ทดสอบการออกแบบ ซึ่งวิศวกรจะต้องระบุตัวแปรเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้การออกแบบที่มีประสิทธิภาพ
4. การวิเคราะห์และตีความข้อมูล (Analyzing and Interpreting Data)	
การตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์จะให้ข้อมูลที่ต้องมีการวิเคราะห์เพื่อให้คำอธิบาย เนื่องจากข้อมูลเป็นการพูดถึงในภาพรวม นักวิทยาศาสตร์จะต้องใช้เครื่องมืออย่างหลากหลายรวมถึงการวิเคราะห์เชิงสถิติ มีการระบุระดับนัยสำคัญทางสถิติ	วิศวกรจะวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมในการทดสอบผลของการออกแบบ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันและกำหนดคุณสมบัติให้ตรงตามเกณฑ์ในการออกแบบที่เฉพาะเจาะจง
5. การใช้คณิตศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ (Using Mathematics and Computational Thinking)	
ในวิทยาศาสตร์ ทั้ง 2 สิ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานในการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยจะช่วยทำนายพฤติกรรมของระบบต่าง ๆ และยังช่วยตรวจสอบเชิงสถิติ	ในวิศวกรรมศาสตร์ ทั้ง 2 สิ่งเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบ เช่น วิศวกรโครงสร้างจะใช้คณิตศาสตร์ในการคำนวณแรงที่สะพานสามารถรับได้ หรือคำนวณงบประมาณในการออกแบบ
6. การสร้างคำอธิบายและออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Constructing Explanations and Designing Solutions)	
เป้าหมายของวิทยาศาสตร์คือการสร้างทฤษฎีที่สามารถอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติได้ ทฤษฎีจะเป็นที่ยอมรับได้เมื่อมีการแสดงให้เห็นว่าสามารถอธิบายธรรมชาติได้ดีกว่าทฤษฎีอื่น ๆ เป้าหมายสำหรับนักเรียนคือการสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกันอย่างมีเหตุผลของปรากฏการณ์ต่าง ๆ	การออกแบบทางวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่เป็นระบบในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลอง แต่ละวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกเสนอมาจากเกณฑ์ที่ต้องการ เช่น ความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยี ราคา ความปลอดภัย ความสวยงาม และการปฏิบัติตามข้อกำหนดทางกฎหมาย โดยปกติจะไม่มีวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดเพียงอย่างเดียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปฏิบัติที่สังเกตได้ในวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (Distinguishing practices in science from those in engineering)	
ด้านวิทยาศาสตร์	**ด้านวิศวกรรมศาสตร์**
	แต่มีวิธีแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย ตัวเลือกใดเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผล
7. การมีส่วนร่วมในการโต้แย้งจากหลักฐาน (Engaging in Argument from Evidence)	
ในทางวิทยาศาสตร์การใช้เหตุผลและการโต้แย้งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการระบุจุดแข็งและจุดอ่อนของการใช้เหตุผล และเพื่อค้นหาคำอธิบายที่ดีที่สุดสำหรับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ	ในทางวิศวกรรมศาสตร์การใช้เหตุผลและการโต้แย้งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการหาแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด
8. ผลลัพธ์ การประเมินผล และการนำเสนอข้อมูล (Obtaining, Evaluating, and Communicating Information)	
วิทยาศาสตร์จะไม่สามารถก้าวหน้าได้ หากนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถนำเสนอสิ่งที่ค้นพบได้อย่างชัดเจนและโน้มน้าวผู้อื่นได้ ในทางวิทยาศาสตร์จะเป็นการสื่อสารความคิดโดยอาจใช้ตาราง กราฟ สมการ ให้กับเพื่อนร่วมงานเพื่อประเมินความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับมา	วิศวกรรมศาสตร์จะไม่สามารถผลิตหรือพัฒนานวัตกรรมได้หากจุดแข็งของการออกแบบของเขาไม่ได้ถูกนำเสนอ วิศวกรจะต้องนำเสนอความคิดเห็นในรูปตาราง กราฟ ภาพวาด หรือแบบจำลอง ให้กับเพื่อนร่วมงานเพื่อประเมินข้อมูลและนำไปใช้อย่างเป็นประโยชน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Tayal (2013: 3-4) และ Science Buddies (2019) ได้กล่าวถึงการเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า นักวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทำงานของธรรมชาติแต่วิศวกรจะศึกษาเกี่ยวกับการสร้างสิ่งใหม่ ๆ จึงทำให้วัตถุประสงค์ในการทำงานแตกต่างกัน นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่วิศวกรจะปฏิบัติตามหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม เน้นความคิดสร้างสรรค์ และกระบวนการออกแบบ ซึ่งกระบวนการทั้ง 2 มีความสอดคล้องกันตามตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์และขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Tayal, 2013: 3; Science Buddies, 2019)

ขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
การตั้งคำถาม	การกำหนดปัญหา
การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
การตั้งสมมติฐาน / การระบุตัวแปร	การกำหนดข้อจำกัด เงื่อนไขในการออกแบบ
การออกแบบ และสร้างขั้นตอนการทดลอง	การสร้างแนวคิดทางเลือก เลือกแนวคิดที่ดีที่สุด และพัฒนาแนวคิดนั้น
การตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลอง	การสร้างแบบจำลอง
การวิเคราะห์ผลการทดลองและลงข้อสรุป	การทดลองและปรับปรุงใหม่ถ้าจำเป็น
การนำเสนอผลการทดลอง	การนำเสนอผลงาน

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2559: 52) ได้กล่าวถึง วิธีการทางวิทยาศาสตร์และการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่ามีความคล้ายคลึงกัน แต่มีจุดต่างอยู่ 2 ส่วนสำคัญ คือ 1) วิทยาศาสตร์เริ่มจากการตั้งคำถาม ในขณะที่วิศวกรรมเริ่มจากการกำหนดปัญหา และ 2) วิทยาศาสตร์เน้นสร้างคำอธิบาย ในขณะที่วิศวกรรมเน้นสร้างแนวทางแก้ปัญหา ซึ่งได้สรุปออกมาเป็นตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่างวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2559: 52)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเด็นเปรียบเทียบ	วิทยาศาสตร์ (Science)	วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)
ความเกี่ยวข้อง	การศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ	การแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ
จุดเน้น/ แนวปฏิบัติ	การตั้งคำถาม การสร้างคำอธิบาย	การกำหนดปัญหา การสร้างแนวทางแก้ปัญหา
กระบวนการที่ใช้	กระบวนการสืบสอบ (Inquiry)	กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีขั้นตอนที่คล้ายกัน ต่างกันที่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะเน้นที่การสร้างแนวทาง

การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันมากกว่า ไม่เน้นในด้านศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติ ทำให้มีขั้นตอนของการสร้างแนวคิดที่หลากหลายและพิจารณาแนวคิดที่ดีที่สุดมาทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้แบบจำลองแทนการทดลองทางวิทยาศาสตร์

1.5 แนวทางในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางไว้ ดังนี้

Tayal (2013: 2) กล่าวถึงการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับนักเรียนว่าสิ่งสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2 ประการ คือ กระบวนการออกแบบและการทำงานเป็นทีม ซึ่งจะให้นักเรียนออกแบบเป็นกลุ่มเล็ก ๆ โดยใช้ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และมีการเคารพแนวคิดทั้งหมดที่ได้จากการระดมสมอง และมีการตัดสินใจโดยเคารพเสียงข้างมาก ในขั้นสุดท้ายจะต้องเพิ่มเติมการออกแบบที่สร้างสรรค์ เพื่อให้เขาปรับปรุงหรือขยายแนวคิดเดิม มีการเสริมแรงว่าเป้าหมายสุดท้ายของการออกแบบจะต้องมีการผสมผสานระหว่างประโยชน์ใช้สอยกับความคิดสร้างสรรค์

Grubbs & Strimel (2015: 81-87) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1) เป็นการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เรียบง่าย มีการปฏิบัติจริงแต่ไม่สมจริง กิจกรรมนี้จะดึงดูดความสนใจนักเรียนให้เกิดความท้าทายในด้านวิศวกรรม ซึ่งจะพบมากในกิจกรรมหลักสูตรวิศวกรรมของประเทศสหรัฐอเมริกา (K–12 engineering curricula) เช่น การสร้างหอคอยที่สูงที่สุดโดยใช้มาร์ชเมลโลว์และเส้นสปาเก็ตตี้ ซึ่งอาจจะเป็นกิจกรรมที่ขาดความถูกต้องและอาจไม่ได้มอบทักษะที่จำเป็นในการออกแบบและสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้ได้จริง แต่สามารถนำมาใช้สำหรับการสอนในแต่ละหัวข้อได้ ส่วนวิธีที่ 2) เป็นการให้นักเรียนมีโอกาสในการเลือกวัสดุอุปกรณ์และทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อให้แก้ปัญหาจริง จะต้องใช้ความรู้ในการนำไปประยุกต์เป็นความรู้ใหม่ โดยได้นำเสนอสถานการณ์เพื่อสร้างเป็นปัญหาเชิงวิศวกรรมให้กับนักเรียน เช่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

“ในทีมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมของคุณต้องการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการบำรุงรักษาน้ำที่ไม่แพงแต่มีคุณภาพ มีงบประมาณในการบำรุงรักษาต่ำ ต้นทุนต่ำ และใช้วัสดุที่สามารถกำจัดน้ำเสียได้อย่างรวดเร็ว”

สำหรับกิจกรรมนี้ นักเรียนอาจไม่ได้ถูกดึงดูดให้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เนื่องจากนักเรียนจะได้รับปัญหาในการแก้ไขก่อนจากนั้นจึงได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ผู้สอนในการพัฒนาแบบจำลองของตัวเอง

National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2018) ได้เสนอแนะแนวทางจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่าจะช่วยพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ทักษะการสื่อสาร และการสร้างนวัตกรรม โดยพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่นำขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้น ได้แก่ ขั้นตั้งคำถาม ขั้นจินตนาการ ขั้นวางแผน ขั้นสร้าง ขั้นทดสอบ และขั้นพัฒนา เข้ามาประยุกต์ในการสอนในเนื้อหาด้านฟิสิกส์และอวกาศ ซึ่งในแต่ละกิจกรรมนั้นจะเริ่มจากครูกำหนดวัตถุประสงค์ วัสดุที่ต้องการใช้ และความท้าทายในการออกแบบเพื่อกระตุ้นนักเรียนให้ลงมือทำกิจกรรม และนักเรียนจะได้รับข้อมูลพื้นฐาน คำแนะนำสำหรับแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ มีการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด นักเรียนจะทำงานร่วมกันเพื่อหาทางออกที่ดีที่สุด ซึ่งกิจกรรมที่ได้นำเสนอได้แก่ การออกแบบนาฬิกาน้ำให้มีความแม่นยำที่สุด การออกแบบระบบสื่อสารโดยใช้ด้ายและเชือก การออกแบบเชื้อเพลิงสีเขียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ยานอวกาศกระป๋อง การออกแบบอุปกรณ์สำหรับลากร่มชูชีพ การออกแบบเรือใบแสงอาทิตย์ เป็นต้น

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2559) ได้นำเสนอการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในห้องเรียน หัวข้อ กระบวนการออกแบบห้องทำความเย็น ตามแนวคิดของศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) การระบุปัญหา ได้อธิบายสถานการณ์ว่า ในสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าวจะต้องเก็บผักผลไม้ไว้ในที่อุณหภูมิต่ำเสมอ จึงเกิดคำถามว่า จะสร้างตู้หรือห้องที่มีอุณหภูมิต่ำตลอดเวลาแม้อุณหภูมิภายนอกจะสูงได้อย่างไร 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ได้ศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ 2 แนวคิด ได้แก่ การดูดความร้อนจะทำให้สถานะของสารเปลี่ยนจากของเหลวเป็นไอ และ สสารในสถานะไอจะเปลี่ยนกลับเป็นของเหลวเมื่อได้รับความดันที่สูงขึ้น จึงได้แนวคิดว่าหากนำสารที่สามารถเปลี่ยนสถานะได้ง่ายและมีสมบัติถ่ายเทความร้อนได้ดีมาใช้ (ในที่นี้จะนำมอเตอร์มาสร้างแรงอัด) 3) การทดสอบและประเมินผล มีการออกแบบอุปกรณ์ และทดลองการถ่ายเทความร้อน 4) การวางแผนพัฒนา ออกแบบกระบวนการที่ใช้ต้นทุนต่ำ แต่มีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ โดยเลือกวัสดุต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่เหมาะสมและคำนวณขนาดอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น มอเตอร์ เป็นต้น และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนเหมาะสมกับขนาดห้องทำความเย็น 5) การนำเสนอผลลัพธ์ นำกระบวนการออกแบบมานำเสนอต่อผู้ที่สนใจ เพื่อให้เกิดการผลิตในจำนวนมากและใช้งานในวงกว้างต่อไป

กล่าวโดยสรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมควรเน้นไปที่กระบวนการออกแบบและการทำงานเป็นทีม โดยให้นักเรียนได้มีโอกาสเลือกออกแบบและใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง มีการกระตุ้นให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรม มีการตรวจสอบประสิทธิภาพและปรับปรุงผลงาน

2. การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ (Science Project) ถูกพัฒนามาจากแนวคิดของ Dewey ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นการลงมือปฏิบัติ และได้พัฒนาไปสู่การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning: PBL) ซึ่งในงานวิจัยนี้ขอกล่าวถึงในหัวข้อความสำคัญของโครงงานวิทยาศาสตร์ ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ ประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์ ขั้นตอนของโครงงานวิทยาศาสตร์ และข้อเสนอแนะสำหรับครูในการจัดการเรียนการสอนโครงงาน ดังนี้

2.1 ความสำคัญของโครงงานวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาความสำคัญของโครงงานวิทยาศาสตร์ได้มีนักการศึกษาได้กล่าวไว้หลายท่าน ดังนี้

Bell (2010: 39-40) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยเน้นโครงงานไว้ว่า เป็นกลยุทธ์สำคัญในการสร้างให้นักเรียนเป็นนักคิด นักเรียนจะสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ด้วยตนเอง จะทำให้เกิดทักษะต่าง ๆ ที่มีคุณค่าในอนาคต เช่น การคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้ยังช่วยเสริมสร้างทักษะทางสังคมของนักเรียนในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ทักษะการสื่อสาร รู้จักการเป็นผู้ฟังที่ดี

Larmer, Mergendoller, & Boss (2015: 1-2) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสอนโครงงานไว้ว่าเป็นการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหา สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความมั่นใจ สามารถจัดการเวลาและการทำงานได้อย่าง

มีประสิทธิภาพ มีทักษะการสื่อสารที่ดีกับบุคคลอื่น นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานยังช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เตรียมนักเรียนให้เป็นบุคคลที่มีประสิทธิภาพ

ธีระชัย ปูรณโชติ (2531 : 3-6) ได้กล่าวถึงความสำคัญและประโยชน์ของโครงงานวิทยาศาสตร์ ไว้ดังต่อไปนี้

1. ช่วยส่งเสริมจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและการเรียนวิทยาศาสตร์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. ช่วยให้นักเรียนมีโอกาสเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงด้วยตนเองโดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

3. ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้มากกว่าการสอนแบบปกติ

4. ช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

5. ช่วยให้นักเรียนเข้าใจลักษณะและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดียิ่งขึ้น

6. ช่วยพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และการมีวิจารณญาณ

7. ช่วยพัฒนานักเรียนให้เกิดความเชื่อมั่นในตนเอง

8. ช่วยพัฒนานักเรียนให้เป็นคนที่คิดเป็น ทำเป็น และมีความสามารถในการแก้ปัญหา

9. ช่วยพัฒนาความรับผิดชอบ และสร้างวินัยในตนเองให้เกิดขึ้นกับนักเรียน

10. ช่วยให้นักเรียนได้ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์และมีคุณค่า

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และ ราเชน มีศรี (2553: 56-75) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานว่า จะช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดต่าง ๆ เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดประเมินค่า ทักษะการสื่อความหมาย และทักษะการสื่อสาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การสอนโครงงานช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดที่สำคัญ เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดประเมินค่า และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา ช่วยพัฒนาทักษะและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาทักษะทางสังคม เช่น ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น ทักษะการสื่อสาร และสร้างวินัยในตนเองอีกด้วย

2.2 ความหมายของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนโดยเน้นโครงงานได้มีนักการศึกษาได้กล่าวความหมายไว้หลายท่าน ดังนี้

Krajcik & Blumenfeld (2006: 317) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นโครงงานไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการ ได้แก่ 1) มีการตั้งคำถามหรือปัญหาเพื่อแก้ปัญหานั้น 2) นักเรียนมีการสำรวจปัญหา และได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการ 3) นักเรียน ครู และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจะต้องทำงานร่วมกันเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาที่ตอบสนองต่อสังคม 4) ในขณะสืบสอบ นักเรียนแต่ละคนมีส่วนช่วยในการพัฒนาเพื่อน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน 5) นักเรียนมีการนำเสนอผลงานในการแก้ปัญหาในห้องเรียน

Bell (2010: 39) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นโครงงานไว้ว่า เป็นระบบที่กระตุ้นให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ นักเรียนจะแสวงหาความรู้โดยการตั้งคำถามที่เชื่อมโยงกับธรรมชาติและได้รับคำแนะนำจากครู ต้นกำเนิดของการเรียนการสอนแบบเน้นโครงงานคือการเรียนรู้แบบสืบสอบ (inquiry)

Capraro, Capraro, & Morgan (2013: 1-2) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานว่า เป็นกระบวนการที่ช่วยให้ปัญหาของนักเรียนถูกแก้ ซึ่งจะให้ประสบการณ์ที่จำเป็นแก่นักเรียนผ่านการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

Lepe & Jiménez-Rodrigo (2014: 78) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานว่า เป็นการให้นักเรียนทำงานร่วมกัน โดยมีการวางแผนการพัฒนาและประเมินโครงงาน ซึ่งเป็นวิธีการที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาหรือหาคำตอบสำหรับปัญหาที่ซับซ้อน โดยปัญหาที่ศึกษามาจากความสนใจของนักเรียนเอง

Kokotsaki, Menzies, & Wiggins (2016: 267) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้โดยเน้นโครงงานว่า เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนสามารถกำหนดการตรวจสอบและกำหนดเป้าหมายของการศึกษาด้วยตนเอง มีการทำงานร่วมกัน การสื่อสารและการสะท้อนคิดผ่านการลงมือปฏิบัติจริง

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2550: 1) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานไว้ว่า เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ หรือการค้นคว้าหาคำตอบในสิ่งที่นักเรียนอยากรู้หรือสงสัยด้วยวิธีการต่าง ๆ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เลือก

ศึกษาตามความสนใจของตนเองหรือของกลุ่ม เป็นการตัดสินใจร่วมกันจนได้ผลงานที่สามารถนำผลการศึกษาไปใช้ได้ในชีวิตจริง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และ ราเชน มีศรี (2553: 25) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนการสอนโครงงานว่า เป็นการศึกษาเพื่อค้นพบความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ และวิธีการใหม่ด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีครูและผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำปรึกษา โดยที่ความรู้ใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ หรือวิธีการใหม่นั้นทั้งนักเรียนและครูไม่เคยรู้หรือมีประสบการณ์มาก่อน

ทิศนา แขมมณี (2560: 138-140) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงการหรือโครงงานเป็นฐานสรุปได้ว่า เป็นการจัดสภาพการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ มีการสำรวจ สังเกต วางแผนการทำโครงงานร่วมกัน ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นและลงมือปฏิบัติงานตามแผนที่วางไว้จนได้ข้อค้นพบหรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ แล้วจึงเขียนรายงานนำเสนอต่อผู้ที่สนใจ มีการสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ทั้งหมด

โดยในการจัดการเรียนการสอนโครงงานถูกนำมาประยุกต์ใช้ในหลายวิชา โดยเฉพาะในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีการจัดทำโครงงานโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

Krajcik & Czerniak (2014) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะสำคัญ 4 ประการ ได้แก่ 1) มีการทำโครงงานที่เกี่ยวข้องกับชีวิตของนักเรียน โดยนักเรียนจะตั้งปัญหาและแก้ปัญหาในสิ่งที่มีความหมายและความสำคัญต่อตนเอง 2) นักเรียนมีการวางแผนและตรวจสอบเพื่อตอบคำถามด้วยตนเอง 3) นักเรียน ครู และสังคมทำงานร่วมกันในการแก้ปัญหาจากคำถามที่นักเรียนตั้ง 4) นักเรียนใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เพื่อสำรวจพัฒนาสิ่งประดิษฐ์หรือผลิตภัณฑ์ โดยจะต้องใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และ ราเชน มีศรี (2553: 27) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ว่า เป็นวิธีของการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนทำโครงงานโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนได้ใช้ความคิดต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอน เป็นการพัฒนานักเรียนให้มีทักษะการคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ หมายถึง รูปแบบ กระบวนการหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีการตั้งปัญหาในสิ่งที่มีความเชื่อมโยงกับนักเรียน มีการวางแผนเพื่อตอบคำถาม โดยครูทำงานร่วมกับนักเรียนในการหาคำตอบ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดและสะท้อนการคิดผ่านการลงมือปฏิบัติจริง

2.3 ประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์ ได้มีนักการศึกษาได้แบ่งประเภทไว้ ดังนี้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และ ราเชน มีศรี (2553: 28-32) ได้แบ่งประเภทของการทำโครงงานโดยใช้เกณฑ์ของผลที่ได้รับไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1) โครงงานสำรวจ

เป็นการสำรวจความรู้ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติหรือในปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วนำข้อมูลที่ได้นั้นมาจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่เพื่อนำเสนอในแบบต่าง ๆ

2) โครงงานทดลอง

เป็นการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งว่าจะเกิดอะไรขึ้นเมื่อมีการทดลองสิ่งที่จัดกระทำขึ้น คือ ตัวแปรต้น เพื่อศึกษาว่าจะมีผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษา คือ ตัวแปรตาม อย่างไรด้วยมีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ คือ ตัวแปรควบคุมที่อาจส่งผลต่อตัวแปรตาม

3) โครงงานประดิษฐ์

เป็นการนำความรู้ ทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดมาประยุกต์โดยประดิษฐ์เป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในชีวิตประจำวัน โดยอาจจะเป็นการประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่หรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และดัดแปลงของเดิมที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้

โดยโครงงานทั้ง 3 ประเภท มีความเหมือนและความแตกต่างกัน ดังตาราง 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างการทำโครงงานสำรวจ โครงงานทดลอง และโครงงานสิ่งประดิษฐ์ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และ ราเชน มีศรี, 2553: 30)

ความเหมือน	**ความแตกต่าง**		
	โครงงานสำรวจ	**โครงงานทดลอง**	**โครงงานสิ่งประดิษฐ์**
1. ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนทำเอง	1. หาคำตอบที่มีอยู่แล้ว	1. ยังไม่มีคำตอบที่ชัดเจน/ถูกต้อง	1. สร้าง/ประดิษฐ์/พัฒนาผลงานใหม่ พร้อมด้วยวิธีการใหม่ สูตรใหม่
2. ได้องค์ความรู้ใหม่/ผลงานใหม่	2. ใช้วิธีการหาข้อมูลที่หลากหลาย เช่น สังเกต สอบถาม สัมภาษณ์ สืบค้น	2. ต้องมีการตรวจสอบโดยมีตัวแปรต้น/ตัวแปรจัดกระทำ	2. ต้องมีการทดลองเชิงพัฒนาและบันทึกข้อมูลเป็นระยะ ๆ
3. ปัญหาเริ่มจากการคิด/สังเคราะห์การริเริ่ม	3. ต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูล และอาจใช้ตัวเลขประกอบการวิเคราะห์	3. เก็บข้อมูลด้วยการทดลอง	3. เก็บข้อมูลด้วยการสำรวจและทดลองเป็นระยะ ๆ จนกว่าจะได้สิ่งประดิษฐ์

จากตาราง พบว่าโครงงานวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ประเภทมีการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้องค์ความรู้ใหม่เช่นเดียวกัน แต่แตกต่างกันในแง่ของลักษณะกิจกรรมการค้นคว้า และการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เน้นไปที่โครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์ โดยที่โครงงานสิ่งประดิษฐ์และงานประดิษฐ์มีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังตาราง 6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบลักษณะระหว่างโครงงานประดิษฐ์กับงานประดิษฐ์ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และ ราเชน มีศรี, 2553: 32)

รายการ	โครงงานประดิษฐ์	งานประดิษฐ์
1. วิธีดำเนินการ	ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และมีการทดลองเป็นระยะ ๆ	ทำตามแบบหรือวิธีการที่กำหนดไว้ให้แล้ว
2. ผลผลิต	สิ่งประดิษฐ์ใหม่ ผลงานใหม่ และองค์ความรู้ใหม่	งานประดิษฐ์ตามแบบ
3. บทบาทครู	แนะนำและให้คำปรึกษา	สอนและบอกโดยตรง
4. บทบาทนักเรียน	สร้างผลงานเองตามความสนใจ	สร้างผลงานตามแบบที่กำหนด
5. การพัฒนาทักษะการคิด	พัฒนาทักษะการคิดต่าง ๆ เช่น คิดสร้างสรรค์ คิดสังเคราะห์ เป็นต้น	พัฒนาการนำความรู้ไปใช้

จากตาราง พบว่า โครงงานสิ่งประดิษฐ์แตกต่างจากงานประดิษฐ์ เนื่องจากมีการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มาหาคำตอบ โดยจะได้สิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่ไม่เหมือนกับรูปแบบเดิม ซึ่งจะช่วยพัฒนาทักษะการคิดต่าง ๆ ได้มากกว่างานประดิษฐ์

2.4 ขั้นตอนของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

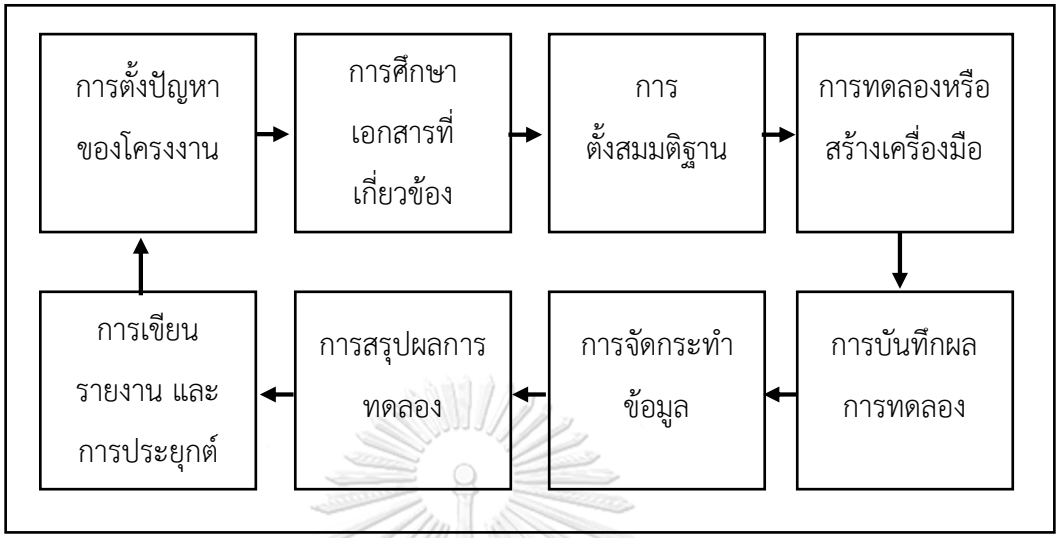
จากการศึกษาขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ได้มีนักศึกษาได้เสนอขั้นตอนไว้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Holt (2006: 3) ได้นำเสนอขั้นตอนการทำโครงงานโดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) การตั้งปัญหาของโครงงาน เพื่อหาปัญหาที่สำคัญมาใช้ในการทำโรงงาน
2) การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง และหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม
3) การตั้งสมมติฐาน เพื่อทำนายผลที่จะเกิดขึ้นโดยใช้ความรู้ที่สืบค้นมา
4) การทดลองหรือสร้างเครื่องมือ ในการค้นหาคำตอบ
5) การบันทึกผลการทดลอง จากการทดลองหลาย ๆ ครั้ง
6) การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูลออกมาในรูปของผังกราฟิก
7) การสรุปผลการทดลอง ว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่
8) การเขียนรายงาน และการนำไปประยุกต์ในชีวิตจริง

โดยสามารถสรุปเป็นวงจรดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของ Holt (2006: 3)

Page county schools (2013: 3) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ขั้นตอน ดังนี้

1) การเลือกหัวข้อหรือปัญหาในการทำโครงงาน

2) การตั้งคำถามสำคัญในการทำโครงงาน

3) การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการทำโครงงาน

4) การตั้งสมมติฐาน

5) การออกแบบ วางแผนการทำโครงงาน

6) การระบุวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำโครงงาน

7) การจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำโครงงาน

8) การดำเนินการทดลองหรือปฏิบัติ

9) การเก็บรวบรวมข้อมูล

10) การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลจากการทดลอง

11) การสรุปผลการทดลอง

12) การเตรียมรายงานผลโดยใช้กราฟ การวาดภาพ แผนผัง

13) การเตรียมความพร้อมในการนำเสนอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Science Buddies (2019) ได้นำเสนอขั้นตอนของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการตั้งคำถาม เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการทำโครงงาน โดยเลือกหัวข้อที่สนใจ และเมื่อเลือกหัวข้อที่สนใจแล้วจะต้องตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

2) ขั้นศึกษางานที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะช่วยให้สามารถออกแบบการทดลอง และทำให้เข้าใจในโครงงานของตนเองมากขึ้น ซึ่งควรค้นหาข้อมูลที่น่าเชื่อถืออย่างน้อย 3 แหล่ง โดยข้อมูลจะต้องไม่เก่าเกินไป ไม่ลำเอียง

3) ขั้นตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรต่าง ๆ เป็นขั้นตอนที่กำหนดคำตอบเบื้องต้นของคำถามการทดลอง และออกแบบการทดลอง

4) ขั้นทดสอบสมมติฐาน เป็นขั้นตอนการปฏิบัติตามขั้นตอนที่ออกแบบเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งควรวางแผนการทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง และมีการบันทึกผลการทดลองอย่างเป็นระบบระเบียบ

5) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบสมมติฐานมาพิจารณาเพื่อลงข้อสรุป มีการระบุว่าผลที่ได้สอดคล้องหรือขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร และให้คำอธิบายผลที่เกิดขึ้น

6) ขั้นรายงานผลการทดลอง เป็นขั้นการนำเสนอผลงานโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยอาจจะจัดทำเป็นรูปเล่ม หรือนิทรรศการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2550: 2-3) ได้แบ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นโครงงานเป็น 3 ระยะใหญ่ ได้แก่

ระยะที่ 1 การเริ่มต้นโครงงาน เป็นระยะที่ผู้สอนต้องสังเกตและสร้างความสนใจให้นักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจในการกำหนดหัวข้อโครงงาน และได้เลือกหัวข้อที่ต้องการศึกษา

ระยะที่ 2 การพัฒนาโครงงาน เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาที่นักเรียนอยากรู้ แล้วตั้งสมมติฐานเพื่อตอบปัญหานั้น มีการทดสอบสมมติฐานด้วยการลงมือปฏิบัติจนค้นพบคำตอบด้วยตนเอง

ระยะที่ 3 ขั้นสรุป เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการทำโครงงานแก่ผู้อื่น โดยการเขียนรายงานเป็นรูปเล่มหรือการนำเสนอโครงงานในรูปแบบต่าง ๆ

กล่าวโดยสรุป ขั้นตอนในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการตั้งคำถาม เป็นขั้นที่พิจารณาหัวข้อที่สนใจจากสภาพปัญหาต่าง ๆ

2) ขั้นศึกษางานที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นศึกษาหาวิธีการตรวจสอบสมมติฐานที่เหมาะสม

3) ขั้นตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรต่าง ๆ เป็นขั้นการตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่วางไว้ และออกแบบการทดสอบสมมติฐาน

4) ขั้นทดสอบสมมติฐาน เป็นขั้นการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

5) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นขั้นที่นำข้อมูลมาลงข้อสรุปและอภิปรายผล

6) ขั้นรายงานผลการทดลอง เป็นขั้นตอนการนำเสนอผลงานให้ผู้อื่นในรูปของรูปเล่ม หรือรูปแบบต่างๆ

2.5 สภาพการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์

ในช่วงปี 2554 – 2563 ได้มีนักการศึกษาหลายท่านศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้หลากหลายรูปแบบ สรุปได้ดังนี้

สุวิจักขณ์ อธิคมกุลชัย (2554) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์จะจัดผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยสืบค้นความรู้จากแหล่งข้อมูลในท้องถิ่นและนำมาวิเคราะห์ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำโครงงานวิทยาศาสตร์

เฉลิมวุฒิ ศุภสุข (2555) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์สามารถนำองค์ประกอบหลักของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่ 1) การนิยามปัญหา 2) การแก้ปัญหา 3) การวิเคราะห์ 4) การทดลอง 5) การตัดสินใจ และ 6) การทำงานเป็นทีมหรือการสื่อสาร มาประยุกต์กับวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเลือกหัวข้อ ออกแบบการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สายชล รื่นรวย (2556) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตามหลักวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมิน ซึ่งครูมีหน้าที่ช่วยเหลือ และจัดเตรียมสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สำรวจค้นหาด้วยตนเอง โดยแบ่งชุดกิจกรรมเป็น 3 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1

เกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 2 เกี่ยวกับความหมายและประเภทของโครงงาน และชุดที่ 3 เกี่ยวกับการคิดและเลือกหัวข้อโครงงาน

วิภาวี ผานิล (2558) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ดำเนินการในรายวิชาที่เป็นหลักสูตรของโรงเรียน นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกหัวข้อโครงงานวิทยาศาสตร์ตามความสนใจ โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดและแก้ปัญหาผ่านกระบวนการสืบเสาะ โดยส่วนใหญ่นักเรียนจะทำโครงงานวิทยาศาสตร์กันในเวลาว่างที่ไม่มีคาบเรียน

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2560) ได้นำสะเต็มศึกษามาบูรณาการในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานเป็นฐานในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อเป็นกิจกรรมต้นแบบของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน โดยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทบทวนความรู้เดิม 2) การเชื่อมโยงความรู้ใหม่ 3) การเข้าใจปัญหา 4) การวางแผนพัฒนา 5) การสะท้อนความคิด 6) การสร้างสรรค์ชิ้นงาน 7) การเล่าขานความรู้ใหม่ และ 8) การใส่ใจต่อความคิด

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเน้นใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งอาจมีการนำองค์ประกอบของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กิจกรรมสะเต็มศึกษา หรือการสร้างชุดกิจกรรมมาประยุกต์ โดยให้นักเรียนคิดเลือกหัวข้อตามความสนใจเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาในท้องถิ่น และครูมีหน้าที่ช่วยเหลือและใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6 ข้อเสนอแนะสำหรับครูในการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาข้อเสนอแนะสำหรับครูในการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ ได้มีนักการศึกษาได้อธิบายไว้ ดังนี้

Capraro, Capraro, & Morgan (2013: 273-274) ได้สรุปถึงสิ่งที่ครูควรปฏิบัติในการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นโครงงาน ดังนี้

1) มีการจัดการเวลา (Time management) โดยอาจจะมีตารางเวลา และแผนดำเนินงานเพื่อให้นักเรียนสามารถทำโครงงานได้เสร็จตามแผนที่วางไว้

2) การเริ่มต้นทำงาน (Getting started) โดยให้นักเรียนวางแผนการทำงานให้ดีก่อนที่จะเริ่มทำงาน มีการกระตุ้นนักเรียนและให้คำแนะนำในการทำงานตามแผนที่วางไว้

3) การสร้างวัฒนธรรมที่เน้นให้นักเรียนช่วยเหลือตนเอง (Establishing a culture that stresses student self-management) โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบงานด้วยตนเอง รับผิดชอบสิ่งที่ตนเองได้ตัดสินใจ

4) การจัดการกลุ่ม (Managing student groups) โดยเน้นการสร้างระบบกลุ่มที่ส่งเสริมการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน มีการติดตามความก้าวหน้าของกลุ่มผ่านการอภิปรายหรือการตรวจสอบบันทึกหลักฐานความก้าวหน้า

5) การทำงานกับผู้อื่นนอกห้องเรียน (Working with others outside the classroom) โดยมีการปรึกษาครู ผู้ปกครอง หรือผู้คนในชุมชนเพื่อหาคนที่สามารถให้คำแนะนำในการทำโครงงาน

6) การใช้ทรัพยากรเทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์ (Getting the most out of technological resources) โดยใช้สืบค้นข้อมูลอย่างมีคุณภาพ ซึ่งจะฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

7) การประเมินนักเรียนและประเมินโครงงาน (Assessing students and evaluating project) โดยใช้การประเมินที่หลากหลาย ให้ความสำคัญกับบุคคลมากกว่าประสิทธิภาพของกลุ่ม มีการประเมินข้อมูลจากรายงานโครงงาน และจากโครงงานของนักเรียน

ชาตรี เกิดธรรม (2539: 45-46) ได้กล่าวถึง สิ่งที่ครูควรคำนึงถึงในการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) ความยากง่ายของเรื่องต้องเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน ถ้าหากเรื่องที่นักเรียนสนใจยากเกินไป ครูควรปรับให้มีความง่ายขึ้น

2) ความแปลกใหม่ของเรื่อง ซึ่งเป็นความแปลกใหม่ของนักเรียนที่ศึกษาไม่ใช่ของครู ครูอาจมีการชี้แนะปรับปรุงเรื่องที่นักเรียนนำมาเสนอให้น่าสนใจขึ้น

3) ระยะเวลาในการทำโครงงานไม่ควรยาวจนเกินไป เพราะอาจทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายได้ โดยระยะเวลาในช่วงนี้นักเรียนลงมือปฏิบัติในระดับชั้นประถมศึกษาหรือระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นไม่ควรเกิน 4 สัปดาห์

4) โครงงานของนักเรียนควรดำเนินการจนสำเร็จทุกขั้นตอน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอผลงานในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น งานสัปดาห์วิทยาศาสตร์ หรืองานประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ ฯลฯ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิในและสนใจในวิทยาศาสตร์ต่อไป

5) ครูควรสร้างบรรยากาศที่ดีในการจัดการเรียนการสอน พยายามทำเรื่องที่ยากให้เป็นเรื่องที่ง่าย สิ่งใดที่นักเรียนทำผิดพลาดก็ควรแนะนำหรือตักเตือนด้วยความเมตตา รวมทั้งควรสร้างความเป็นกันเองระหว่างครูที่ปรึกษากับนักเรียน

6) ครูที่ปรึกษาเป็นเพียงผู้แนะแนวทาง และช่วยแก้ปัญหาในกรณีที่ปัญหานั้นมีความยากเกินไปเท่านั้น ไม่ใช่ผู้ทำโครงงาน ดังนั้นจึงต้องฝึกฝนให้นักเรียนคิด ทำ และแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองให้ได้มากที่สุด

กล่าวโดยสรุป ครูผู้สอนโครงงานวิทยาศาสตร์ควรเป็นผู้ชี้แนะแนวทาง ควรคำนึงถึงความยากง่ายของเรื่องที่นักเรียนนำเสนอและระยะเวลาในการจัดทำโครงงาน รวมทั้งบรรยากาศในการให้คำแนะนำหรือให้ข้อเสนอแนะโดยเน้นให้นักเรียนช่วยเหลือตนเอง มีการเน้นกระบวนการกลุ่มและเทคโนโลยีที่ส่งเสริมการเรียนรู้ และมีการประเมินนักเรียนโดยใช้การประเมินที่หลากหลาย

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving: CPS) ถูกพัฒนาขึ้นโดย Alex Osborn ตั้งแต่ปี 1952 โดยได้มีการนำรูปแบบนี้มาประยุกต์ในการศึกษาทุกระดับ (Treffinger, 1995) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะขอกล่าวถึงในหัวข้อ ความสำคัญ ความหมาย แนวคิดของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ การคิดสร้างสรรค์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการแก้ปัญหา แนวทางในการพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และแนวทางในการวัดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1 ความสำคัญของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

จากการศึกษาเกี่ยวกับความสำคัญของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ได้มีนักวิชาการได้ให้ความสำคัญมากมาย ดังนี้

Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval (2005: 2) กล่าวว่า การใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ จะช่วยพัฒนาความสามารถของนักเรียน ดังนี้

1) สามารถตระหนักถึงโอกาส ความท้าทาย และความวิตกกังวลในการทำงาน

2) สามารถตรวจสอบข้อมูลสำคัญในสิ่งที่คุณค้นพบ

3) สามารถพิจารณาหลายทางเลือกในการแก้ปัญหา และเลือกวิธีการที่เฉพาะเจาะจงกับสถานการณ์นั้น

4) สามารถสร้างความคิดที่หลากหลาย และแปลกใหม่สำหรับการแก้ปัญหา

5) สามารถระบุปัญหา เลือกใช้เครื่องมือ วิเคราะห์ และพัฒนาความคิดที่น่าสนใจได้

6) สามารถตรวจสอบความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหาจากแผนการที่วางไว้

Treffinger (2007: 8) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ว่าเป็นสิ่งที่จะช่วยให้นักเรียนมีการจัดการชีวิตอย่างมีประสิทธิภาพ และมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและหลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลเชิงบวกต่อชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพในอนาคต ซึ่งถือได้ว่าการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นเครื่องมือสำคัญการจัดการความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นและเป็นการพัฒนาพรสวรรค์ของตนเอง

Proctor (2010: 3-8) ได้กล่าวถึงการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาสรุปได้ว่า การคิดสร้างสรรค์จะก่อให้เกิดนวัตกรรม ซึ่งหากนำมาใช้แก้ปัญหาจะส่งผลให้เกิดอุปกรณ์ กระบวนการ หรือเทคนิคที่แปลกใหม่ เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ซึ่งจะเกิดกับคนที่อยากรู้อยากเห็นและมีส่วนร่วมในการหาโอกาส ความเป็นไปได้ในการสร้างนวัตกรรม

Baumgartner (2013) ได้กล่าวว่า ในกระบวนการริเริ่มสิ่งใหม่หรือการสร้างนวัตกรรมจำเป็นที่จะต้องใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นหลัก ซึ่งจะช่วยให้พัฒนาแนวคิดที่ดีและมีประสิทธิภาพ

Creative Education Foundation (2014b: 5) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เต็มไปด้วยความคิดสร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรม

2. ช่วยให้สามารถใช้เครื่องมือและวิธีการที่หลากหลายที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

3. ช่วยฝึกฝนการใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อนำไปใช้ในอนาคตในการทำงานและชีวิตประจำวัน

4. ช่วยให้สามารถนำหลักการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไปประยุกต์ในกระบวนการอื่น

มนูญ ตนะวัฒนา (2539: 55) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ว่า ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์จะกล้าเผชิญต่อปัญหาที่ซับซ้อนและมีการคิดพิจารณาตัดสินใจได้อย่างอิสระ โดยจะคิดหาวิธีการแก้ไขจากแหล่งกำเนิดแปลก ๆ ที่แตกต่างกันมากมาย ให้ข้อเสนอแนะที่แปลกกว่าคนอื่น ๆ ซึ่งจะนำไปสู่สิ่งที่ดีในเวลาต่อมา

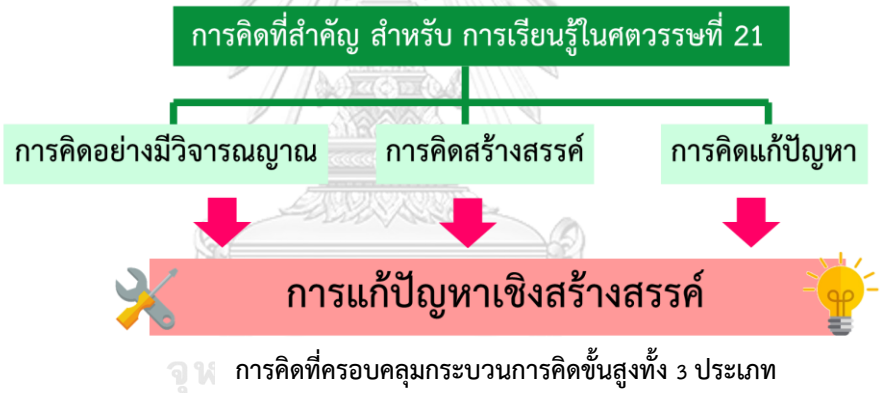
ชำนิ จิตตรีประเสริฐ (2543: 10-11) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สรุปได้ว่าเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีการที่นอกจากจะช่วยให้แก้ปัญหาได้แล้ว ยังสามารถนำมาใช้พัฒนาคุณภาพวิธีการแก้ปัญหา หรือคุณภาพผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เพราะว่าการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้นจำเป็นจะต้องหาหนทางใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา การแก้ปัญหาที่จะได้ผลในระดับนี้จะต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์มาเสริมในกระบวนการแก้ปัญหา

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2556: 28-31) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ สรุปได้ว่า ในโลกปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว และมีความสลับซับซ้อนมากขึ้น การแก้ปัญหาด้วยวิธีการเดิม ๆ มักใช้ไม่ได้ผล เราจึงจำเป็นต้องคิดสร้างสรรค์ซึ่งจะช่วยให้เราแก้ปัญหาเดิมด้วยวิธีการใหม่ทำให้ได้สิ่งที่ดีกว่า นอกจากนี้ยังช่วยนำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ทางวิทยาศาสตร์ หรือก่อให้เกิดนวัตกรรม

พรสวรรค์ วงค์ตาธรรม (2558: 118-120) กล่าวว่า การคิดที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) การคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) การคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking) และการคิดที่ครอบคลุมกระบวนการคิดของทักษะการคิดขั้นสูงทั้ง 3 ประเภท คือ การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ดังภาพที่ 8



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 8 การแสดงการคิดที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

กล่าวโดยสรุป ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีความสำคัญต่อการพัฒนานักเรียนเพื่อให้สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมในการพัฒนาคุณภาพชีวิต กล้าเผชิญต่อปัญหาที่ซับซ้อน ช่วยพัฒนาการคิดที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่นำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรม

3.2 ความหมายของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้มีนักวิชาการได้ให้ความหมายมากมาย ดังนี้

Mitchell & Kowalik (1999: 4) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นวิธีการคิดและพฤติกรรมตามคำจำกัดความ 3 คำ ดังนี้ 1) การสร้างสรรค์ เป็นแนวคิดที่มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร สร้างวิธีการที่มีคุณค่าและเชื่อมโยงกับปัญหา 2) ปัญหาต่าง ๆ ที่ถูกนำเสนอจะต้องมีความท้าทาย 3) วิธีแก้ไขปัญหา เป็นวิธีคิดที่จะหาวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จึงเป็นกระบวนการหรือวิธีการเพื่อที่จะเข้าถึงปัญหาและแก้ปัญหานั้น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval (2010: 1) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ คือ รูปแบบที่จะช่วยให้สามารถแก้ปัญหาหรือจัดการเปลี่ยนแปลงได้อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นรูปแบบที่เชื่อมโยงกับความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาตามธรรมชาติ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

Baumgartner (2013) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการที่ถูกกำหนดไว้ที่จะช่วยให้สามารถกำหนดปัญหาและแก้ปัญหาได้ตามที่ตั้งไว้ สร้างความคิดในการแก้ปัญหาและประเมินความคิดเหล่านั้นเพื่อหาแนวทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งคนที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงสามารถแสดงกระบวนการนี้ได้ตามธรรมชาติ

Creative Education Foundation (2014b: 8) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เป็นวิธีที่ใช้แก้ไขปัญหาโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้คนสามารถกำหนดปัญหาตามสภาพจริง หลังจากนั้นจะสร้างวิธีการแก้ปัญหาใหม่หรือสร้างนวัตกรรมแล้วดำเนินการ ซึ่งการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จะเป็นผลรวมของคำต่อไปนี้ 1) ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง นวัตกรรมและความแปลกใหม่ 2) ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความท้าทาย และโอกาสในการแก้ปัญหา 3) การแก้ปัญหา หมายถึง การคิดหาคำตอบ และตอบสนองต่อสถานการณ์โดยการกระทำ

Althuizen & Reichel (2016: 11-12) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ คือ กระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาปลายเปิดที่ต้องการความคิดสร้างสรรค์ เช่น การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดวนซ้ำในการนำเสนอปัญหา เตรียมปัญหา สร้างแนวคิด ประเมินแนวคิด เลือกแนวคิด และนำแนวคิดไปใช้ ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันของความคิดอเนกนัย และความคิดเอกนัย

ชำนิ จิตตรีประเสริฐ (2543: 5-8) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ คือ พฤติกรรมการแก้ปัญหาที่ได้ผลอย่างสร้างสรรค์ เป็นการแก้ปัญหาด้วยวิธีใหม่ที่ได้ผลกว่าวิธีทั่ว ๆ ไป ซึ่งจะส่งผลสูงกว่าวิธีทั่ว ๆ ไป

สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ (2558: 2) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ คือ กระบวนการแก้ไขสถานการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ หรือเป็นขั้นตอนของการบรรลุความต้องการโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ และความคิดวิจารณญาณ การใช้ความคิดทั้งสองที่กล่าวถึง ได้แก่ ผู้แก้ไขปัญหาจะใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการคิดวิธีการแก้ปัญหาให้ลึกและมีความหลากหลายโดยปราศจากการตัดสินว่าดีหรือถูกต้อง จากนั้นจึงประเมินและเลือกวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้การคิดวิจารณญาณเพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด พร้อมทั้งนำวิธีการแก้ปัญหานั้นมาวางแผนการแก้ปัญหาบนเงื่อนไข บริบท ทรัพยากรที่มีอยู่ และนำแผนการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ โดยเชื่อมั่นว่าสามารถแก้ปัญหาและกำกับตนเองขณะทำการแก้ปัญหาได้ เพื่อสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กล่าวโดยสรุป การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ คือ พฤติกรรม รูปแบบวิธีการคิด หรือกระบวนการคิดหาคำตอบและวิธีการที่แปลกใหม่มาใช้ในการแก้ปัญหาจนได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพกว่าวิธีทั่ว ๆ ไป เป็นกระบวนการทางความคิดที่มีการวิเคราะห์ปัญหา ออกแบบและพัฒนาแนวคิดใหม่ ๆ อย่างหลากหลายและตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณและนำมาใช้แก้ปัญหา

3.3 แนวคิดของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ได้มีนักวิชาการได้ให้แนวคิดไว้มากมายโดยเริ่มจาก Alex Osborn ได้สร้างแบบแผนกระบวนการปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไว้เป็นคนแรก โดยใช้ชื่อว่า Creative Problem Solving (CPS) โดยมีทั้งหมด 6 รูปแบบหลัก และมี 14 รูปแบบย่อย ดังตารางที่ 7 (Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval 2010: 6-7)

ตารางที่ 7 การพัฒนาแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

รูปแบบ	ปีที่ตีพิมพ์	คำอธิบาย
การสร้างความหมายหรือคำอธิบายของกระบวนการเชิงสร้างสรรค์		
1.0	1952, 1953, 1957	Alex Osborn ให้คำอธิบายในการนำความคิดสร้างสรรค์ไปประยุกต์ในกระบวนการการปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 7 ขั้นตอน
1.1	1963, 1967	Alex Osborn ปรับปรุงขั้นตอนให้เหลือ 3 ขั้นตอน

รูปแบบ	ปีที่ตีพิมพ์	คำอธิบาย
การเตรียม CPS สู่การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์		
2.0	1966	Sidney Parnes เข้าร่วมปรับปรุง และได้พัฒนารูปแบบ 1.1 จนเกิดขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของ Osborn-Parnes 5 ขั้นตอน
2.1	1967	Sidney Parnes นำพฤติกรรมเชิงสร้างสรรค์รวมกับ Osborn-Parnes 5 ขั้นตอน และปรับให้เป็นรูปแบบเกลียว
2.2	1976, 1977	Noller, Parnes, & Biondi เพิ่มขั้นตอนย่อย การนำไปใช้ และปรับรูปภาพให้อยู่ในแนวนอนเพื่อให้สื่อความหมายชัดเจนและไม่สับสน
2.3	1982	Treffinger, Isaksen, & Firestien ปรับรูปแบบของตารางให้เป็นแนวตั้ง และให้ความสำคัญกับการเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมากขึ้น
2.4	1988	Sidney Parnes ปรับเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอจากเวอร์ชัน 2.3
การเชื่อมโยงบุคคลสู่กระบวนการ คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล		
3.0	1985	Treffinger, Isaksen, & Firestien เพิ่มขั้นค้นหาสภาพปัญหา (Mess-Finding) เป็น 6 ขั้นตอน และปรับแต่ละขั้นตอนเป็น 2 ประเภท คือ ขั้นตอนที่แตกต่างกัน กับ ขั้นตอนที่มาบรรจบกัน
ลดขั้นตอน		
4.0	1987, 1989, 1991, 1992	Treffinger & Isaksen ได้แบ่ง 6 ขั้นตอนออกเป็น 3 ส่วนหลัก เพื่อให้นำไปใช้ได้สะดวกขึ้น
ใช้วิธีการอธิบายและใช้แนวคิดที่ต่างจาก Osborn-Parnes เพื่อให้สอดคล้องต่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์		
5.0	1993	Dorval & Isaksen ได้ปรับแก้รูปแบบ 3 ขั้นตอน ลงในผังกราฟิก
5.1	1994	Isaksen, Dorval, & Treffinger ได้เพิ่มแนวคิดในการประเมินผลงาน
5.2	1994	Isaksen, Dorval, & Treffinger ได้เพิ่มการประเมินผลงานและกระบวนการวางแผน
บูรณาการรูปแบบเข้ากับกรอบการทำงานในระบบ มีการประเมินงาน		
6.0	1998	Isaksen, Dorval, & Treffinger ได้พัฒนาให้เป็นระบบที่เปิดกว้างและยืดหยุ่น มีกลไกการวางแผนกระบวนการที่ชัดเจน
6.1	2000, 2006, 2011	Isaksen, Dorval, & Treffinger ปรับแก้โดยประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบและ 8 ขั้นตอน

จากตารางข้างต้น พบว่า กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาถึง 6 รูปแบบหลัก และ 14 รูปแบบย่อย โดยจะขออธิบายรูปแบบเวอร์ชันละ 1 รูปแบบ ได้แก่ เวอร์ชัน 1.0 , 2.2 , 3.0 , 4.0 , 5.0 และ 6.1 ซึ่งเป็นรูปแบบที่นิยมใช้และมีการพัฒนาต่อยอดกันมาตามลำดับ ดังนี้

1) กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 1.0

กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 1.0 โดย Alex Osborn ได้แบ่งขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้ (Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2004: 78-79)

1. การกำหนดปัญหา (Orientation) คือ การระบุประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น

2. การเตรียมการ (Preparation) คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

3. การวิเคราะห์ (Analysis) คือ การวิเคราะห์ข้อมูล คิดพิจารณาออกเป็นส่วนย่อย

4. การตั้งสมมติฐาน (Hypothesis) คือ การพิจารณาอย่างรอบคอบและหาทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด

5. การบ่มเพาะความคิด (Incubation) คือ การศึกษาข้อมูลและทำให้ความคิดนั้นชัดเจนขึ้น

6. การสังเคราะห์ (Synthesis) คือ การนำเอาความคิดต่าง ๆ มารวมกัน

7. การตรวจสอบ (Verification) คือ การตัดสินใจเลือกคำตอบที่ดีที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 2.2

ในปี 1950 Alex Osborn ได้ร่วมทีมกับ Sidney Parnes เพื่อพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็น 5 ขั้นตอน (Parnes, 1967 อ้างถึงใน Treffinger, 1995: 302) และในกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 2.2 ได้แบ่งขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้ (Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2004: 80; Treffinger & Isaksen, 2005: 344)

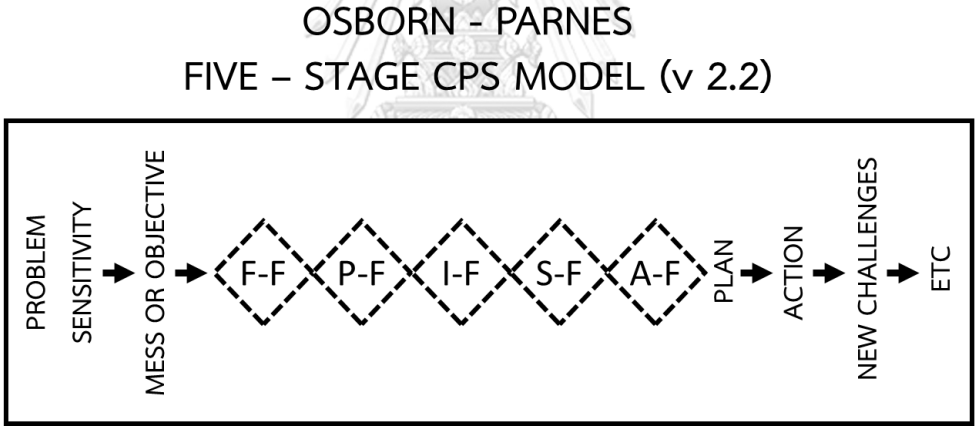
1. การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact-Finding) เป็นการรวบรวมข้อมูลจากทุกมุมมองของสถานการณ์ อาจใช้คำถาม ใคร อะไร เมื่อไร ที่ไหน ทำไม และอย่างไร

2. การค้นหาปัญหา (Problem-Finding) เป็นการวิเคราะห์ปัญหา โดยพิจารณาเปรียบเทียบสาเหตุต่าง ๆ แล้วจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุนั้นเพื่อเลือกสาเหตุที่สำคัญที่สุดในการค้นหาวิธีแก้ไข

3. การค้นหาความคิด (Idea-Finding) เป็นการระดมความคิด ค้นหาความคิดที่หลากหลายเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาตามปัญหาที่ตั้งไว้ หาขั้นตอนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ให้ได้มากที่สุด โดยไม่คำนึงถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในขั้นตอนนี้

4. การค้นหาวิธีการแก้ปัญหา (Solution-Finding) เป็นการพิจารณาคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณา และประเมินการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับเกณฑ์ที่กำหนด

5. การค้นหาการยอมรับ (Acceptance-Finding) เป็นการวางแผนการแก้ปัญหา โดยแสดงรายละเอียดขั้นตอนการแก้ปัญหา ผลที่เกิดขึ้น และพิสูจน์วิธีการแก้ปัญหาว่าสามารถนำไปใช้ได้จริง



ภาพที่ 9 รูปแบบ Osborn-Parnes 5-stage CPS model เวอร์ชัน 2.2
Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval (2004: 6)

3) กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 3.0

ในกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 3.0 พัฒนาขึ้นโดย Treffinger และ Isaksen ในปี 1985 ซึ่งได้ปรับจากรูปแบบของ Osborn และ Parnes โดยแบ่งขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังตารางที่ 8 (Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2004: 83; Alexander, 2007: 62)

ตารางที่ 8 แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 3.0

กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 3.0 (Creative Problem Solving v. 3.0)		
รูปแบบการคิดแบบอเนกนัย (Divergent Phase)	**การตอบสนองต่อปัญหา (Problem Sensitivity)**	**รูปแบบการคิดแบบเอกนัย (Convergent Phase)**
ใช้ประสบการณ์ บทบาทสมมติ สถานการณ์ เพื่อหาโอกาสในการสร้างปัญหา	การค้นหาสถานการณ์ (Mass finding)	สร้างความท้าทายในการยอมรับและมองว่าตนเองต้องแก้ปัญหานั้น
เก็บข้อมูลจากมุมมองที่แตกต่างกันของสถานการณ์นั้น ทั้งด้านข่าวสาร ความรู้สึก ความประทับใจ	การค้นหาข้อมูล (Data finding)	เลือกข้อมูลที่สำคัญที่สุดมาวิเคราะห์และให้คำนิยาม
สร้างปัญหาและปัญหาย่อยต่าง ๆ ที่เป็นไปได้จากสถานการณ์ที่กำหนด	การค้นหาปัญหา (Problem finding)	เลือกปัญหาสำคัญที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา
สร้างแนวคิดการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ให้หลากหลายที่สุดและพัฒนาแนวคิดนั้น ๆ	การค้นหาแนวคิด (Idea finding)	เลือกแนวคิดที่น่าสนใจและสามารถนำไปใช้ได้จริง
สร้างเกณฑ์ที่หลากหลายและเป็นไปได้เพื่อนำมาใช้ประเมินแนวคิด	การค้นหาวิธีแก้ปัญหา (Solution finding)	เลือกเกณฑ์ที่สำคัญและมีมาตรฐานมาใช้ในการประเมินจุดแข็ง จุดที่ต้องปรับปรุงของแนวคิด
พิจารณาถึงสิ่งจำเป็นทรัพยากรต่าง ๆ ที่ต้องใช้แก้ปัญหา และระบุขั้นตอนในการแก้ปัญหา	การค้นหาการยอมรับ (Acceptance finding)	วางแผนการแก้ปัญหาอย่างเจาะจง
	ความท้าทายใหม่ (New challenges)	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตาราง พบว่า แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 3.0 ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การค้นหาสถานการณ์ 2) การค้นหาข้อมูล 3) การค้นหาปัญหา 4) การค้นหาแนวคิด 5) การค้นหาวิธีการแก้ปัญหา และ 6) การค้นหาการยอมรับ โดยในแต่ละขั้นตอนจะมีรูปแบบการคิดทั้งการคิดแบบอเนกนัยและการคิดแบบเอกนัย

4) กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 4.0

ในกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 4.0 ถูกพัฒนาขึ้นเนื่องจาก Treffinger และ Isaksen มองเห็นถึงปัญหาการนำไปใช้จริงว่ามีขั้นตอนมากเกินไป จึงแบ่งกระบวนการสร้างสรรค์ออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนย่อยที่จะช่วยให้แก้ปัญหาได้สำเร็จ ดังตารางที่ 9 (Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2004: 88; Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2005: 344; Alexander, 2007: 64)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 4.0

ส่วนประกอบและขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 4.0 (Creative Problem Solving components and stages v. 4.0)		
1. การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem)		
การค้นหาสถานการณ์ (Mass finding)	Divergent	ค้นหาโอกาสที่จะแก้ปัญหา
	Convergent	สร้างเป้าหมายในภาพกว้างเพื่อนำมาแก้ปัญหา
การค้นหาข้อมูล (Data finding)	Divergent	พิจารณาหาข้อมูล รายละเอียดจากหลาย ๆ มุมมอง
	Convergent	ตัดสินใจเลือกข้อมูลที่สำคัญเพื่อนำมาใช้นิยามปัญหา
การค้นหาปัญหา (Problem finding)	Divergent	พิจารณาปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์
	Convergent	สร้างหรือเลือกปัญหาที่สำคัญเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา
2. การก่อกำเนิดความคิด (Generating idea)		
การค้นหาแนวคิด (Idea finding)	Divergent	สร้างแนวคิดการแก้ปัญหาให้หลากหลายและแปลกใหม่
	Convergent	พิจารณาความเป็นไปได้ และเลือกแนวคิดที่น่าสนใจ
3. การวางแผนปฏิบัติงาน (Planning for action)		
การค้นหาวิธีแก้ปัญหา (Solution finding)	Divergent	พิจารณาเกณฑ์สำหรับการประเมินแนวคิดการแก้ปัญหา
	Convergent	เลือกเกณฑ์ที่เหมาะสมในการประเมินแนวคิด
การค้นหาการยอมรับ (Acceptance finding)	Divergent	พิจารณาทรัพยากรที่จะสนับสนุนการแก้ปัญหา
	Convergent	สร้างแผนดำเนินการการแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตาราง พบว่า แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 4.0 ได้นำขั้นตอนของแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 3.0 มารวมเป็น 3 องค์ประกอบใหญ่ ได้แก่ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2) การก่อกำเนิดความคิด และ 3) การวางแผนปฏิบัติงาน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะมีรูปแบบการคิดทั้งการคิดแบบอเนกนัยและการคิดแบบเอกนัย

5) กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 5.0

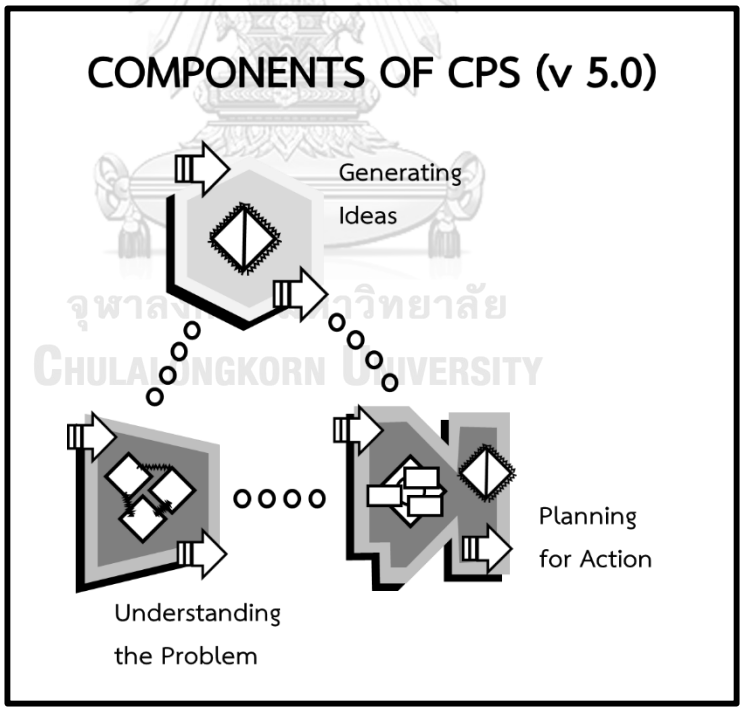
กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 5.0 ถูกพัฒนาขึ้นโดย Treffinger, Isaksen และ Stead-Dorval ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบให้เป็นวงจร โดยแยกส่วนประกอบขั้นตอนการแก้ปัญหาเป็น 3 ส่วนเช่นเดิม ดังนี้ (Treffinger & Isaksen, 2005: 346)

1. การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the challenge) เป็นการพิจารณาสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อเลือกปัญหาสำคัญนำมาใช้แก้ปัญหา

2. การก่อกำเนิดแนวคิด (Generating ideas) เป็นการสร้างแนวคิดแก้ปัญหาให้หลากหลายและแปลกใหม่ แล้วเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาแก้ปัญหา

3. การวางแผนปฏิบัติงาน (Planning for action) เป็นการเลือกแนวคิดที่เหมาะสมมาแก้ปัญหา

โดยในกระบวนการกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 5.0 จะมีลักษณะเป็นวงจร โดยเมื่อมีการนำแนวคิดมาใช้แก้ปัญหาแล้วจะมีการทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้นใหม่



ภาพที่ 10 แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 5.0
Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2004: 91; Alexander, 2007: 64)

6) กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 6.1

กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 6.1 ถูกพัฒนาขึ้นโดย Treffinger, Isaksen และ Stead-Dorval โดยปรับเปลี่ยนกระบวนการเป็น 4 ขั้นตอน ซึ่งเป็นแบบแผนที่มีความยืดหยุ่นและเหมาะกับทุกสถานการณ์ ดังนี้ (Treffinger & Isaksen, 2005: 347-348)

1. การทำความเข้าใจกับสิ่งท้าทาย (Understanding the challenge)

โดยจะทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับผลที่เกิดจากปัญหา บุคคลหรือสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยแบ่งออกเป็น

1.1 การสร้างโอกาส (Constructing opportunities)

1.2 การสำรวจข้อมูล (Exploring data)

1.3 การกำหนดกรอบของปัญหา (Framing problem)

2. การก่อกำเนิดแนวคิด (Generating ideas)

เป็นการหาแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกแนวคิดที่เป็นไปได้

3. การวางแผนปฏิบัติการ (Planning for action)

เป็นการเตรียมการและพัฒนาวิธีแก้ปัญหา โดยแบ่งออกเป็น

3.1 การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา (Developing solution)

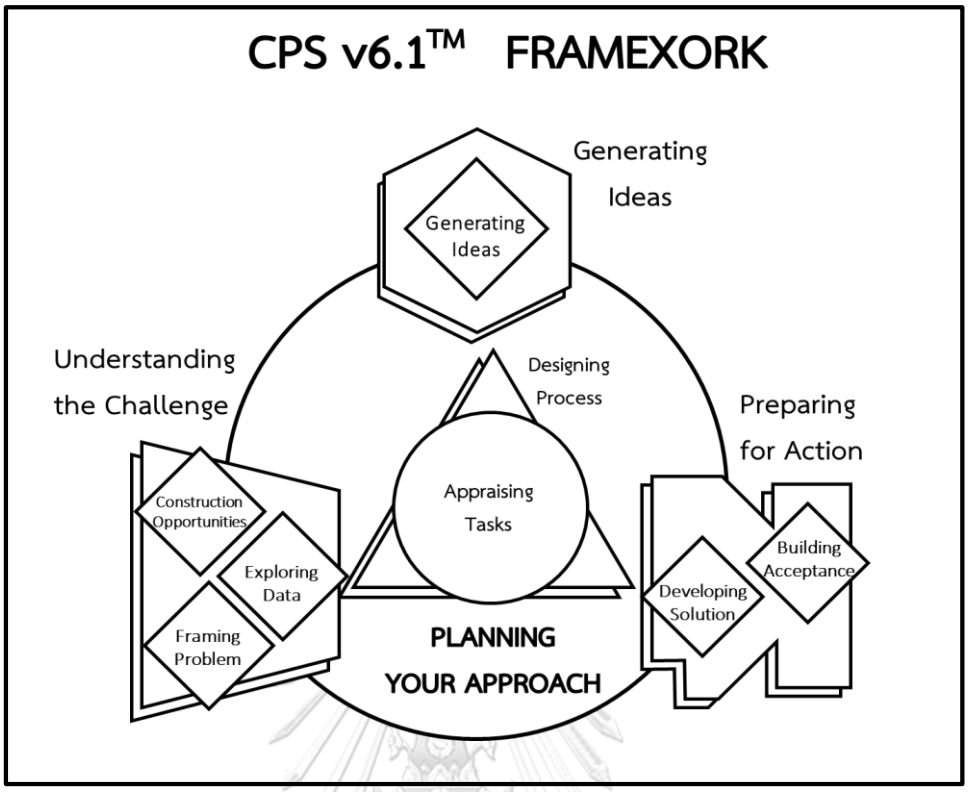
3.2 การสร้างการยอมรับ (Building Acceptance)

4. การประเมินงานและผลงาน (Appraising tasks)

เป็นส่วนที่เพิ่มเติมในเวอร์ชัน 6.1 ซึ่งสามารถปรับแก้ได้ตามสถานการณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 6.1 สามารถแสดงได้เป็นภาพที่ 11 ดังนี้



ภาพที่ 11 แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เวอร์ชัน 6.1
(Treffinger & Isaksen, 2005: 348)

มูลนิธิการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Education Foundation : CEF) (2014b: 16-23) องค์กรที่ถูกก่อตั้งโดย Alex Osborn ได้มีการพัฒนาเพิ่มเติมแบบแผนกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อีกหลายรูปแบบ ซึ่งในปี 2009 Puccio ได้สังเคราะห์รูปแบบร่วมกับ Miller และ Thurber ออกมาเป็นรูปแบบ FourSight โดยสรุปได้ 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน (Clarify)

เป็นขั้นที่ชี้แจงจุดมุ่งหมาย เพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา และกำหนดรูปแบบของคำถาม โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1) การสำรวจสถานการณ์ เป็นการกำหนดปัญหาหลักที่ต้องการได้กับการแก้ไข ระบุเป้าหมายของปัญหาและความท้าทาย โดยอาจจะใช้การทำผังความคิด การเล่าเรื่อง เป็นต้น

2) การรวบรวมข้อมูล โดยอธิบายและรวมรวมข้อมูลเพื่อให้เข้าใจปัญหาได้ชัดเจน

3) การกำหนดปัญหา สร้างคำถามสำคัญที่นำไปสู่การแก้ปัญหา

2. การสำรวจแนวคิด (Ideate)

เป็นขั้นที่จะสร้างและสำรวจแนวคิดที่หลากหลายที่สุดเท่าที่เป็นไปได้เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งความคิดนี้ขึ้นกับคำถามในขั้นแรก โดยอาจจะใช้ การทำผังความคิด เทคนิคการตั้งคำถามเพื่อสร้างความคิดสร้างสรรค์ (SCAMPER) การอุปมาอุปมัย การสร้างแบบจำลอง เป็นต้น

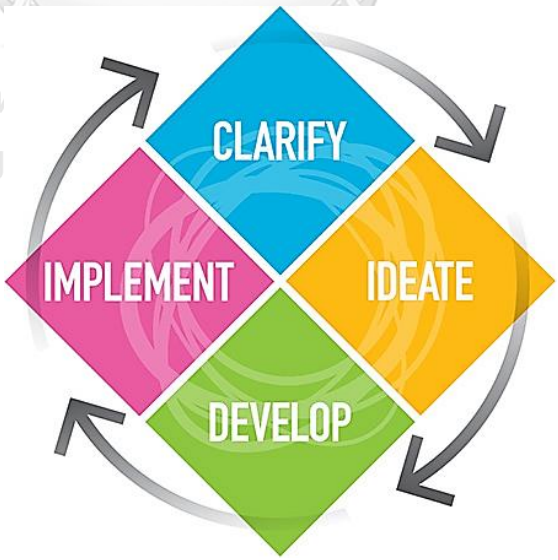
3. การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา (Develop)

เป็นขั้นที่ความคิดจะกลายเป็นวิธีการแก้ปัญหา โดยจะต้องมีการประเมินและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดเมื่อต้องการนำแนวคิดมาใช้แก้ปัญหา พิจารณาจุดแข็ง ข้อจำกัด โดยอาจจะใช้รูบริคในการประเมิน หรือการร่างแบบจำลองและระบุรายละเอียดแบบจำลอง

4. การดำเนินการแก้ปัญหา (Implement)

เป็นขั้นการสำรวจ ระบุทรัพยากรที่จำเป็น งบประมาณ และการดำเนินการที่จะช่วยให้วิธีการแก้ปัญหานั้นประสบความสำเร็จ เป็นการเปลี่ยนแนวคิดที่เลือกให้เป็นกระบวนการในรูปแบบของแผนการทำงาน

ซึ่งรูปแบบ FourSight ของมูลนิธิการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ สามารถสรุปได้เป็นรูปภาพที่ 12 ดังนี้



ภาพที่ 12 แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดย Creative Education Foundation (Creative Education Foundation, 2014b: 16)

Baumgartner (2013) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มุ่งเน้นไปยังนวัตกรรม โดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. การอธิบายปัญหาให้ชัดเจนและระบุปัญหา (Clarify and identify the problem) เป็นการระบุปัญหาหรือเป้าหมายที่แท้จริง

2. การวิจัยปัญหา (Research the problem) เป็นการศึกษาปัญหาเพื่อทำความเข้าใจให้ดีขึ้น

3. การสร้างความท้าทายในการสร้างสรรค์ (Formulate one or more creative challenges) เป็นการเปลี่ยนปัญหาให้เป็นความท้าทาย และมุ่งเน้นไปที่ปัญหาที่สำคัญที่สุดเพียงปัญหาเดียว

4. การสร้างแนวคิด (Generate ideas) เป็นการสร้างความคิดที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาจำนวนมาก อาจจะมาจากการระดมสมองร่วมด้วย

5. การรวมและประเมินแนวคิด (Combine and evaluate ideas) เป็นการนำแนวคิดทั้งหมดมารวมเข้าด้วยกัน และใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกแนวคิด

6. การวางแผนปฏิบัติการ (Draw up an action plan) เป็นการร่างแผนปฏิบัติการที่จะต้องดำเนินการด้วยขั้นตอนย่อย ๆ

7. การนำแนวคิดไปใช้ (implement the ideas) เป็นการนำแผนปฏิบัติการไปใช้

สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554: 6-8) และ สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ (2558: 2) ได้สรุปขั้นตอนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ซึ่งสังเคราะห์แนวคิดจากนักวิชาการทั้งในและต่างประเทศ ได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเข้าถึงปัญหา หมายถึง การทำความเข้าใจ รับรู้ความท้าทายที่มีต่อสถานการณ์ ทำความรู้จักกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา โดยมีการสำรวจข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอย่างรอบด้าน ระบุปัญหาที่แท้จริงที่จะต้องแก้ไข กำหนดกรอบของปัญหา โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) เห็นความสำคัญ หมายถึง ขั้นตอนการระบุและอธิบายความสำคัญของสถานการณ์ที่เป็นปัญหาทั้งในความคิดของตนเองและผู้อื่น

2) การสำรวจข้อมูล หมายถึง การสำรวจและพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อทำให้สถานการณ์มีความชัดเจน ประกอบด้วยการศึกษาลักษณะหรือสาเหตุของเหตุการณ์ รวมถึงความสัมพันธ์กับปัญหาอื่น ๆ

3) การระบุปัญหา หมายถึง การตัดสินใจเลือกปัญหาที่แท้จริงที่จะต้องนำมาแก้ไขหรือเรียกว่าเป็นปัญหาที่แท้จริง

ขั้นตอนที่ 2 การคิดวิธีการแก้ปัญหา คือ การคิดหาวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์หรือปรับวิธีการแก้ปัญหาจากแนวคิดการแก้ปัญหาเดิมที่มีอยู่ ซึ่งการคิดในขั้นนี้ไม่มีการตัดสินว่าถูกหรือผิด

ขั้นตอนที่ 3 การเลือกและเตรียมการ คือ การทำให้วิธีการแก้ปัญหาเป็นรูปธรรม มีการประเมินวิธีการแก้ปัญหาด้วยเกณฑ์ที่สร้างขึ้นจนได้วิธีที่ดีที่สุด จากนั้นจึงพิจารณาสิ่งสนับสนุนและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการแก้ปัญหาและวางแผนใหม่ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การเลือกวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

2) การคาดการณ์ผลกระทบ หมายถึง การระบุสิ่งสนับสนุนและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการแก้ปัญหา ระบุทรัพยากรที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 การวางแผนการแก้ปัญหา คือ การวางแนวทางการแก้ปัญหา พิจารณาถึงความสามารถและข้อจำกัดของบุคคล บริบท เงื่อนไข ทรัพยากร และอุปสรรค โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การประเมินทรัพยากร หมายถึง การระบุแนวทางและทรัพยากรที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา

2) การออกแบบกระบวนการ หมายถึง การวางขั้นตอนและกิจกรรมการแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มพร้อมกับระบุขั้นตอนการทำงานให้เกิดประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 5 การลงมือปฏิบัติ หมายถึง การนำแผนที่วางไว้ไปปฏิบัติจริง โดยมีการกำกับและติดตามการแก้ปัญหา มีการเปรียบเทียบผลการแก้ปัญหากับเป้าหมายที่วางไว้ ประเมินพฤติกรรมการแก้ปัญหาโดยการสังเกต อาจมีการเสริมแรงตนเองหากแก้ปัญหาได้ตามแผนที่วางไว้ ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย

1) การลงมือปฏิบัติตามแผน หมายถึง การปฏิบัติตามแผน สังเกต สะท้อนและปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหา

2) การเผชิญปัญหา หมายถึง การจัดการกับความรู้สึกของตนเองระหว่างการแก้ปัญหา ประกอบด้วยการสังเกตและบันทึกพฤติกรรมของตน เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ควบคุมตน และเสริมแรงตนเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พีชญาณ์ พานะกิจ (2558: 150) ได้สังเคราะห์องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ขึ้นมา 5 ด้าน ได้แก่

1. ความสามารถในการค้นพบความจริง (Fact Finding Ability) หมายถึง ความสามารถในการค้นหาข้อมูลจากสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดไว้ เพื่อการตัดสินและพิจารณาสภาพปัญหาที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาโดยตรง

2. ความสามารถในการค้นพบปัญหา (Problem Finding Ability) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน และระบุสาเหตุของปัญหา

3. ความสามารถในการค้นหาแนวคิด (Idea Finding Ability) หมายถึง ความสามารถในการค้นหาแนวคิดหรือขอบเขตของปัญหาเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา

4. ความสามารถในการค้นหาคำตอบ (Solution Finding Ability) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดเกณฑ์ที่ได้มาตรฐานและการแสดงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนในการแก้ปัญหาโดยระบุผลที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน เพื่อเป็นทางเลือกที่ได้เลือกไว้ไปใช้ในการแก้ปัญหา

5. ความสามารถในการสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ (Creating New Challenge Ability) หมายถึง การนำแนวคิดที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เป็นแนวคิดใหม่ หรือวิธีการใหม่เพื่อการสร้างสรรค์ผลงาน

จากแนวคิดของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ข้างต้น ได้สรุปรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้โดยนำองค์ประกอบของมูลนิธิการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ (CEF) เป็นรูปแบบหลัก ดังตารางที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์องค์ประกอบของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ที่	องค์ประกอบของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	CEF (2014)	V. 1.0 (1952)	V. 2.2 (1976)	V. 3.0 (1985)	V. 4.0 (1987)	V. 6.1 (2003)	Baumgartner (2013)	สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554) และสถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ (2558)	พีชญาณ์ พานะกิจ (2558)
องค์ประกอบที่ 1 การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน										
1.1	การค้นหาสภาพปัญหาจากสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนด	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.2	การเก็บรวบรวมข้อมูล ทำความเข้าใจกับปัญหา ระบุสาเหตุของปัญหา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.3	การระบุปัญหาที่ต้องการแก้ที่สำคัญที่สุด สร้างคำถามที่นำไปสู่การแก้ปัญหา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1.4	การจัดลำดับความสำคัญเพื่อเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ที่สุด			✓		✓				
องค์ประกอบที่ 2 การสำรวจแนวคิด										
2.1	การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาในปริมาณที่มาก หลายรูปแบบ	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา										
3.1	การพิจารณาและเลือกความคิดที่เหมาะสมมากที่สุด	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3.2	การกำหนดเกณฑ์ในการเลือกวิธีแก้ปัญหา	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓
3.3	การบอกข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละวิธี	✓		✓					✓	

ที่	องค์ประกอบของ การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	CEF (2014)	V. 1.0 (1952)	V. 2.2 (1976)	V. 3.0 (1985)	V. 4.0 (1987)	V. 6.1 (2003)	Baumgartner (2013)	สิทธิชัย ชมพูพาท์ (2554) และ สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ (2558)	พีชญาณ์ พานะกิจ (2558)
องค์ประกอบที่ 4 การดำเนินการแก้ปัญหา										
4.1	การวิเคราะห์ นิยาม และปรับความคิดให้เป็นรูปธรรม	✓					✓			
4.2	การวางแผน แสดงรายละเอียดขั้นตอนของวิธีแก้ปัญหาที่เลือก	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
4.3	การนำวิธีการที่เลือกไว้ไปประยุกต์ในสถานการณ์จริง และระบุผลที่เกิดขึ้น			✓			✓	✓	✓	✓
4.4	การประเมินกระบวนการและผลงาน						✓		✓	

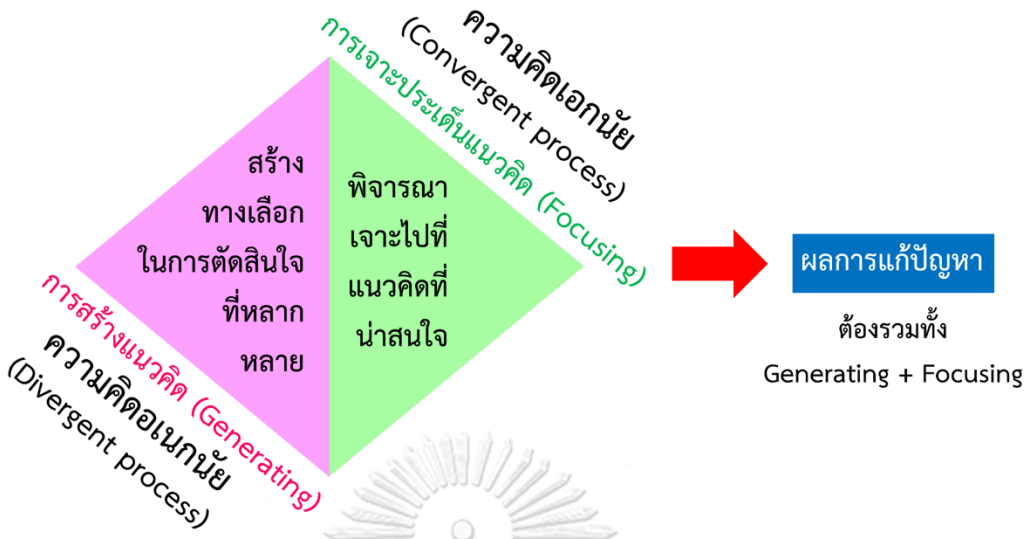
จากตารางข้างต้น สรุปได้ว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน เป็นความสามารถในการค้นหาสภาพปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล และระบุปัญหาสำคัญได้ 2) การสำรวจแนวคิด เป็นการค้นหารูปแบบวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย 3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา เป็นการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด โดยมีเกณฑ์เพื่อใช้พิจารณา 4) การดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการวางแผน แสดงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก และนำไปประยุกต์กับสถานการณ์จริง

3.4 การคิดสร้างสรรค์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จะเป็นจะต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการแก้ปัญหา ซึ่งได้มีนักวิชาการได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ของการคิดทั้งสองไว้ ดังนี้

Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval (2005: 2-4) กล่าวว่า การคิดสร้างสรรค์กับคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นความคิดที่ตรงข้ามกัน แต่จะส่งเสริมซึ่งกันและกัน กล่าวคือ การคิดสร้างสรรค์จะส่งผลให้คนมองภาพกว้าง ได้แนวคิดที่หลากหลาย ในขณะเดียวกันการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะวิเคราะห์แนวคิดเชิงลึก ซึ่งการคิดเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งจะไม่เป็นประโยชน์ การคิดทั้งสองจะต้องทำงานร่วมกัน การแก้ปัญหาให้สำเร็จจะต้องการความคิดทั้งสองโดยมีขั้นตอนการทำงาน คือ 1) การคิดสร้างสรรค์ จะเกี่ยวกับการพิจารณาในความขัดแย้ง โอกาส ความท้าทาย และการหาความเชื่อมโยงใหม่ ๆ เพื่อสร้างความเป็นไปได้ในหลายวิธี แนวคิดที่แปลกใหม่ และรายละเอียดของแนวคิดต่าง ๆ ซึ่งมักจะอธิบายเหมือน ความคิดอเนกนัย (Divergent process) ที่จะเริ่มจากปัญหาหรือคำถามเดียว แต่จะขยายการค้นหาในหลากหลายทางเลือก สร้างทางเลือกใหม่ ๆ ที่เป็นไปได้ ซึ่งเปรียบได้กับ การสร้าง (Generating) เส้นทางให้ไปถึงจุดหมายด้วยทางเลือกที่หลากหลายโดยมีรายละเอียดในการอธิบายทางเลือกนั้น ส่วน 2) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ จะรวมถึงการตรวจสอบความเป็นไปได้อย่างระมัดระวัง และเท่าเทียมเพื่อเจาะจงไปยังแนวคิดที่สำคัญผ่านการกระทำ วิเคราะห์และพัฒนาความเป็นไปได้ จัดลำดับตัวเลือกที่ได้และตัดสินใจเลือกตัวเลือกที่ดีที่สุด โดยการคิดอย่างมีวิจารณญาณมักจะอธิบายเหมือน ความคิดเอกนัย (Convergent process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่พยายามเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดจากแนวคิดที่หลากหลายมาใช้ ซึ่งเปรียบได้กับ การเจาะประเด็น (Focusing) มุ่งไปที่สิ่งสำคัญ ดังภาพที่ 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ของการคิดสร้างสรรค์กับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2005: 4)

3.5 แนวทางในการพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval (2005: 13) ได้กล่าวถึง เครื่องมือหรือวิธีการพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยแบ่งเป็นวิธีการสร้างแนวคิด (Generating) และการเจาะประเด็นแนวคิด (Focusing) มีดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 วิธีการที่ใช้เพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval, 2005: 13; Treffinger, 2007: 11)

วิธีการสำหรับ การสร้างแนวคิด (Generating)	วิธีการสำหรับ การเจาะประเด็นแนวคิด (Focusing)
การระดมความคิด/แนวคิดที่หลากหลาย (Brainstorming) : จะช่วยสร้างตัวเลือกที่หลากหลายโดยใช้คำถามปลายเปิด	การรวมแนวคิด (Hit and Hot spot) : การเลือกตัวเลือกที่น่าสนใจ โดยการจัดกลุ่ม จัดหมวดหมู่ จัดลำดับ และรวมเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด
การรวมแนวคิด (Force-Fitting) : การใช้วัตถุหรือคำที่ไม่เคยพบในปัญหานั้น ๆ เพื่อสร้างความเป็นไปได้ใหม่ ๆ หรือสร้างความเชื่อมโยงกับปัญหานั้น	การเลือกประเด็นสำคัญและพัฒนา (Refining and Developing) : การสร้างเส้นทางในการพัฒนาตัวเลือก โดยพิจารณาจากประโยชน์ ข้อจำกัด (และวิธีการแก้) และคุณลักษณะเด่น
การพิจารณาคุณลักษณะ (Attribute Listing) : การใช้คุณลักษณะของปัญหามาสร้างแนวคิดหรือเป็นจุดเริ่มต้นของความคิด เช่น เขียนรายการคุณลักษณะ ขาว ดำ อ่อน นุ่ม และเชื่อมโยงกับวัสดุ	การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นคู่ (Paired Comparison Analysis : PCA) : การจับคู่วิเคราะห์ โดยการจัดลำดับตัวเลือกผ่านการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทั้งหมด
การใช้เทคนิคตั้งคำถามเพื่อการสร้างความคิดสร้างสรรค์ SCAMPER : เป็นการนำแบบตรวจสอบรายการที่ใช้คำหรือประโยคเพื่อกระตุ้นความคิดใหม่ ๆ	การจัดลำดับ (Sequencing : SML) : การเรียงลำดับ เป็นการจัดการและพิจารณาแนวคิดโดยให้ระดับต่าง ๆ
การใช้ตารางพิจารณาลักษณะ (Morphological Matrix) : เป็นการวิเคราะห์วิธีการหรือวัสดุอุปกรณ์ในแต่ละส่วน	การใช้ตารางประเมิน (Evaluation Matrix) : เป็นการใช้เกณฑ์ในการประเมินแต่ละตัวเลือกและความเป็นไปได้เพื่อใช้ในการตัดสินใจ

จากตาราง พบว่า วิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างแนวคิดที่หลากหลายได้มีวิธีการระดมความคิด การรวมแนวคิด การพิจารณาคุณสมบัติ การใช้เทคนิคสร้างความคิดสร้างสรรค์

SCAMPER และการใช้ตารางพิจารณาลักษณะ ส่วนวิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้แก้ปัญหาได้มีวิธีการรวมแนวคิด การเลือกประเด็นสำคัญและพัฒนา การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นคู่ การจัดลำดับ และการใช้ตารางประเมิน

Treffinger (2007: 12) ได้กล่าวถึงวิธีการที่ใช้เพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไว้ว่า จะต้องพิจารณาแนวทางขั้นพื้นฐาน 4 แนวทาง ดังนี้

1) เลื่อนการตัดสินใจ โดยให้สร้างตัวเลือกที่หลากหลายที่สุดโดยที่ยังไม่ต้องมีการตัดสินใจในขณะที่สร้างตัวเลือก

2) การค้นหาปริมาณ เพิ่มตัวเลือกให้ได้มากที่สุดที่กลุ่มสามารถคิดขึ้นมาได้

3) ส่งเสริมความเป็นไปได้ทั้งหมด ในบางตัวเลือกอาจจะเป็นไปไม่ได้ก็อาจจะเป็นตัวเลือกที่ส่งเสริมให้เกิดตัวเลือกที่เป็นไปได้

4) มองหาการเชื่อมโยง เพิ่มปริมาณและคุณภาพของตัวเลือกโดยการประยุกต์แนวคิดของผู้อื่นมาผสม

สรุปได้ว่า การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้โดยใช้เทคนิคการสอนต่าง ๆ เช่น การใช้เทคนิคสร้างความคิดสร้างสรรค์ SCAMPER การจัดลำดับ การใช้ตารางประเมิน ซึ่งแนวทางเหล่านี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

3.6 แนวทางในการวัดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สามารถใช้เป็นตัวแปรตามโดยวัดความสามารถในแต่ละส่วนของกระบวนการได้ ซึ่งควรวัดเชื่อมโยงกับโลกแห่งความจริงโดยมอบหมายภาระงานให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหา โดยนักจิตวิทยาได้มุ่งเน้นการวัดเชิงพุทธิพิสัยของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Mumford, et al.,1997a) แบบวัดที่ใช้ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบทดสอบ (รูปแบบเขียนตอบ) และแบบสอบถาม (รูปแบบมาตรประมาณค่า) โดยมีตัวอย่างแบบประเมิน ดังนี้

3.6.1 แบบทดสอบ

จากการศึกษารูปแบบการวัดและประเมินการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในรูปแบบแบบทดสอบ ได้มีงานวิจัยที่สร้างแบบทดสอบขึ้น ดังนี้

Mumford et al. (1997b) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยเน้นกระบวนการของนักศึกษาจำนวน 137 คน โดยใช้แบบวัดที่ประกอบด้วยสถานการณ์ 2 เรื่อง ให้นักศึกษาตอบคำถามเกี่ยวกับการแก้ปัญหา เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งนักศึกษาจะได้มีส่วนร่วมในการตอบคำถามผ่านทางคอมพิวเตอร์เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การตั้งปัญหา การสืบค้นข้อมูล การเลือกข้อมูล และการสร้างวิธีแก้ปัญหา

นิพิฐพร โกมลกิติศักดิ์ (2553) ได้ศึกษาผลของกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานกลุ่ม และการเห็นคุณค่าในตนเองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น: การทดลองแบบอนุกรมเวลา โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยประกอบไปด้วย 2 ตอนดังนี้ ตอนที่ 1 เป็นสถานการณ์ปัญหา 6 สถานการณ์ ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างละเอียด และตอนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจำนวน 4 ข้อ เป็นเวลา 30 นาที โดยมีคำถามดังนี้ 1) ให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นและให้น้ำหนักความสำคัญของปัญหา 2) ให้นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากประเด็นปัญหาที่เลือกให้ได้มากที่สุด 3) ให้นักเรียนพิจารณาคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด รวมทั้งระบุข้อดีข้อเสียของวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก 4) ให้นักเรียนนำเสนอขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด และระบุผลที่จะเกิดขึ้น โดยแบ่งคะแนนออกเป็นระดับ 0-4 ตามเกณฑ์ ดังนี้ 1) การตัดสินใจเลือกปัญหาได้ 2) การมีเหตุผลในการเลือกปัญหา 3) วิธีการในการปัญหาที่แปลกใหม่และหลากหลาย 4) การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ 5) วิธีการแก้ปัญหาที่เลือกก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด 6) มีขั้นตอนปฏิบัติในการแก้ปัญหา 7) สามารถแก้ปัญหาได้ภายในเวลาที่กำหนด

มิ่งขวัญ ภาคสัญไชย (2555) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาชุดฝึกอบรมเพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักศึกษาปริญญาตรี โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบประเมินการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เป็นแบบประเมินชนิดสถานการณ์ โดยมีสถานการณ์ทั้งหมด 5 เรื่อง แต่ละสถานการณ์มีคำถามแบบอัตนัยทั้งหมด 6 ข้อ โดยมีประเด็นที่มุ่งวัด 6 ประเด็น ได้แก่ 1) การค้นหาเป้าหมาย 2) การค้นหาความจริง 3) การค้นพบปัญหา 4) การค้นหาวิธีการปัญหาที่เป็นไปได้ 5) การค้นพบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด และ 6) การวางแผนสำหรับดำเนินการแก้ปัญหา และได้สร้างเกณฑ์

Rubric ของการประเมินไว้ซึ่งมีระดับการให้คะแนนตั้งแต่ 0-3 มีค่าความตรง (IOC) ตั้งแต่ 0.857-1.00 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.911

พีชญาณ์ พานะกิจ (2558) ได้พัฒนารูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยแบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่ 1) ความสามารถในการค้นพบความจริง 2) ความสามารถในการค้นพบปัญหา 3) ความสามารถในการค้นหาแนวคิด 4) ความสามารถในการค้นหาคำตอบ และ 5) ความสามารถในการสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ โดยเป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 3 ข้อ แต่ละข้อมีลักษณะเป็นสถานการณ์ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางสังคมและเทคโนโลยี และมีจำนวนคำถาม 5 คำถามต่อสถานการณ์ มีช่วงเวลาในการประเมินเป็น 3 ระยะ พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

ช่อทิพวัลย์ รัตนนรชัย (2559) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนบนเว็บด้วยเครื่องมือการทำงานร่วมกันแบบวิชวลกราฟิกที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ของนิสิตนักศึกษาคณะครุศาสตร์ศึกษาศาสตร์ และทำการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยมีลักษณะแบบวัดเป็นแบบเขียนตอบจำนวน 5 ข้อ มีการแบ่งองค์ประกอบ คือ 1) การค้นพบปัญหา 2) การระบุปัญหาให้ชัดเจน 3) การค้นหาวิธีแก้ปัญหา 4) การค้นพบวิธีการแก้ปัญหา และ 5) การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งจะสร้างสถานการณ์เกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ ในสังคมเพื่อนำมาสร้างสื่อในการจัดการเรียนการสอน มีค่าความตรงเท่ากับ 0.86 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.76

สมเสมอ ทักษิณ (2560) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ PACLE เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่พิจารณาองค์ประกอบ 5 ด้าน ดังนี้ 1) การเข้าถึงปัญหา 2) การคิดและแสวงหาวิธีการแก้ปัญหา 3) การทบทวนและเตรียมการ 4) การวางแผนแก้ปัญหา และ 5) การตรวจสอบการปฏิบัติ โดยทุกขั้นจะพิจารณาคำตอบที่สอบคล้องกับความคิดสร้างสรรค์ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดอย่างมีเหตุผล มีจำนวน 9 ข้อ คะแนนรวมทั้งหมด 84 คะแนน มีค่าความตรง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.66-1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76

กล่าวโดยสรุป การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ สามารถทำได้โดยใช้แบบวัดประเภทแบบสอบอัตนัยที่มีลักษณะเป็นสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในสังคม และให้นักเรียนเขียนถึงประเด็นปัญหา วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และมีการเลือกแนวคิดที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดีที่สุดมาใช้เพื่อพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาต่อไป ซึ่งจำนวนข้อของแบบทดสอบจะมีความแตกต่างกันตามผู้วิจัยแต่ละท่านที่มีการอ้างอิงขั้นตอนของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่แตกต่างกัน

3.6.2 แบบสอบถาม

จากการศึกษารูปแบบการวัดและประเมินการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในรูปแบบแบบสอบถามรูปแบบ Likert Rating Scale ได้มีงานวิจัยที่สร้างแบบสอบถามขึ้น ดังนี้

Lin & Cho (2011) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ด้วยโมเดลระบบการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ 6 ขั้นตอน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 6 ในประเทศไต้หวัน จำนวน 409 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ รายการคุณสมบัติของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (The Creative Problem Solving Attributes Inventory: CPSAI) ซึ่งพัฒนามาจากรูปแบบการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของ Treffinger รูปแบบที่ 4.0 โดยเป็นแบบประเมินประเภทมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 49 ข้อ ซึ่งจะแบ่งเป็นพฤติกรรมที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่จะแสดงระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือจากนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 6 จำนวน 74 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .80–.94

Hester et al. (2012) ได้วิเคราะห์เชิงสาเหตุเพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์: ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการใช้แบบจำลองทางความคิด โดยให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาปริญญาเอกอ่านวิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการออกแบบรองเท้าและเครื่องดื่มก่อนและหลังการทดสอบ และให้ประเมินวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้การประเมินคุณภาพของแต่ละขั้นตอนโดยใช้แบบประเมินมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ (5-point benchmark rating scales) ในด้านคุณภาพความคิดริเริ่ม และความสมบูรณ์ละเอียดอ่อน

Titus & Koppitsch (2018) ได้สำรวจความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 6 ขั้นตอนตามแนวคิดของ Osborn-Parnes ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนในหลักสูตรธุรกิจ ในมหาวิทยาลัยขนาดกลาง เครื่องมือวิจัย คือ แบบประเมินมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ (5-point Likert-type) ตั้งแต่ระดับที่ 1 (ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง) ถึง 5 (เห็นด้วยอย่างยิ่ง) จำนวน 56 ข้อ แบ่งเป็น 1) ขั้นกำหนดปัญหา 10 ข้อ 2) ขั้นค้นหาความจริง 9 ข้อ 3) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา 10 ข้อ 4) ขั้นหาวิธีการแก้ปัญหา 12 ข้อ 5) ขั้นเลือกวิธีการแก้ปัญหา 8 ข้อ และ 6) ขั้นการนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ 7 ข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นรินธน์ นนทมาลย์ (2560) ได้พัฒนารูปแบบการออกแบบการสอนแบบเปิดด้วยวิธีการคิดอย่างเป็นระบบและกระบวนการกลุ่มโดยใช้วิดีโอเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับอุดมศึกษา เครื่องมือวิจัย คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นแบบประเมินตนเองและแบบประเมินโดยสมาชิกในกลุ่ม ใช้มาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Rating Scale) จำนวน 17 ข้อ โดยพิจารณาองค์ประกอบ 3 ด้าน ดังนี้ 1) ความสามารถในการทำความเข้าใจกับปัญหา 2) ความสามารถในการสร้างความคิด 3) ความสามารถในการวางแผนสำหรับการลงมือปฏิบัติ มีค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) เท่ากับ 1.00 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.977

กล่าวโดยสรุป การวัดความสามารในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ สามารถทำได้โดยใช้แบบประเมินแบบมาตรประมาณค่า (Likert Rating Scale) ได้ โดยอาจจะมีทั้งการประเมินตนเองและการประเมินสมาชิกในกลุ่ม และข้อคำถามจะมาจากขั้นตอนของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในแต่ละขั้นตอน

จากการศึกษาแนวทางในการวัดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า สามารถวัดได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ การใช้แบบทดสอบแบบอัตนัย โดยใช้สถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนเขียนวิธีการแก้ปัญหาซึ่งจะสามารถวัดวิธีการคิดแก้ปัญหาได้จริง แต่ต้องใช้เวลาในการวัดมาก และการใช้แบบสอบถามมาตรประมาณค่าเพื่อให้ผู้เรียนประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของตนเองหลังจากทำกิจกรรมที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งวิธีการนี้จะใช้เวลาน้อย แต่มีข้อจำกัดในการประเมินตนเองที่อาจจะเกิดอคติ หรือการรับรู้ตนเองที่ไม่เท่ากันของผู้ประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ผลงานเชิงสร้างสรรค์

ผลงานเชิงสร้างสรรค์ (Creative Product) เป็นหนึ่งในการประเมินในงานวิจัยที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ที่เน้นพิจารณาใน 4P ของความคิดสร้างสรรค์ที่ประกอบไปด้วยบุคคล (Person) กระบวนการ (Process) ความสำคัญ (Press) และ ผลงาน (Product) (Rhodes, 1961) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะขอกล่าวถึงในข้อหัวข้อความหมายของผลงานเชิงสร้างสรรค์ ทฤษฎีหรือแนวคิด และแนวทางในการวัดคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ดังนี้

4.1 ความหมายของผลงานเชิงสร้างสรรค์

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของผลงานเชิงสร้างสรรค์ ได้มีนักวิชาการให้ความหมายไว้มากมาย ดังนี้

Newell, Shaw, & Simpson (1963) (อ้างถึงใน สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน, 2559: 17) ได้กล่าวถึงผลผลิตที่เกิดจากความคิดสร้างสรรค์ว่ามีลักษณะ ดังนี้

1) เป็นผลผลิตที่แปลกใหม่ และมีค่าต่อผู้คิด สังคม และวัฒนธรรม

2) เป็นผลผลิตที่ไม่เป็นไปตามปรากฏการณ์นิยมในเชิงทำตามผลงานที่เคยมีมาก่อน

3) เป็นผลผลิตที่ได้รับการกระตุ้นอย่างสูงและต่อเนื่อง ใช้ความพยายามสูง

4) เป็นผลผลิตที่ได้จากการประมวลปัญหา

Sternberg & Stemberg (1988: 14) ได้กล่าวถึงผลงานที่เกิดจากความคิดสร้างสรรค์ว่า ต้องเป็นผลงานที่ใหม่ ซึ่งไม่เป็นการลอกเลียนแบบหรือเป็นผลผลิตเดิมที่มีอยู่แล้ว มีคุณค่า มีประโยชน์ ประณีต ซึ่งอาจเกิดจากการคิดปรับปรุงสิ่งเดิมให้ดีขึ้น หรือจินตนาการคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่มาเพื่อแก้ปัญหา

Besemer (1998: 333) กล่าวถึงผลงานเชิงสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ความคิดสร้างสรรค์ ถือเป็นหลักฐานที่สามารถตรวจสอบกระบวนการเชิงสร้างสรรค์และให้ข้อมูลเชิงลึกในแต่ละบุคคลได้

Santanen, Briggs, & Vreede (2004: 169) ได้กล่าวถึงผลงานเชิงสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการเชิงสร้างสรรค์ โดยผลงานหรือผลิตภัณฑ์นั้นเป็นได้ทั้งวัตถุทางกายภาพ ทฤษฎี สมการ วิธีการ หรือกลยุทธ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่ใหม่เมื่อเทียบกับผลงานอื่น ๆ สามารถนำมาใช้งานได้ในชีวิตจริงอย่างเหมาะสมกับสถานการณ์

Shye & Yuhas (2004: 5) ได้กล่าวถึง ผลงานเชิงสร้างสรรค์ว่าเป็นการรวมตัวกันของนวัตกรรมและความเหมาะสม โดยผลงานที่มาจากความคิดสร้างสรรค์จะต้องมีความใหม่ คือ ต่างกับต้นฉบับและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ไม่สามารถคาดเดาได้ และต้องมีความเหมาะสม คือ ความมีประโยชน์เหมาะสมในการแก้ปัญหาเช่นกัน

กล่าวโดยสรุป ผลงานเชิงสร้างสรรค์ คือ ผลลัพธ์ หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากกระบวนการเชิงสร้างสรรค์ซึ่งเป็นได้ทั้งวัตถุ ทฤษฎี สมการ วิธีการ หรือกลยุทธ์ต่าง ๆ โดยมีลักษณะเป็นสิ่งใหม่ สามารถนำมาใช้ในชีวิตจริงได้ มีคุณค่ามีประโยชน์ และมีความประณีต

4.2 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์

มีการศึกษาอย่างกว้างขวางในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์หลากหลายงาน โดยทฤษฎีหรือแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับ มีดังนี้

4.2.1 ทฤษฎีเมทริกซ์การวิเคราะห์ผลงานเชิงสร้างสรรค์ (The Creative Product Analysis Matrix: CPAM)

เมทริกซ์การวิเคราะห์ผลงานเชิงสร้างสรรค์เป็นทฤษฎีที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Besemer และ Treffinger ในปี 1981 ซึ่งเป็นทฤษฎีการวัดความคิดสร้างสรรค์ในการประเมินผลงาน โดยมีนักการศึกษาได้ให้รายละเอียดไว้ ดังนี้

Besemer & O'Quin (1999a: 287-288) ได้กล่าวถึง เมทริกซ์การวิเคราะห์ผลงานเชิงสร้างสรรค์ว่าเป็นทฤษฎีที่ได้รับการพัฒนาเพื่อช่วยในการสังเกตการสร้างผลงานอย่างละเอียดขึ้น และเพื่อตัดสินคุณลักษณะของผลงาน โดยประกอบไปด้วย 3 มิติ ได้แก่ 1) มิติด้านความแปลกใหม่ (Novelty) ซึ่งจะพิจารณาความแปลกใหม่ในวัสดุ กระบวนการ แนวคิด และวิธีการสร้างผลิตภัณฑ์ 2) มิติด้านการแก้ปัญหา (Resolution) ซึ่งจะพิจารณาจากลักษณะของผลิตภัณฑ์ หรือประสิทธิภาพในการทำงานของผลิตภัณฑ์ และ 3) มิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์ (Elaboration and Synthesis) จะพิจารณาจากความสวยงามของผลงาน โดยทั้ง 3 มิติ จะแยกออกเป็น 9 องค์ประกอบย่อย ดังตารางที่ 12 ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 มิติในการวัดของทฤษฎีเมทริกซ์การวิเคราะห์ผลงาน (Besemer, & O'Quin, 1999a: 287-288)

มิติมโนทัศน์	ความหมาย
1. มิติด้านความแปลกใหม่ (Novelty dimension) : พิจารณาจากการมีกระบวนการใหม่ วิธีการที่แปลกใหม่ หรือมโนทัศน์ที่แปลกใหม่ ทำให้ประหลาดใจเมื่อได้พบเห็น	
1.1) ความแปลกใหม่ (Originality)	เป็นงานที่แตกต่างจากงานทั่วไปหรือไม่ซ้ำกับงานของผู้อื่นที่มีอายุ ประสบการณ์ หรือได้รับการฝึกใกล้เคียงกัน
1.2) การทำให้ประหลาดใจ (Surprise)	เป็นงานที่ทำให้ผู้พบเห็นเกิดความประหลาดใจไม่คาดหวังว่าจะได้พบเจองานในลักษณะนี้
2. มิติด้านการแก้ปัญหา (Resolution dimension) : พิจารณาจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาได้เหมาะสมกับความต้องการหรือไม่ มีความสมเหตุสมผลตามวิธีการของศาสตร์นั้น ๆ ใช้ประโยชน์ได้ และมีคุณค่าในแง่ต่าง ๆ	
2.1) ความสมเหตุสมผล (Logical)	เป็นงานที่สร้างด้วยวิธีการที่เหมาะสมและสมเหตุสมผล
2.2) ความมีประโยชน์ (Useful)	เป็นงานที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในทางปฏิบัติ
2.3) ความมีคุณค่า (Valuable)	เป็นงานที่มีคุณค่าต่อผู้พบเห็นตามความต้องการด้านกายภาพ ด้านจิตวิทยา และด้านการดำรงชีวิต
2.4) ความเข้าใจได้ (Understandable)	เป็นงานที่ผู้พบเห็นสามารถเข้าใจได้ชัดเจน สื่อความหมายให้คนอื่นเข้าใจได้
3. มิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์ (Elaboration and Synthesis dimension) : พิจารณาจากการใช้ฝีมือและความชำนาญการในการสร้างงานที่ซับซ้อน มีความละเอียดลออ ทำให้งานประณีต สมบูรณ์ น่าดู	
3.1) การจัดองค์ประกอบ (Organic)	เป็นงานที่สามารถจัดส่วนประกอบเป็นรูปร่างที่สมบูรณ์
3.2) ความมีฝีมือและช่ำชอง (Well-crafted)	เป็นงานที่ถูกสร้างขึ้นด้วยความพิถีพิถัน ตั้งใจทำเป็นอย่างดี
3.3) ความประณีตสวยงาม (Elegant)	เป็นงานที่มีความกลมกลืน ประณีต ดึงดูดใจต่อผู้พบเห็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มิติและองค์ประกอบของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของ Besemer ในปี 1997

มิติด้านความแปลกใหม่	มิติด้านการแก้ปัญหา	มิติด้านความประณีตและสังเคราะห์
การทำให้ประหลาดใจ ความแปลกใหม่	ความสมเหตุสมผล ความมีประโยชน์ ความมีคุณค่า ความเข้าใจได้	การจัดองค์ประกอบ ความมีฝีมือและชำ่ชอง ความประณีตสวยงาม

ภาพที่ 14 มิติและองค์ประกอบของผลงานเชิงสร้างสรรค์
(Besemer, & O'Quin, 1999b: 416)

จากทฤษฎีนี้ ทำให้เกิดเกณฑ์ในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ (Creative Product Semantic Scale: CPSS) โดยใน Haller, Courvoisier, & Cropley (2011: 101) ได้ระบุไว้ว่ารูปแบบดังกล่าวได้ถูกพัฒนาโดย O'Quin และ Besemer และในงานวิจัยของ Besemer, S. P., & O'Quin, K. (1999a) มีการวิเคราะห์องค์ประกอบส่งผลให้ให้มิติด้านความแปลกใหม่ (Novelty dimension) ได้ถูกเพิ่มองค์ประกอบในด้านความเป็นต้นกำเนิดให้สิ่งอื่น (Germinal) และมิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์ (Elaboration and synthesis dimension) ได้ถูกเพิ่มองค์ประกอบในด้านความซับซ้อน (Complex) ลงไป รวมเป็น 3 มิติ และ 11 องค์ประกอบย่อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีสำหรับความคิดสร้างสรรค์ของผลงาน (The basis of a theoretical framework for product creativity)

กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีสำหรับความคิดสร้างสรรค์ของผลงาน เป็นแนวคิดที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้ในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์

Cropley & Cropley (2005: 170-171) ได้แบ่งผลงานเชิงสร้างสรรค์เป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ประสิทธิผล (Effectiveness) 2) ความแปลกใหม่ (Novelty) 3) ความประณีตสวยงาม (Elegance) 4) การกำเนิดใหม่ (Genesis) โดยได้จัดเรียงไว้ในลำดับขั้น 5 ลำดับ ได้แก่

1) พบเห็นทั่วไป (Routine) เป็นผลิตภัณฑ์ที่โดดเด่นเพียงประสิทธิผลอย่างเดียว

2) ต้นกำเนิด (Original) เป็นผลิตภัณฑ์ที่โดดเด่นด้านประสิทธิผลและด้านความแปลกใหม่

3) สง่างาม (Elegant) เป็นผลิตภัณฑ์ที่โดดเด่นด้านประสิทธิผล ความแปลกใหม่และงดงาม

4) นวัตกรรม (Innovative) เป็นผลิตภัณฑ์ที่โดดเด่นทุกมิติ

5) สุนทรียะ (Aesthetic) เป็นผลิตภัณฑ์ที่โดดเด่นด้านความแปลกใหม่ แต่ไม่มีประสิทธิผล

นอกจากนี้ Cropley & Cropley ได้สร้างทฤษฎีออกเป็นขั้นและลักษณะของผลงานเชิงสร้างสรรค์ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ขั้นและลักษณะของผลงานเชิงสร้างสรรค์ (Cropley, Kaufman, & Cropley, 2011: 17)

เกณฑ์การประเมินผลงาน (Criterion)	**ระดับของผลิตภัณฑ์ (Kind of Product)**				
	พบทั่วไป (Routine)	**ต้นกำเนิด (Original)**	**งดงาม (Elegant)**	**เป็นนวัตกรรม (Innovation)**	**สุนทรียภาพ (Aesthetic)**
ประสิทธิผล (Effectiveness)	+	+	+	+	-
ความแปลกใหม่ (Novelty)	-	+	+	+	+
ความประณีตสวยงาม (Elegance)	-	-	+	+	?
การกำเนิดใหม่ (Genesis)	-	-	-	+	?

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยเครื่องหมาย + หมายถึง คุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการประเมินในผลงานประเภทนั้น ๆ ส่วนเครื่องหมาย – หมายถึง คุณสมบัติที่ไม่จำเป็นสำหรับการประเมินในผลงานประเภทนั้น ๆ และเครื่องหมาย ? หมายถึงเป็นคุณสมบัติที่อาจจะนำมาประเมินในผลงานประเภทนั้น ๆ

จากตารางที่ 13 พบว่า ในการประเมินประเด็นต่าง ๆ ตามเกณฑ์ทั้ง 4 องค์ประกอบนั้น จะต้องประเมินลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ในบางประเด็น เช่น หากต้องการประเมินองค์ประกอบในด้านความแปลกใหม่ ควรประเมินลักษณะของผลิตภัณฑ์ในด้านความเป็นต้นกำเนิด ความงาม ความเป็นนวัตกรรม และสุนทรียภาพ เป็นต้น

4.3 แนวทางในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์

จากทฤษฎีหรือแนวคิดในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ ทำให้นักวิจัยได้พัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ไว้ 2 เครื่องมือ ดังนี้

4.3.1 มาตรวัดการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ (Creative Product Semantic Scale: CPSS)

มาตรวัดการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ ถูกพัฒนาขึ้นโดย Besemer และ Treffinger ในปี 1986 โดยมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีเมทริกซ์การวิเคราะห์ผลงานเชิงสร้างสรรค์ (The Creative Product Analysis Matrix: CPAM) โดยมีนักวิชาการได้กล่าวถึง ดังนี้

Besemer (1998: 334-336) ได้กล่าวถึง เกณฑ์ในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นเครื่องมือที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีเมทริกซ์การวิเคราะห์ผลงานเชิงสร้างสรรค์ ประกอบไปด้วยชุดรายการของคู่คำคุณศัพท์ที่ตรงข้ามกัน 2 คำ ใช้คู่กับสเกล 7 ระดับ (7-point Liked-type scales) ซึ่งประกอบไปด้วย 9 องค์ประกอบย่อยที่จะตัดสินผลงาน แต่ละองค์ประกอบจะมี 4-5 รายการในการตรวจสอบ

Besemer & O'Quin (1999a: 287-289) ได้กล่าวถึง เกณฑ์ในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นเครื่องมือในการประเมินผลที่ออกแบบมาเพื่อประเมินความคิดสร้างสรรค์ผ่านผลงาน ถูกพัฒนาขึ้นจากทฤษฎีเมทริกซ์การวิเคราะห์ผลงานเชิงสร้างสรรค์ เป็นเครื่องมือที่มีคำคุณศัพท์ 2 ฝั่งและประเมินคำที่ตรงกับผลงานนั้น ซึ่งเครื่องมือนี้ผ่านการตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความตรง สามารถประเมินความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างมีคุณภาพ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้ใช้สามารถปรับปรุงความคิดสร้างสรรค์ของผลงานภายใต้การประเมินในจุดที่ไม่ดี ซึ่งในปี 1994 ได้มีการปรับปรุงคุณภาพเครื่องมือ ลดจำนวนข้อจาก 55 ข้อ เหลือ 43 ข้อ และปรับองค์ประกอบด้านความเข้าใจได้ ให้มาอยู่ในมิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์แทน

Haller, Courvoisier, & Cropley (2011: 101) ได้กล่าวถึง เกณฑ์การประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นเครื่องมือที่ถูกพัฒนาโดย O'Quin และ Besemer เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ของผลิตภัณฑ์โดยมีผู้ตัดสินเพียงคนเดียว แต่ยังมีความเที่ยงแม้จะถูกใช้โดยผู้ที่ไม่มีความเชี่ยวชาญ ซึ่งมาตรประมาณค่าจะแบ่งเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ 1) ความแปลกใหม่ (เช่น ความแปลกใหม่ การทำให้ประหลาดใจ และความเป็นต้นกำเนิดให้สิ่งอื่น) 2) การแก้ปัญหา (เช่น ความสมเหตุสมผล ความมีประโยชน์ ความมีคุณค่า ความเข้าใจได้) และ 3) ความประณีตและการสังเคราะห์ (เช่น การจัดองค์ประกอบ ความมีฝีมือและชำชอง ความประณีตสวยงาม และความซับซ้อน) โดยจะมี

คำคุณศัพท์ 2 ขั้วที่ตรงข้ามกันในการประเมินหัวข้อเหล่านี้ (เช่น สวยงาม-ไม่สวยงาม) จำนวน 43 ข้อ โดยเครื่องมือมีความเที่ยงอยู่ที่ 0.69 ถึง 0.87 และส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า .80

4.3.2 มาตรวัดการพิจารณาวิธีแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (The Creative Solution Diagnosis Scale: CSDS)

มาตรวัดการพิจารณาวิธีแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยพิจารณาจากผลงาน ถูกพัฒนาบนพื้นฐานของกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีสำหรับความคิดสร้างสรรค์ของผลงาน ซึ่งได้รับการพัฒนาด้วยชุดตัวชี้วัดจำนวน 30 รายการ ดังตารางที่ 14 และได้ทำการทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นครูจำนวน 13 คน โดยประเมินความคิดสร้างสรรค์ของผลงานแบบจำลองล้อรถของเด็ก ผลปรากฏว่ามีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79 (Cropley, Kaufman, & Cropley, 2011: 15-16)

ตารางที่ 14 ตารางแสดงข้อบ่งชี้ 30 รายการของ CSDS (Cropley & Kaufman, 2012: 122)

Criterion of Creativity	**Indicator**	
Relevance & Effectiveness	Correctness	วิธีแก้ปัญหาใช้ความรู้อย่างถูกต้อง
	Performance	วิธีแก้ปัญหาแก้ตรงวัตถุประสงค์
	Appropriateness	วิธีแก้ปัญหาเหมาะกับการใช้งานภายใต้ข้อจำกัด
	Operability	วิธีแก้ปัญหาง่ายในการใช้
	Safety	วิธีแก้ปัญหาปลอดภัยในการใช้
	Durability	วิธีแก้ปัญหามีความแข็งแรง
Novelty	Diagnosis	วิธีแก้ปัญหาน่าสนใจเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ
	Prescription	วิธีแก้ปัญหาทำให้เห็นสิ่งที่ต้องปรับของงานเก่า
	Prognosis	วิธีแก้ปัญหาช่วยให้เห็นผลจากการเปลี่ยนแปลง
	Replication	วิธีแก้ปัญหาใช้ความรู้เดิมสร้างความแปลกใหม่
	Combination	วิธีแก้ปัญหาใช้องค์ประกอบวิธีเก่ามาผสม
	Incrementation	วิธีแก้ปัญหาช่วยให้เป็นที่รู้จักเพิ่มขึ้น
	Redirection	วิธีแก้ปัญหาช่วยให้พบเจอเส้นทางใหม่
	Reconstruction	วิธีแก้ปัญหาทำให้เห็นว่าความรู้เก่ามีประโยชน์

Criterion of Creativity	Indicator	
	Reinitiation	วิธีแก้ปัญหาทำให้เกิดวิธีการใหม่
	Redefinition	วิธีแก้ปัญหาช่วยให้เห็นวิธีการแก้ใหม่
	Generation	วิธีแก้ปัญหาเสนอมุมมองใหม่ในการแก้ปัญหา
Elegance	Recognition	มีคนมองแล้วคิดว่าเข้าท่า
	Convincingness	มีคนมองแล้วเห็นว่าทำเสร็จครบถ้วน
	Pleasingness	มีคนมองแล้วเห็นว่าเรียบร้อย
	Completeness	วิธีแก้ปัญหาใช้งานได้ดี
	Gracefulness	วิธีแก้ปัญหามีสัดส่วนที่สวยงาม
	Harmoniousness	วิธีแก้ปัญหามีองค์ประกอบที่สอดคล้องกัน
	Sustainability	วิธีแก้ปัญหาเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
Genesis	Foundationality	วิธีแก้ปัญหาเป็นพื้นฐานในงานต่อ ๆ ไป
	Transferability	วิธีแก้ปัญหาเสนอแนวคิดแก้ปัญหาได้ชัด
	Germinality	วิธีแก้ปัญหาแนะนำวิธีใหม่ของปัญหาที่มีอยู่
	Seminality	วิธีแก้ปัญหาดึงดูดความสนใจ ไม่เคยเห็นมาก่อน
	Vision	วิธีแก้ปัญหาแนะนำบรรทัดฐานใหม่ในการตัดสิน
	Pathfinding	วิธีแก้ปัญหาเกิดจากแนวคิดใหม่ของปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตาราง พบว่า เครื่องมือ CSDS ใช้วัดการพิจารณาวิธีแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากผลงาน โดยมีตัวบ่งชี้ทั้งหมด 30 ข้อ แยกเป็น 4 ด้าน

4.3.3 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าได้มีการสร้างเครื่องมือในการวัดผลงานเชิงสร้างสรรค์ ดังนี้

พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์ (2533) ได้พัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา มีการประเมินความคิดสร้างสรรค์จากผลงานทางวิทยาศาสตร์ โดยประยุกต์เกณฑ์ที่ใช้ประเมินจากมาตรวัดการประเมินผลงานเชิง

สร้างสรรค์ของ Besemer และ O'Quin's กับเกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยมาเป็นแนวทางในการสร้าง แบ่งออกเป็น 2 มิติ 8 มโนทัศน์ คือ 1) มิติด้านการคิด แบ่งออกเป็น นวภาพ และการเพาะความคิด 2) มิติการแก้ปัญหา แบ่งออกเป็น ความเหมาะสมในการแก้ปัญหา ความพอเพียงในการแก้ปัญหา ความสมเหตุสมผลตามศาสตร์ ความมีประโยชน์ความสมบูรณ์ของงาน ความสามารถทำให้ผู้อื่นเข้าใจและใช้คู่คำคุณศัพท์ตรงข้าม โดยแบ่งระดับเป็น 7 ช่อง จำนวน 32 ข้อ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .94

สมาน ถาวรรัตนวณิช (2541) ได้ศึกษาผลของการฝึกใช้เทคนิคแผนผังทางปัญญาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยประเมินความคิดสร้างสรรค์จากงานประดิษฐ์ ด้วยเครื่องมือในการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ที่ Besemer และ O'Quin's พัฒนาขึ้นในปี 1986 เป็นมาตร 2 ขั้ว แบ่งเป็น 3 มิติ ได้แก่ 1) มิตินวภาพ 2) มิติการแก้ปัญหา และ 3) มิติการต่อเติมเสริมแต่งและการสังเคราะห์ มีระยะห่างระหว่างคำคุณศัพท์จำนวน 7 ช่อง จำนวน 80 ข้อ ซึ่งพัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์ ร่วมกับ ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา ได้ถอดความแบบประเมินดังกล่าวเป็นภาษาไทยโดยอาศัยเกณฑ์ของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยเพื่อนำมาพัฒนาใช้เป็นแบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์เฉพาะโครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์ มีการตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ในการประเมินงานประดิษฐ์จำนวน 24 ชิ้น ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .68

นฤมล จันทร์สุขวงศ์ (2551) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาแผนกิจกรรมโครงงานที่ประยุกต์กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานกลุ่มและคุณภาพผลงานของนักเรียนประถมศึกษา โดยมีการวัดคุณภาพผลงานของนักเรียนโดยใช้มาตรวัดการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ของ Besemer และ Treffinger ในปี 1981 โดยแยกประเมินเป็น 3 มิติ ได้แก่ 1) มิตินวภาพ 2) มิติการแก้ปัญหา และ 3) มิติการต่อเติมเสริมแต่งและการสังเคราะห์ มาใช้เป็นแบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยมีระยะห่างระหว่างคำคุณศัพท์ที่ตรงข้ามกัน 7 ช่อง รวมเป็นข้อกระทง 80 ข้อ โดยได้ระบุเกณฑ์ในการแปลความหมายของการประเมินไว้ และได้นำไปทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ พบว่า มีค่าความเที่ยง .68

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การสร้างเครื่องมือวัดผลงานเชิงสร้างสรรค์มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง และแนวคิดทฤษฎีเมทริกซ์การวิเคราะห์ผลงานเชิงสร้างสรรค์ของ Besemer และ O'Quin's (1986) ได้ถูกนำมาพัฒนาใช้เป็นแบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงนำแบบประเมินดังกล่าวมาใช้ในการประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในงานวิจัยนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Mangold & Robinson (2013) ได้ศึกษาผลของการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ในห้องเรียนของนักเรียนเกรด 7-8 ซึ่งจัดกิจกรรมการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในรายวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ในมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียเป็นเวลา 2 ปี ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีทักษะการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น และมีความตื่นเต้นเมื่อได้ทำกิจกรรมในการเรียนการสอน

Grubbs & Strimel (2015) ได้ทำงานวิจัย เรื่อง การออกแบบเชิงวิศวกรรมการบูรณาการที่ดีที่สุด (Engineering Design: The Great Integrator) โดยได้แสดงคำจำกัดความที่ชัดเจนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในรูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการเรียนการสอน ข้อเสนอแนะในการนำไปประยุกต์ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนานักเรียนให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 และได้พัฒนาบทเรียนที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ในห้องเรียน

วรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551) ได้เปรียบเทียบผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสาธิตระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 2 ห้องเรียน โดยใช้เครื่องมือในการวัด คือ 1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และ 2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบทีผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เฉลิมวุฒิ ศุภสุข (2555) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้องค์ประกอบหลักของการออกแบบทางวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้ผังกราฟิกที่มีต่อความสามารถในการวิเคราะห์และการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษา กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนนนทรีวิทยา จำนวน 23 คน ซึ่งเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ 1) แบบประเมินการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ และ 2) แบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดีมาก 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการวิเคราะห์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือร้อยละ 65 และ 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นันท์นภัส พงศ์ศรีโรจน์ (2560) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดเฉลิมพระเกียรติ (พิบูลบำรุง) ที่ได้รับการจัดกิจกรรมโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 17 คน ซึ่งเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนทดลอง 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีระดับความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมเสมอ ทักษิณ (2560) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ PACLE เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 62 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ 1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการเรียนรู้แบบ PACLE เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นโดยนำเอาหลักการของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มาสังเคราะห์เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้แบบ PACLE มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้แบบ PACLE มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ (2560) ได้ทำงานวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่

4 ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 24 คน ซึ่งเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ และวีดิทัศน์การนำเสนอผลงาน วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในด้านความคิดยืดหยุ่นและด้านความคิดริเริ่ม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถนำมาประยุกต์ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนได้ ยกตัวอย่างในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ เช่น การประยุกต์ใช้กับขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ การให้นักเรียนประดิษฐ์อุปกรณ์กรองน้ำเสีย เป็นต้น หรือสามารถใช้ในรายวิชาฟิสิกส์ เช่น การออกแบบการวัดเชิงมุม การออกแบบอุปกรณ์ที่ศึกษาการเคลื่อนที่แบบหมุน เป็นต้น และได้มีงานวิจัยที่นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหา และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับประถมศึกษา แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดที่นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ของระดับมัธยมศึกษา

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

Santanen, Briggs, & Vreede (2004) ได้ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ด้วยวิธีการเปรียบเทียบกับการโต้แย้งทางความคิด ในงานวิจัยนี้นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหาภารกิจต่าง ๆ ได้แก่ ภารกิจการจัดหาน้ำดื่มให้ผู้ประสบภัยพายุไต้ฝุ่น และภารกิจปรับปรุงโรงเรียน ซึ่งในแต่ละภารกิจจะมีเกณฑ์และข้อจำกัดต่าง ๆ โดยให้มีกระบวนการกลุ่มในการระดมสมอง สร้างแบบจำลองทางความคิดและนำมาเชื่อมโยงกันภายในกลุ่ม จากนั้นทำการวัดการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยพิจารณาจำนวนผลงานทั้งหมด จำนวนวิธีการแก้ปัญหาที่ซ้ำ จำนวนความคิดเห็นที่ไม่ใช่วิธีการแก้ปัญหา จำนวนความคิดเห็นที่นอกประเด็น จำนวนวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่ซ้ำ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่มีการระดมสมองมากกว่าจะมีค่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์โดยเฉลี่ยมากกว่า

Martz, Hughes, & Braun (2017) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของความคิดสร้างสรรค์กับการแก้ปัญหาของนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ในหลักสูตรธุรกิจ โดยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นปัญหาเป็นฐานมาใช้พัฒนาโดยมีเป้าหมายให้นักศึกษาสามารถอธิบายวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างน้อย 5 วิธี ผลการวิจัยพบว่า ในระยะสั้นนักศึกษาจำนวนร้อยละ 88 สามารถระบุวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 5 วิธีการ ในระยะยาวความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษามีค่าสูงขึ้น

นิพิฐพร โกมลกิติศักดิ์ (2553) ได้วิเคราะห์ผลของกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานกลุ่ม และการเห็นคุณค่าในตนเองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลองอนุกรมเวลา ตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ 1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 2) แบบประเมินทักษะการทำงานกลุ่ม 3) แบบวัดการเห็นคุณค่าในตนเอง 4) แผนการจัดกิจกรรมแบบใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และแบบปกติ ผลการวิจัย พบว่า 1) กิจกรรมที่ใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ประกอบด้วย การใช้คลิปวีดิทัศน์ วิธีการคิดแบบใยแมงมุม กระบวนการวิเคราะห์ SWOT การระดมสมอง และกระบวนการวิเคราะห์บทบาทหน้าที่ (RACI chart) 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนทักษะการทำงานและการเห็นคุณค่าในตนเองของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) กลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานกลุ่ม และการเห็นคุณค่าในตนเองหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มทดลองไม่มีความคงทน ส่วนทักษะการทำงานกลุ่มและการเห็นคุณค่าในตนเองของทั้ง 2 กลุ่มมีความคงทน

ศิริพร แก้วอ่อน (2557) ได้พัฒนาความสามารถและเจตคติในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามแนวคิดของสิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554) ตัวอย่างงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนเลิงนกทา จังหวัดยโสธร จำนวน 90 คน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และเจตคติในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่ากลุ่มควบคุม

พีชญาณ์ พานะกิจ (2558) ได้พัฒนารูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา และประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดราษฎร์รังสรรค์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 24 คน เครื่องมือในการวิจัย คือ รูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ คู่มือการใช้รูปแบบ แผนจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และแบบประเมินนวัตกรรมวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า 1) รูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้นชื่อว่า “PEACE Model” มี 5 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหา ขั้นที่ 2 การสร้างความสนใจร่วมกันระหว่างครูและนักเรียน ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ ขั้นที่ 4 การจำแนก และขั้นที่ 5 การประเมินผล 2) กลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีพัฒนาการด้านนวัตกรรมวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี 3) นักเรียนกลุ่มขยายผลการวิจัยที่เรียนตามรูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีนวัตกรรมวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

ช่อทิพวัลย์ รัตนนรชัย (2559) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนบนเว็บด้วยเครื่องมือการทำงานร่วมกันแบบวิชวลกราฟิกที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย คือ นิสิตชั้นปีที่ 2 คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเลือกแบบเจาะจงกับนิสิตที่ลงทะเบียนรายวิชา 2765205 นวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2559 ผลการวิจัย พบว่า 1) รูปแบบการเรียนบนเว็บด้วยเครื่องมือการทำงานร่วมกันแบบวิชวลกราฟิกส์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ระบบจัดการเรียนการสอน กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ สื่อการเรียนการสอน เครื่องมือการทำงานร่วมกันแบบวิชวลกราฟิกส์ และแบบฝึกวิเคราะห์สถานการณ์เลือกใช้สื่อ 2) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนิสิตหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนบนเว็บด้วยเครื่องมือการทำงานร่วมกันแบบวิชวลกราฟิกส์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นรินธน์ นนทมาลย์ (2560) ได้พัฒนารูปแบบการออกแบบการสอนแบบเปิดด้วยวิธีการคิดอย่างเป็นระบบและกระบวนการกลุ่มโดยใช้วีดิทัศน์เป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับอุดมศึกษา โดยในระยะที่หนึ่งเป็นการสำรวจความคิดเห็น

เกี่ยวกับการเรียนแบบเปิด ตัวอย่างในงานวิจัย คือ นักเรียนระดับอุดมศึกษา จำนวน 419 คน นักเรียนนอกหลักสูตร จำนวน 319 คน และผู้สอนสาขาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 108 คน สำหรับระยะที่สองเป็นการทดลองใช้รูปแบบการออกแบบการสอนแบบเปิดกับนิสิตภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 55 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการออกแบบการสอนแบบเปิด ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ คือ บุคลากร หลักสูตร วิธีวิทยาการสอน เทคโนโลยี และมีขั้นตอนการออกแบบการสอน 7 ขั้นตอน ได้แก่ (1) กำหนดเป้าหมาย หลักสูตร รายวิชา (2) วิเคราะห์นักเรียน (3) กำหนดวัตถุประสงค์ เนื้อหา (4) ออกแบบกิจกรรมกลุ่ม (5) ออกแบบวิธีการประเมิน (6) พัฒนาวิดีโอและการนำไปใช้ และ (7) ประเมินการออกแบบการสอน 2) กลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนในการออกแบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญในระดับดีมาก และมีการประเมินโดยกลุ่มเพื่อนมีค่าคะแนนความสอดคล้องของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์รายกลุ่ม อยู่ในเกณฑ์มากหรือค่อนข้างสมบูรณ์ที่ขนาดความสอดคล้อง 0.95

สมเสมอ ทักษิณ (2560) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ PACLE เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 62 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ 1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการเรียนรู้แบบ PACLE เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขั้นโดยนำเอาหลักการของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มาสังเคราะห์เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้แบบ PACLE มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนรู้แบบ PACLE มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ถูกพัฒนาได้โดยวิธีการสอนที่หลากหลาย เช่น การเรียนรู้แบบ PACLE การโต้แย้งทางความคิด หรือการใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยสามารถวัดได้จากการใช้แบบทดสอบและแบบประเมิน แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ใช้ทั้งแบบทดสอบและแบบประเมินในการวัด และไม่มีการศึกษาในช่วงระหว่างเรียน

5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลงานเชิงสร้างสรรค์

Besemer (1998) ได้วิเคราะห์ผลงานเชิงสร้างสรรค์โดยใช้มาตรวัดการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์เพื่อประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์จำนวน 3 รายการ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนจำนวน 128 คน ผลการวิจัยพบว่า เครื่องมือสามารถแยกความแตกต่างของผลงานเชิงสร้างสรรค์ได้และการแบ่งมิติการประเมินออกเป็น 3 ด้านส่งผลดีกว่าการแบ่งมิติการประเมินเป็น 2 ด้าน

Besemer & O'Quin (1999a) ได้วิเคราะห์โมเดลของเมทริกซ์การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์ใน 3 มิติ: กรณีศึกษาตัวอย่างคนอเมริกัน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้เป็นการยืนยันรูปแบบโมเดลของเมทริกซ์การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์ใน 3 มิติที่เคยถูกวิจัยในกรณีศึกษาประเทศนอร์เวย์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนจำนวน 185 คน ในหลักสูตรจิตวิทยาปี 1997 มหาวิทยาลัยแห่งรัฐนิวยอร์ก โดยประเมินผลงานเก้าอี้ 4 ชิ้นที่ถูกสร้างขึ้นเช่นเดียวกับในกรณีศึกษาประเทศนอร์เวย์ ผลการวิจัยพบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีผลที่สอดคล้องกับกรณีศึกษาประเทศนอร์เวย์

Althuizen & Wierenga (2014) ได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบเน้นการให้เหตุผลจากสถานการณ์จำลอง และมีการใช้แบบประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ Besemer และ O'Quin's (1999a) ซึ่งมีการปรับรูปแบบรายการเล็กน้อยเพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยใช้มาตรวัด 7 ระดับ แบ่งเป็น 1 (แย่มาก) ไปถึง 7 (ยอดเยี่ยม) ค่าความเที่ยงของแบบประเมินมีค่ามากกว่า .86

Tsai (2016) ได้ทำงานวิจัย เรื่อง การออกแบบการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์: การใช้เมทริกซ์การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีในมาเก๊า ประเทศจีน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับชั้นปีที่ 2 จำนวน 68 คน ผลการวิจัยพบว่า เมทริกซ์การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์มีอิทธิผลต่อความคิดสร้างสรรค์ในผลงานของกลุ่มตัวอย่าง และเมทริกซ์นี้สามารถใช้เป็นชุดของเกณฑ์ที่นักออกแบบสามารถประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้อย่างเป็นกลาง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ พบว่า คุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์สามารถใช้วัดผลงานต่าง ๆ ได้มากมาย ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ในด้านการตลาดหรือผลงานที่เกิดจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ใช้แบบประเมินแบบมาตร

วัด 7 ระดับที่ประยุกต์จากแนวคิดของ Besemer และ O'Quin's (1999a) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ในการสร้างเครื่องมือเพื่อประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ได้

6) กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีแนวคิดมาจากทฤษฎีสรรคนิยมที่เชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองจากความรู้เดิมผ่านการลงมือปฏิบัติ (นฤพจน์ พุธวัฒนะ, 2561) ซึ่ง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

ในขั้นการตั้งคำถาม และสืบค้นปัญหาจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหา และสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน ส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในองค์ประกอบของการอธิบายปัญหาให้ชัดเจนได้รับการพัฒนา

ในขั้นสืบค้นปัญหาและขั้นจินตนาการจะช่วยให้นักเรียนสืบค้นแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาจากแหล่งต่าง ๆ และนำมาประยุกต์เป็นวิธีการแก้ปัญหาของตนเองให้ได้หลายแนวคิดที่สุด ส่งผลให้แนวคิดที่นำมาใช้มีความแปลกใหม่ และมีการบูรณาการจากหลายศาสตร์ ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในองค์ประกอบของการสำรวจแนวคิด และช่วยพัฒนาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในด้านความแปลกใหม่ และด้านความประณีตและการสังเคราะห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

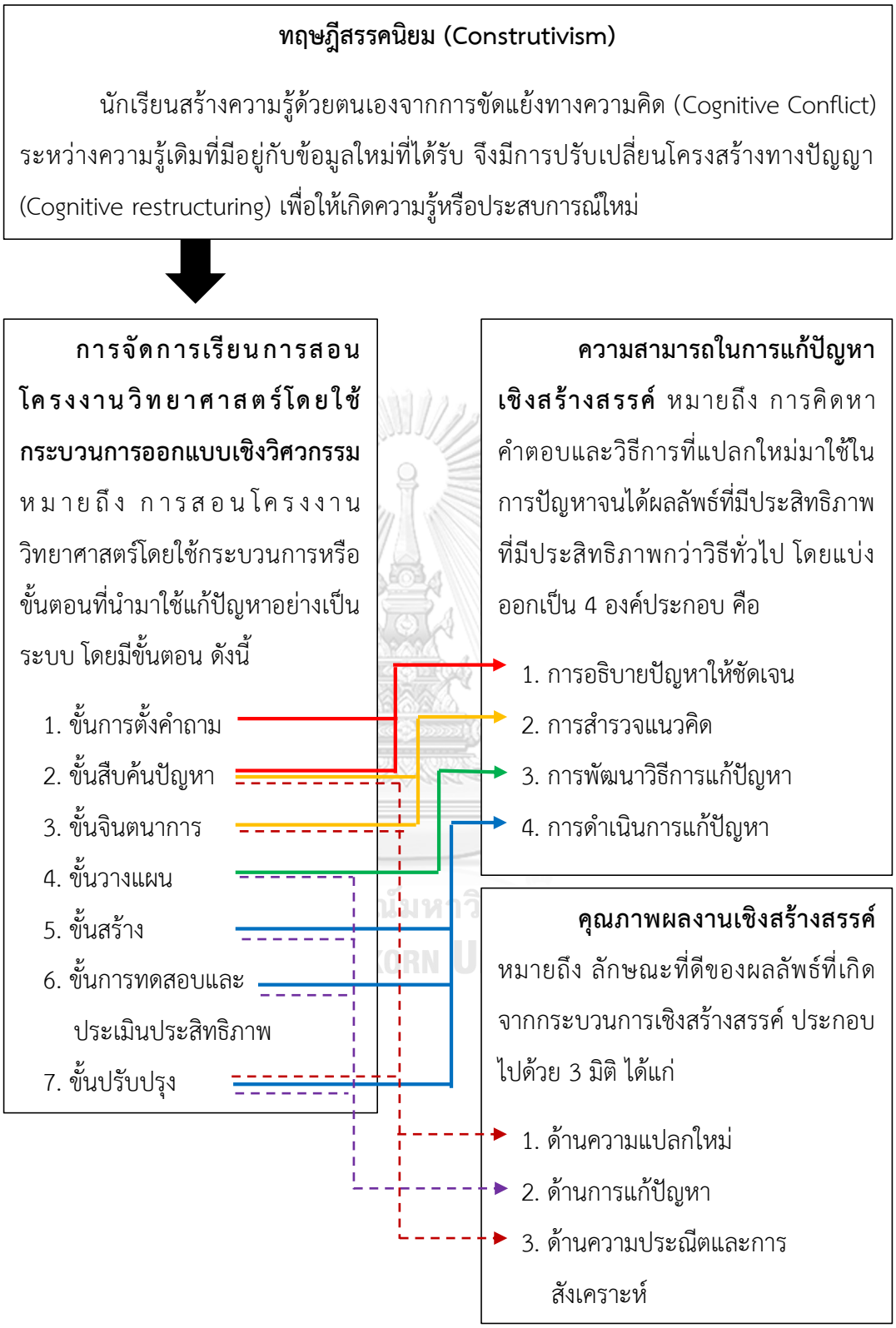
ในขั้นวางแผนจะช่วยให้นักเรียนเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในองค์ประกอบของการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และช่วยพัฒนาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในด้านการแก้ปัญหา

ในขั้นสร้าง ขั้นการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ และขั้นปรับปรุงจะช่วยให้นักเรียนได้ดำเนินการแก้ปัญหาและมีการทดสอบผลงานเพื่อนำผลการทดสอบมาปรับปรุงประสิทธิภาพผลงานทำให้วิธีการแก้ปัญหาหรือผลงานที่ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในองค์ประกอบของการดำเนินการแก้ปัญหา ช่วยพัฒนาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในด้านการแก้ปัญหา

นอกจากนี้ในขั้นปรับปรุงผลงานยังส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ไขชิ้นงานให้มีความประณีต และบูรณาการแนวคิดของเพื่อนมาใช้ในชิ้นงานตนเอง จึงส่งผลให้ช่วยพัฒนาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในด้านความประณีตและการสังเคราะห์ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในแต่ละองค์ประกอบ สามารถสรุปกรอบแนวคิดการวิจัยได้ดังภาพที่ 15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 15 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการของจริยธรรมการวิจัย
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เป็นการวิจัยเชิงทดลองรูปแบบการทดลองกลุ่มเดียวแบบวัดซ้ำ (Repeated-Measures Designs) (Howell, 2009: 457; มนต์ชัย เทียนทอง, 2548) โดยมีตัวอย่างที่ศึกษา 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในรายวิชา โครงงานวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 16 การวิจัยเชิงทดลองรูปแบบ Repeated-Measures Designs

กลุ่มทดลอง	-	O_{pre}	X	O_1	X	O_2	X	O_{post}

O_{pre}	หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง
X	หมายถึง	การเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
O_{1-2}	หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลองครั้งที่ 1 และ 2
O_{post}	หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

2. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 48 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ณ โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

การเลือกกลุ่มเป้าหมาย จะดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยโรงเรียนที่ถูกเลือกเป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเป็นโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ ประเภทสหศึกษาที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร มีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกโรงเรียน คือ 1) มีการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์และสอดคล้องกับนโยบายที่โรงเรียนกำหนด 2) โรงเรียนที่มีแหล่งเรียนรู้หลากหลาย เช่น ห้องสมุดโรงเรียน มีเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่อำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลในการจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์

2.2 การเลือกกลุ่มเป้าหมาย

ใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ เลือกนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 2 ห้องเรียน โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกนักเรียน คือ เป็นนักเรียนที่ลงทะเบียนในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 48 คน และนักเรียนทั้งหมดได้ตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งนักเรียนมีสิทธิ์ที่จะไม่ตอบคำถามในเครื่องมือวิจัยได้ รวมถึงนักเรียนมีสิทธิ์ถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และการไม่เข้าร่วมวิจัยหรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้จะไม่มีผลกระทบต่อนักเรียนแต่อย่างใด นอกจากนี้ข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นภาพรวม

ทั้งนี้ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีลักษณะและธรรมชาติของการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความสนใจในด้านวิทยาศาสตร์และการทำโครงงาน เนื่องจากได้มีการลงทะเบียนเรียนในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งจัดเป็นรายวิชาเลือกในหลักสูตรสถานศึกษา 2) นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความรับผิดชอบต่อการเรียน มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน 3) มีความพร้อมและสนใจในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนเลือกลงทะเบียนเรียนในรายวิชา

เนื่องจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่มีความสนใจในด้านการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน มีความรับผิดชอบในการเรียน ลักษณะของนักเรียนดังกล่าวจึงเหมาะสมกับการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นการสืบสอบความรู้และเชื่อมโยงความรู้ในการสร้างสรรค์นวัตกรรม ดังนั้นจากรายละเอียดข้างต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีลักษณะที่เอื้อต่อการพัฒนาศักยภาพด้านการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และสอดคล้องกับความต้องการของประเทศไทยที่มุ่งส่งเสริมให้ความสามารถนี้เกิดขึ้นกับเยาวชนที่สนใจทางด้านวิทยาศาสตร์และด้านการพัฒนานวัตกรรมของประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 2 ประเภท คือ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

3.1.1 แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3.1.2 แบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

3.1.3 แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ (1) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (2) แบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และ (3) แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ โดยสาเหตุที่เลือกใช้เครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 2 เครื่องมือ เนื่องจากการใช้แบบทดสอบจะใช้ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาโดยตรง แต่จะมีข้อจำกัดในการวัดความสามารถที่ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ส่วนแบบสอบถามจะใช้ในการวัดการรับรู้ความสามารถของนักเรียนเอง แต่จะมีข้อจำกัดในเรื่องของการรับรู้ตนเองที่อาจจะสูงเกินจริง ซึ่งเครื่องมือทั้งหมดมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1.1) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เป็นการประเมินก่อนเรียนและหลังเรียนรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric scoring) มีระดับการประเมินตั้งแต่ 1 ถึง 5 โดยในการทดสอบแต่ละครั้งจะประกอบไปด้วยชุดสถานการณ์ที่ใช้สำหรับการพิจารณาปัญหาจำนวน 2 สถานการณ์ ซึ่งให้เลือกตอบเพียง 1 สถานการณ์ โดยจะมีข้อคำถาม 4 ข้อ และจะมีการประเมินทั้งหมด 4 ครั้ง ได้แก่ ก่อนเรียน ระหว่าง

เรียนครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียนที่จะมีลักษณะข้อคำถามเหมือนกัน แต่จะต่างกันที่รายละเอียดของสถานการณ์ โดยในการพัฒนาเครื่องมือ มีรายละเอียดในการพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนิพิฐพร โกมลกิติศักดิ์ (2553) มิ่งขวัญ ภาคสัญไชย (2555) พีชญาณ์ พานะกิจ (2558) ช่อทิพวัลย์ รัตนนรชัย (2559) และสมเสมอ ทักษิณ (2560) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ สามารถสรุปได้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน การสำรวจแนวคิด การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และการดำเนินการแก้ปัญหา

(2) ศึกษานิยามเชิงปฏิบัติการตามรายการประเมินที่กำหนดขึ้นโดยใช้นิยามตามมูลนิธิการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Education Foundation: 2014a) และแบ่งองค์ประกอบการประเมิน ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 องค์ประกอบของการประเมินแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ตัวชี้วัด	ข้อที่	คะแนน
องค์ประกอบที่ 1 การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน		**10**
1.1 การค้นหาสภาพปัญหา	1.1	5
1.2 การรวบรวมข้อมูลและระบุสาเหตุ	1.2	5
1.3 การระบุปัญหาที่สำคัญ		
องค์ประกอบที่ 2 การสำรวจแนวคิด		**10**
2.1 การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย	2.1	10
2.2 การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่		
องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา		**10**
3.1 การกำหนดเกณฑ์ในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา	3.1	5
3.2 การพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมากที่สุด	3.2	5
องค์ประกอบที่ 4 การดำเนินการแก้ปัญหา		**10**
4.1 การวางแผน แสดงรายละเอียดขั้นตอนของวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก	4.1	10
4.2 การนำวิธีการที่เลือกไปประยุกต์ในสถานการณ์จริง และระบุผลที่เกิดขึ้น		
รวมคะแนน		**40**

Chulalongkorn University

แบบทดสอบฉบับนี้มีสถานการณ์จำนวน 2 เรื่อง แต่ให้นักเรียนเลือกตอบเพียง 1 เรื่อง โดยมีชุดคำถาม 4 ข้อ รวมมีคะแนนเต็ม 40 คะแนน โดยในแต่ละข้อจะมีการกำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 15, 10, 15 และ 10 นาที ตามลำดับ ซึ่งการกำหนดเวลาดังกล่าวได้ข้อมูลจากการทดลองใช้เครื่องมือวัดเบื้องต้นกับนักเรียนที่ไม่ใช่ตัวอย่างของงานวิจัยนี้ และสำหรับข้อที่ 1 และข้อที่ 3 ประกอบไปด้วยข้อย่อยจำนวน 2 ข้อ รวมระยะเวลาในการทำแบบทดสอบทั้งฉบับเป็น 50 นาที

(3) กำหนดเกณฑ์การประเมินในแต่ละรายการและสร้างเกณฑ์การประเมินแบบแยกประเด็น รวมทั้งกำหนดรายละเอียดระดับความสามารถของแต่ละรายการเป็น 5 ระดับ คือ ระดับสูงที่สุด (5) ระดับสูง (4) ระดับปานกลาง (3) ระดับต่ำ (2) และระดับต่ำสุด (1)

(4) กำหนดการแปลผลคะแนนเฉลี่ยเป็นระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยนำคะแนนเต็มมาหารให้เป็น 5 คะแนน และแบ่งคะแนนได้ 5 ช่วง โดยมีหลักการในการแบ่งเกณฑ์การตัดสินระดับความสามารถตามแนวคิดของ Finson & Ormsbee (1998; 79-88) และ อุไร จักษ์ตรีมงคล (2557; 17-26) ดังสูตร

$$\text{เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ} = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนระดับคุณภาพ}}$$

และสามารถแปลผลได้ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
1.00 – 1.80	ต่ำที่สุด
1.81 – 2.60	ต่ำ
2.61 – 3.40	ปานกลาง
3.41 – 4.20	สูง
4.21 – 5.00	สูงที่สุด

CHULALONGKORN UNIVERSITY

(5) นำแบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่สร้างเสร็จไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของรายการการประเมิน เกณฑ์การประเมิน และภาษาที่ใช้แล้วจึงนำมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(6) นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน แบ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผลทางการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการการประเมิน เกณฑ์การประเมินและองค์ประกอบของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ รวมทั้งข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในรายการประเมิน จากนั้นคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่า 0.5 (วรรณี แกมเกตุ, 2555: 221) ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

โดยหลังจากนำแบบประเมินไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) พบว่า ข้อคำถามทั้ง 4 ข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 (ภาคผนวก ค) และได้มีการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

(6.1) แก้ไขเกณฑ์ข้อ 1.1 โดยไม่ต้องวัดคำตอบที่แปลกใหม่

(6.2) แก้ไขข้อ 1.2 จาก “สาเหตุที่นักเรียนคิดว่าปัญหานี้มีความสำคัญเนื่องจาก...” เป็น “เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดว่าปัญหานี้มีความสำคัญ”

(6.3) แก้ไขข้อ 3.2 จาก “วิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเลือกนี้ สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาจริงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด” เป็น “นักเรียนสามารถนำแนวคิดอื่น ๆ มาประยุกต์ในแนวคิดที่นักเรียนเลือกได้อย่างไรบ้าง” (เนื่องจากคำถามเก่าไม่ได้อยู่ในองค์ประกอบของตัวแปร)

(6.4) ปรับแก้การเรียบเรียงคำและประโยคในแต่ละสถานการณ์

(7) นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผ่านการเรียนรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายจำนวน 24 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพข้อสอบรายข้อ ด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาค่าความยากที่มีค่าตั้งแต่ .20 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป (วรรณี แกมเกตุ, 2555: 222) นำมาใช้สร้างแบบทดสอบ ผลการทดสอบ พบว่า

Chulalongkorn University

แบบทดสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง .39 - .59 และมีอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .25 - .46 และแบบทดสอบทั้ง 2 สถานการณ์ที่ใช้มีความเป็นคู่ขนานกัน (ภาคผนวก ค)

(8) นำผลการทดสอบของสถานการณ์ที่ 1 มาตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ทั้งฉบับ โดยตรวจสอบความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ของคอนบาร์ค แล้วต้องมีค่ามากกว่า .50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) และตรวจสอบความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) โดยนำคะแนนที่ได้จากการตรวจของผู้ประเมิน 3 ท่านและผู้วิจัย มาหาค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (Correlation) (วรรณี แกมเกตุ, 2555: 234) พบว่า ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในมีค่าเท่ากับ .817 และค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินมีค่าเท่ากับ .864 - .970 ซึ่งอยู่ในระดับสูง (ภาคผนวก ค)

9) นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไปวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนนักเรียน 1 คน ดังนี้

(9.1) ค่าเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบ หาได้จากการคิดคะแนนตามเกณฑ์การประเมิน ซึ่งจะมีคะแนนเต็ม 10 คะแนน ในแต่ละองค์ประกอบ จากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้มาหาร 2 เพื่อแปลผล

(9.2) ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หาได้จากการนำคะแนนค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบ มารวมกัน แล้วหารด้วยจำนวนองค์ประกอบเพื่อแปลผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(10) การหาค่าคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนดำเนินการโดย

(10.1) ค่าเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบ หาได้จากการนำค่าเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบตามข้อ (9.1) ของนักเรียนทุกคนในกลุ่มเป้าหมายมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนนักเรียน

(10.2) ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หาได้จากการนำค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามข้อ (9.2) ของนักเรียนทุกคนในกลุ่มเป้าหมายมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนนักเรียน

3.1.2) แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียน เป็นการประเมินก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบสอบถามชุดเดียวกันรวมทั้งสิ้น 4 ครั้ง โดยจะใช้แบบสอบถามปลายปิดแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับจำนวน 16 ข้อ ซึ่งมีระดับการประเมินตั้งแต่ 1 ถึง 5 และแบบสอบถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ โดยในการพัฒนาเครื่องมือ มีรายละเอียดในการพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของ Lin, & Cho (2011) Hester. et al. (2012) Titus & Koppitsch (2018) และนรินธน์ นนทมาลย์ (2560) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ สามารถสรุปได้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน การสำรวจแนวคิด การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และการดำเนินการแก้ปัญหา เพื่อนำมาใช้สร้างแบบสอบถามปลายปิดจำนวน 16 ข้อ สำหรับแบบสอบถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ ใช้เพื่ออภิปรายถึงการรับรู้ตนเองเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหา เทคนิคที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน หรือลักษณะการทำงานกลุ่มของผู้เรียน

(2) ศึกษานิยามเชิงปฏิบัติการตามรายการประเมินที่กำหนดขึ้นโดยใช้นิยามตามมูลนิธิการศึกษาเชิงสร้างสรรค์ (Creative Education Foundation: 2014a) และแบ่งองค์ประกอบการประเมินของแบบสอบถามปลายปิด ดังตารางที่ 16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 องค์ประกอบของการประเมินแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ตัวชี้วัด	ข้อที่	จำนวนข้อ
องค์ประกอบที่ 1 การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน		**4**
1.1 การค้นหาสภาพปัญหา	1	1
1.2 การรวบรวมข้อมูลและระบุสาเหตุ	2-3	2
1.3 การระบุปัญหาที่สำคัญ	4	1
องค์ประกอบที่ 2 การสำรวจแนวคิด		**4**
2.1 การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย	5-6	2
2.2 การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่	7-8	2
องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา		**4**
3.1 การกำหนดเกณฑ์ในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา	9-10	2
3.2 การพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมากที่สุด	11-12	2
องค์ประกอบที่ 4 การดำเนินการแก้ปัญหา		**4**
4.1 การวางแผน แสดงรายละเอียดขั้นตอนของวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก	13-14	2
4.2 การนำวิธีการที่เลือกไปประยุกต์ในสถานการณ์จริง และระบุผลที่เกิดขึ้น	15-16	2
รวมคะแนน		**16**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) กำหนดระดับการประเมินแบบสอบถามปลายปิดเป็น 5 ระดับ คือ ระดับสูงที่สุด (5) ระดับสูง (4) ระดับปานกลาง (3) ระดับต่ำ (2) และระดับต่ำสุด (1)

(4) กำหนดการแปลผลคะแนนเฉลี่ยเป็นระดับการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยนำคะแนนเต็มมาหารให้เป็น 5 คะแนน และแบ่งคะแนนได้ 5 ช่วง โดยมีหลักการในการแบ่งเกณฑ์การตัดสินระดับการรับรู้ความสามารถตามแนวคิดของ Finson & Ormsbee (1998; 79-88) และ อุไร จักษ์ตรีมงคล (2557; 17-26) ดังสูตร

$$\text{เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ} = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนระดับคุณภาพ}}$$

และสามารถแปลผลได้ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยของการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	ระดับการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
1.00 – 1.80	ต่ำที่สุด
1.81 – 2.60	ต่ำ
2.61 – 3.40	ปานกลาง
3.41 – 4.20	สูง
4.21 – 5.00	สูงที่สุด

(5) นำแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของรายการและเกณฑ์การประเมิน รวมถึงภาษาที่ใช้แล้วจึงนำมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(6) นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน แบ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผลทางการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการการประเมิน เกณฑ์การประเมินและองค์ประกอบของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ รวมทั้งข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในรายการประเมิน จากนั้นคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (วรรณี แกมเกตุ, 2555: 221) ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

โดยหลังจากนำแบบประเมินไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) พบว่า ข้อคำถามทั้ง 6 ข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 (ภาคผนวก ค) และได้มีการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

(6.1) แก้ไขข้อ 1 โดยตัดประเด็นเรื่องความหลากหลายของการระบุปัญหาออกเป็นให้ระบุปัญหาได้ตรงกับสถานการณ์ที่พบเจอ

(6.2) แก้ไขข้อ 6 และข้อ 8 ที่มีความหมายใกล้เคียงกันให้ชัดเจนมากขึ้น โดยข้อ 6 จะเน้นการวัดความคิดที่หลากหลาย และข้อ 8 จะเน้นวัดความคิดที่แปลกใหม่

(6.3) แก้ไขข้อ 9 จาก “ฉันพิจารณาความเป็นไปได้ในการเลือกวิธีแก้ปัญหามาใช้แก้ปัญหาว่าสามารถนำไปใช้ได้จริง” เป็น “ฉันพิจารณาความเป็นไปได้จากการใช้เกณฑ์ที่เหมาะสมในการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา” โดยเน้นที่การใช้เกณฑ์ที่เหมาะสม

(6.4) แก้ไขคำถามปลายเปิดข้อ 2 ให้สอดคล้องกับเป้าหมายในการถามมากขึ้น จาก “นักเรียนมีบทบาทอย่างไรในการทำงานกลุ่ม” เป็น “บทบาทในการทำงานกลุ่มของนักเรียนมีส่วนในการทำให้กลุ่มประสบความสำเร็จอย่างไร”

(6.5) แก้ไขคำถามปลายเปิดข้อ 3 ให้สอดคล้องกับเป้าหมายในการถามมากขึ้น จาก “จากการทำงานกลุ่ม นักเรียนคิดว่ามีปัญหาในการทำงานกลุ่มอย่างไร” เป็น “นักเรียนคิดว่ามีอุปสรรคในการสร้างแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาภายในกลุ่มอย่างไร เพราะเหตุใด”

(7) นำแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ผ่านการเรียนรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายจำนวน 24 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ของคอนบาร์ค โดยควรมีค่ามากกว่า .50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) พบว่า ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในมีค่าเท่ากับ .931 (ภาคผนวก ค)

(8) นำแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไปวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และนำมาคำนวณคะแนนแบบสอบถามปลายปิดโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนนักเรียน 1 คน ดังนี้

(8.1) ค่าเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบ หาได้จากการคิดคะแนนโดยนำคะแนนจากข้อในแต่ละองค์ประกอบมารวมกัน แล้วหารด้วยจำนวนข้อ จะได้คะแนนเต็ม 5 คะแนน ในแต่ละองค์ประกอบเพื่อแปลผล

(8.2) ค่าเฉลี่ยคะแนนการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หาได้จากการนำคะแนนค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบ มารวมกัน แล้วหารด้วยจำนวนองค์ประกอบเพื่อแปลผล

(9) การหาค่าคะแนนการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนดำเนินการดังนี้

(9.1) ค่าเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบ หาได้จากการนำค่าเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบตามข้อ (8.1) ของนักเรียนทุกคนในกลุ่มเป้าหมายมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนนักเรียน

(9.2) ค่าเฉลี่ยคะแนนการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หาได้จากการนำค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามข้อ (8.2) ของนักเรียนทุกคนในกลุ่มเป้าหมายมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนนักเรียน

(10) นำผลคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามปลายปิด และข้อมูลจากการตอบคำถามของนักเรียนจากแบบสอบถามปลายเปิดไปประกอบการอภิปรายผลการวิจัย

3.1.3) แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์เป็นการประเมินระหว่างเรียนและหลังเรียนรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบประเมินชุดเดียวกันรวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง ดัดแปลงมาจากแบบมาตรวัดการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ (Creative Product Semantic Scale: CPSS) ตามทฤษฎีของเมทริกซ์การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์ (The Creative Product Analysis Matrix: CPAM) ของ Besemer และ Treffinger (Besemer, & O'Quin, 1999a) โดยในการพัฒนาเครื่องมือมีรายละเอียด ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของ Besemer & O'Quin (1999a), Cropley & Cropley (2005), Haller, Courvoisier, & Cropley (2011), พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์ (2533) และ สมาน ถาวรรัตนวณิช (2541) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ สามารถสรุปองค์ประกอบของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ได้ 3 มิติ ได้แก่ 1) มิติด้านความแปลกใหม่ 2) มิติด้านการแก้ปัญหา และ 3) มิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์

(2) ศึกษานิยามเชิงปฏิบัติการตามรายการการประเมินที่กำหนดขึ้นตามองค์ประกอบของ Besemer & O'Quin (1999a) และ Haller, Courvoisier, & Cropley (2011: 101) หลังจากนั้นได้แบ่งองค์ประกอบการประเมิน ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 องค์ประกอบของการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์

มิติมโนทัศน์	จำนวนข้อ
1. มิติด้านความแปลกใหม่ (Novelty)	
1.1) ความแปลกใหม่ (originality)	4
1.2) การทำให้ประหลาดใจ (surprise)	4
1.3) ความเป็นต้นกำเนิดให้สิ่งอื่น (germinal)	3
2. มิติด้านการแก้ปัญหา (Resolution)	
2.1) ความสมเหตุสมผล (logical)	6
2.2) ความมีประโยชน์ (useful)	7
2.3) ความมีคุณค่า (valuable)	3
2.4) ความเข้าใจได้ (understandable)	2
3. มิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์ (Elaboration and Synthesis)	
3.1) การจัดองค์ประกอบ (organic)	4
3.2) ความมีฝีมือและช่ำชอง (well-crafted)	2
3.3) ความประณีตสวยงาม (elegant)	3
3.4) ความซับซ้อน (complex)	2
รวมทั้งสิ้น	40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) กำหนดรูปแบบการประเมินเป็นลักษณะมาตรวัด 2 ขั้ว (Bipolar semantic scale) ซึ่งมีระยะห่างระหว่างประโยคหรือคำคุณศัพท์ 7 ช่อง ตามแนวคิดของ Besemer & O'Quin (1999a) และสมาน ถาวรรัตนวณิช (2541) รวมเป็นข้อคำถาม 40 ข้อ

(4) กำหนดการแปลผลคะแนนเฉลี่ยเป็นระดับคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยนำคะแนนเต็มมาหารให้เป็น 7 คะแนน โดยมีหลักการในการแบ่งเกณฑ์การตัดสินระดับความสามารถตามแนวคิดของ Finson & Ormsbee (1998; 79-88) และ อุไร จักษ์ตรีมงคล (2557; 17-26) ดังสูตร

$$\text{เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ} = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนระดับคุณภาพ}}$$

และสามารถแปลผลได้ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยคุณภาพ ผลงานเชิงสร้างสรรค์	ระดับคุณภาพ ผลงานเชิงสร้างสรรค์
1.00 – 2.20	ควรปรับปรุง
2.21 – 3.40	พอใช้
3.41 – 4.60	ปานกลาง
4.61 – 5.80	ดี
5.81 – 7.00	ดีมาก

(5) นำแบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ที่สร้างเสร็จไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของรายการการประเมิน เกณฑ์การประเมิน และภาษาที่ใช้แล้วจึงนำมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(6) นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน แบ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผลทางการศึกษา จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์จำนวน 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมจำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ผู้สอนรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการการประเมิน เกณฑ์การประเมินและองค์ประกอบของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ รวมทั้งข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในรายการประเมิน จากนั้นคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (วรรณี แกมเกตุ, 2555: 221) ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

โดยหลังจากนำแบบประเมินไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) พบว่า ข้อคำถามทั้ง 40 ข้อมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 (ภาคผนวก ค) และได้มีการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

(6.1) แก้ไขภาษาของคำคุณศัพท์ให้กระชับและชัดเจนขึ้น จำนวน 23 ข้อ เช่น แก้จากคำว่า ทำงานอย่างลวก ๆ เป็น ทำงานอย่างเร่งรีบ ไม่รอบคอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(6.2) แก้ไขชื่อองค์ประกอบที่ 2 จาก “ความน่าประหลาดใจ” เป็น “การทำให้ประหลาดใจ”

(6.3) แก้ไขชื่อมิติที่ 2 จาก “มิติด้านการตัดสินใจ” เป็น “มิติด้านการแก้ปัญหา”

(6.4) ย้ายคู่คำคุณศัพท์ “ใช้ค่าใช้จ่ายมาก ต้นทุนสูง - ประหยัดค่าใช้จ่าย ต้นทุนต่ำ” จากในองค์ประกอบย่อยที่ 5 ความมีประโยชน์ เป็นองค์ประกอบย่อยที่ 6 ความมีคุณค่า

(7) นำแบบทดสอบคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ที่ได้ปรับปรุงแล้ว ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่านที่มีคุณสมบัติ คือ เป็นผู้มีประสบการณ์ในการประเมินผลงานประดิษฐ์อย่างน้อย 5 ครั้ง และมีประสบการณ์ในการสอนโครงงานสิ่งประดิษฐ์อย่างน้อย 5 ปี มาประเมินผลงานประดิษฐ์ จำนวน 5 ชิ้น นำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าความเที่ยง โดยตรวจสอบความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ของคอนบาร์ค แล้วต้องมีค่ามากกว่า .50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) และตรวจสอบความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) โดยนำคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านและผู้วิจัยมาหาค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (Correlation) โดยต้องมีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์มากกว่า .070 ขึ้นไป ซึ่งอยู่ในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555: 375) พบว่า ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในมีค่าเท่ากับ .993 และความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินมีค่าเท่ากับ .768 - .990 (ภาคผนวก ค)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(8) นำแบบประเมินไปประเมินคุณภาพผลงาน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนงานประดิษฐ์ 1 ชิ้น ดังนี้

(8.1) ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบย่อย หาได้จากการนำคะแนนในแต่ละข้อขององค์ประกอบย่อยมารวมกัน แล้วหารด้วยจำนวนข้อ

(8.2) ค่าเฉลี่ยมิติ หาได้จากการนำคะแนนค่าเฉลี่ยองค์ประกอบย่อยของแต่ละมิติมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนองค์ประกอบย่อย

(8.3) ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพผลงาน หาได้จากการนำคะแนนค่าเฉลี่ยมิติทั้ง 3 มิติ มารวมกัน แล้วหารด้วยจำนวนมิติ

(9) การหาค่าคะแนนคุณภาพผลงานหลังเรียน ดำเนินการโดย

(9.1) ค่าเฉลี่ยมิติหลังเรียนหาได้จากการนำค่าเฉลี่ยคุณภาพผลงานในแต่ละมิติตามข้อ (8.2) ของผลงานทุกชิ้นในกลุ่มเป้าหมายมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนผลงาน

(9.2) ค่าเฉลี่ยคุณภาพผลงานหลังเรียน หาได้จากการนำค่าเฉลี่ยคุณภาพผลงานตามข้อ (8.3) ของผลงานทุกชิ้นในกลุ่มเป้าหมายมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนผลงาน

3.2) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำนวนทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบเรียน รวม 20 คาบเรียน โดยมีขั้นตอนการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ และการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

(1) การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้เลือกที่จะพัฒนาแผนกิจกรรมโครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์เนื่องจากต้องการที่จะพัฒนานักเรียนในด้านของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ รวมถึงคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ที่ได้จากการทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์ซึ่งเป็นโครงงานที่นักเรียนจะต้องประยุกต์ความรู้ในการสร้างสรรค์ผลงานได้อย่างเต็มที่ โดยสามารถสรุปขั้นตอนในการทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์ โดยดัดแปลงแนวคิดของ Science Buddies (2019) ได้นำเสนอขั้นตอนของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ขั้นการตั้งคำถาม
2. ขั้นศึกษางานที่เกี่ยวข้อง
3. ขั้นตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรต่าง ๆ
4. ขั้นทดสอบสมมติฐาน
5. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและลงข้อสรุป
6. ขั้นรายงานผลการทดลอง

(2) การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ TeachEngineering STEM Curriculum for K-12 (2018) และสรุปขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ 7 ขั้นตอน ดังนี้

(2.1) ขั้นการตั้งคำถาม (Ask) เป็นขั้นที่ตั้งคำถามสำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการสร้างรวมถึงปัญหาที่ต้องการแก้ไข ทำความเข้าใจกับปัญหาภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ระบุความต้องการและข้อจำกัดในการออกแบบ

(2.2) ขั้นสืบค้นปัญหา (Research the Problem) เป็นขั้นที่สืบค้นข้อมูลรวมถึงการหาข้อมูลจากบุคคลที่แตกต่างกันเพื่อช่วยในการค้นหาแนวคิดในการแก้ปัญหาหรือออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้นหรือปรับปรุงโดยใช้เทคโนโลยีเพื่อให้ตอบสนองกับความต้องการ

(2.3) ขั้นจินตนาการ (Imagine) เป็นขั้นที่พัฒนาวิธีการที่เป็นไปได้ให้ได้มากที่สุด มีการระดมความคิดและการทำงานเป็นทีมในการระดมสมองเพื่อร่วมกันคิดวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด

(2.4) ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่มีการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบแนวคิดแต่ละแนวคิด ข้อจำกัด และงานวิจัยก่อนหน้า และใช้ในการเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้แก้ปัญหา

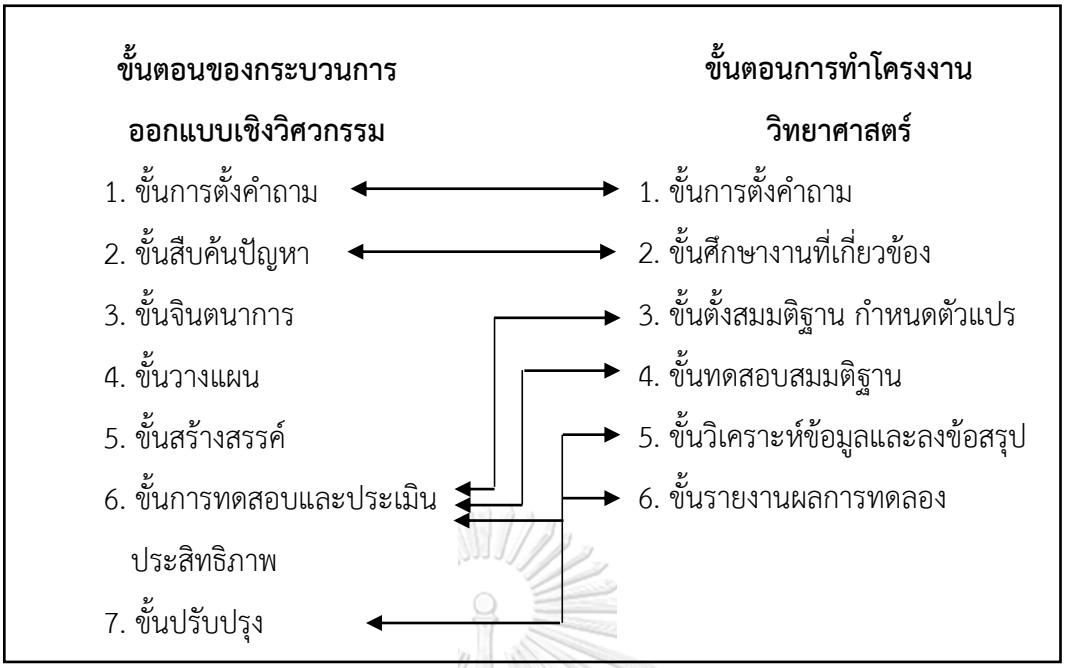
(2.5) ขั้นสร้าง (Create) เป็นขั้นที่สร้างต้นแบบหรือแบบจำลอง โดยใช้แนวคิดที่ดีที่สุดมาพัฒนาตามวัตถุประสงค์ พยายามสร้างสรรค์ผลงานและใช้จินตนาการในการออกแบบให้มากที่สุด

(2.6) ขั้นการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ (Test and Evaluate Prototype) เป็นขั้นที่ทดสอบและประเมินผลการแก้ปัญหาหรือการทำงานของผลงานผ่านการทดสอบ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์จุดดีจุดด้อยของผลงาน และประสิทธิภาพการทำงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2.7) ขั้นปรับปรุง (Improve) เป็นขั้นที่มีการปรับปรุงพัฒนาผลงาน หารือเกี่ยวกับวิธีการที่ต้องการปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงานโดยมีการแก้ไข หรือวาดออกแบบใหม่

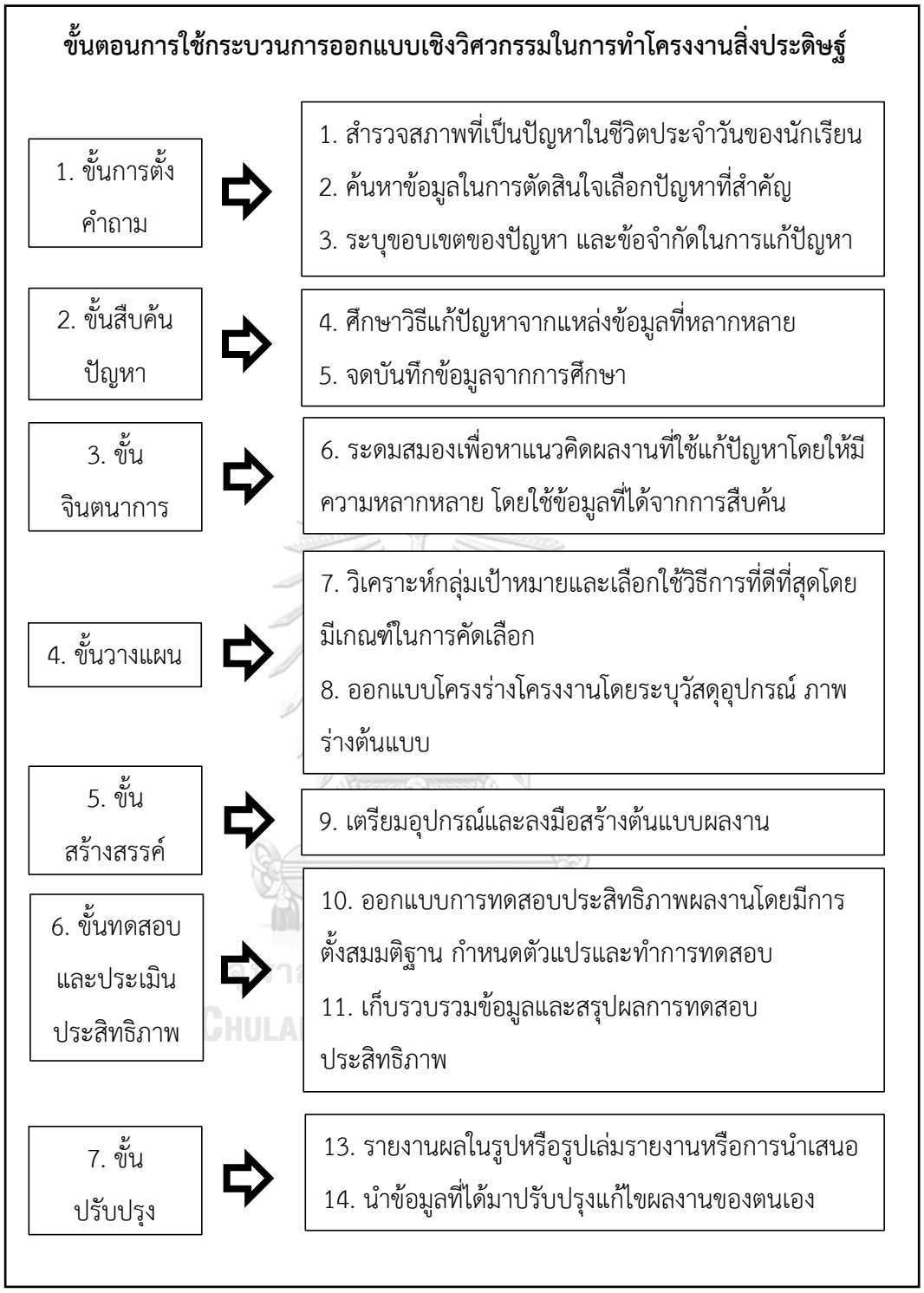
(3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อเน้นสร้างสรรค์โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำนวน 7 ขั้นตอน ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

จากภาพที่ 17 พบว่า ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสอดคล้องกับขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่จะมีขั้นจินตนาการ ขั้นวางแผน ขั้นสร้างสรรค์ที่เพิ่มขึ้นมาทำให้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีประสิทธิภาพในการสร้างผลงานมากกว่า นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนของการปรับปรุงงานหลังรายงานผลการทดลองเพื่อให้ผลงานมีการพัฒนาขึ้น

(4) ทำการออกแบบตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนในการทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์โดยใช้ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้ดังภาพที่ 18 และวิเคราะห์บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ ดังตารางที่ 18



ภาพที่ 18 ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์

ตารางที่ 18 แสดงบทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นการตั้งคำถาม (Ask)	1. กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาหรือเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน 2. กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยใช้คำถามและสถานการณ์ที่ครูกำหนด	1. สังเกตและวิเคราะห์สภาพปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ 2. ทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข
2. ขั้นสืบค้นปัญหา (Research the Problem)	1. ชี้แนะแนวทางทำกิจกรรม 2. ตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูล 3. นำอภิปรายเพื่อให้นักเรียนสามารถคิดเชื่อมโยงหลักการทางวิศวกรรมหรือวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้	1. สืบค้นวิธีการแก้ปัญหาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ให้มีทางเลือกมากที่สุด
3. ขั้นจินตนาการ (Imagine)	1. ตรวจสอบความถูกต้องและชี้แนะแนวทางระหว่างการทำกิจกรรม	1. ระดมสมอง และอภิปรายเพื่อระบุแนวทางการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด
4. ขั้นวางแผน (Plan)	1. ร่วมอภิปรายถึงแนวทางในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด 2. ตรวจสอบความถูกต้องและชี้แนะแนวทางระหว่างการทำกิจกรรม	1. อภิปรายถึงแนวทางในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์ในการตัดสิน 2. ร่างภาพแนวคิดที่ดีที่สุด และระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้
5. ขั้นสร้าง (Create)	1. ตรวจสอบความถูกต้องและชี้แนะแนวทางระหว่างการทำกิจกรรม 2. กระตุ้นการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วมในงาน 3. ดูแลความเรียบร้อยและความปลอดภัยในการสร้างผลงานต้นแบบ	1. สร้างผลงานจำลองหรือต้นแบบที่สอดคล้องกับการออกแบบ 2. แบ่งหน้าที่ในการทำงานอย่างชัดเจน และทำงานอย่างเป็นระบบตามขั้นตอนที่วางไว้

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
6. ขั้นการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ (Test and Evaluate Prototype)	1. กระตุ้นการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วมในงาน 2. ดูแลความเรียบร้อยและความปลอดภัยในการทดสอบ 3. ตรวจสอบความถูกต้องและชี้แนะแนวทางระหว่างการทดสอบ 4. ให้กำลังใจและให้คำแนะนำแก่นักเรียนเมื่อผลการทดสอบไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์	1. นำผลงานที่ออกแบบมาดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพ 2. บันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อดีและข้อจำกัดของผลงานตนเอง
7. ขั้นปรับปรุง (Improve)	1. ร่วมอภิปรายถึงการออกแบบของแต่ละกลุ่มเพื่อหาข้อบกพร่อง และแนวทางปรับปรุงแก้ไขผลงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น 2. ร่วมอภิปรายสรุปกิจกรรม ผลที่ได้รับ และประโยชน์ที่จะนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน 3. ประเมินผลการทำงานของนักเรียน 4. เปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามในส่วนที่ยังไม่เข้าใจ	1. นำเสนอผลงานของตนเองและรับฟังความคิดเห็นของเพื่อน 2. ร่วมอภิปรายหาข้อบกพร่องและแนวทางปรับปรุงแก้ไขผลงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น 3. ร่วมอภิปรายสรุปกิจกรรม ผลที่ได้รับ และประโยชน์ที่จะนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน 4. ประเมินผลการทำงานของกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อน และนำผลงานไปปรับปรุง

(5) ศึกษาเอกสารคำอธิบายรายวิชาและสาระหลักสูตรในรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ของโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

(6) ออกแบบขั้นตอนกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ขั้นเตรียมและเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

1.1) เตรียมนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้วยการแนะนำวิธีการเรียน วัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนในรายวิชา การวัดและประเมินผล และประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้แก่นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

1.2) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการจัดการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ด้วยแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ฉบับก่อนเรียน จำนวน 1 สถานการณ์ โดยให้ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที และใช้แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหา ฉบับก่อนเรียน โดยให้ใช้เวลาในการทำแบบสอบถาม 10 นาที

2) ขั้นดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

2.1) ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 3 กิจกรรม โดยแต่ละกิจกรรมจะใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมครบทั้ง 7 ขั้นตอน จากนั้นจัดทำสาระและแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยแบ่งเป็น 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 20 คาบ โดยสรุปได้ดังตารางที่ 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 19 แผนการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้จำนวน 4 แผน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	สัปดาห์ที่	จำนวนคาบ	เนื้อหาสาระ
1	1-3	6	- กิจกรรมโครงงานโดยเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **ครั้งที่ 1** เรื่อง “อุปกรณ์คัดแยกขนาด” - สรุปกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
2	4-5	4	- กิจกรรมโครงงานโดยเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **ครั้งที่ 2** เรื่อง “กังหันผลิตไฟฟ้า”
3	6-7	4	- กิจกรรมโครงงานโดยเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **ครั้งที่ 3** เรื่อง “การทำโครงงานตามความสนใจ” (ตั้งคำถาม สืบค้นข้อมูล จินตนาการและวางแผน)
4	8-10	6	- กิจกรรมโครงงานโดยเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **ครั้งที่ 3** เรื่อง “การทำโครงงานตามความสนใจ” (สร้างผลงาน ตรวจสอบประสิทธิภาพผลงาน ปรับปรุงผลงาน และนำเสนอผลงาน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 จะใช้เวลา 6 คาบเรียน เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 จะสอนการทำโครงงานผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทีละขั้นตอน พร้อมกับให้นักเรียนเข้าใจขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเบื้องต้น ส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 จะใช้เวลา 4 คาบเรียน เนื่องจากนักเรียนมีพื้นฐานและสามารถทำโครงงานตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ด้วยตนเอง ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-4 จะเป็นการทำโครงงานตามความสนใจ ซึ่งนักเรียนจะได้ออกแบบผ่านปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และต้องใช้เวลาในการทำโครงงานมากกว่าโครงงานชิ้นที่ 1 และ 2

2.2) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ระหว่างการจัดการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบ

ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ฉบับระหว่างการทดลอง จำนวน 1 สถานการณ์ โดยเป็นสถานการณ์ที่ต่างกับแบบทดสอบฉบับก่อนและหลังเรียน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที จำนวน 2 ครั้งหลังจบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และใช้แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหา ฉบับระหว่างการทดลอง โดยให้ใช้เวลาในการทำแบบสอบถาม 10 นาที จำนวน 2 ครั้งหลังจบแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

2.3) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้เครื่องมือ 1 ชุด ได้แก่ แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ฉบับระหว่างการทดลอง โดยประเมินผลงานที่เกิดจากกิจกรรมโครงงานโดยเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ

3) ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

3.1) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการจัดการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ด้วยแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ฉบับหลังการทดลอง โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 100 นาที และใช้แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหา ฉบับหลังการทดลอง โดยให้ใช้เวลาในการทำแบบสอบถาม 10 นาที

3.2) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ โดยใช้เครื่องมือ 1 ชุด ได้แก่ แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ฉบับหลังการทดลอง ประเมินผลงานที่เกิดจากกิจกรรมโครงงานโดยเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครั้งที่ 3 หลังนักเรียนได้นำเสนอโครงงานตามความสนใจ

โดยในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละช่วง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 การวางแผนการใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตัวแปรที่วัด	เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล	การวางแผนการใช้เครื่องมือ			
		ก่อนการทดลอง	ระหว่างการทดลอง		หลังการทดลอง
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	แบบทดสอบ	1	1	1	1 , 2
	แบบสอบถาม	1	1	1	1 , 2
คุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์	แบบประเมิน	-	✓	✓	3

โดย 1 เป็นการวัดเพื่อใช้ตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 1
2 เป็นการวัดเพื่อใช้ตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 2
3 เป็นการวัดเพื่อใช้ตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 3
✓ เป็นการวัดเพิ่มเติมเพื่อใช้อภิปรายผล

(7) กำหนดลักษณะกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังตารางที่ 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 21 ลักษณะกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้

สัปดาห์ที่	คาบที่	ลักษณะกิจกรรมที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	ผลงาน	เนื้อหาโครงงานวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ขั้นเตรียมและเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง	-	1) ชี้แจงจุดประสงค์ของการเรียนการสอน 2) ทบทวนความรู้เกี่ยวกับความหมาย ประเภท และขั้นตอนในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ 3) ให้นักเรียนศึกษาวัสดุอุปกรณ์ประเภทต่าง ๆ เช่น วงจรไฟฟ้า เซนเซอร์ มอเตอร์ ฯลฯ 4) ทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนการทดลอง (ทั้งแบบทดสอบและแบบสอบถาม)	-	ความหมาย ประเภทและขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์	-
1	1-2	1) ให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 7 ขั้นตอน โดยใช้กิจกรรม “อุปกรณ์คัดแยกขนาด”	ผลงานชิ้นที่ 1 (อุปกรณ์คัดแยกขนาด)	ขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนทั้ง 7 ขั้นตอน
2	3-4				
3	5	2) สรุปกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3) ทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ระหว่างการ			
	6				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สัปดาห์ที่	คาบที่	ลักษณะกิจกรรมที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	ผลงาน	เนื้อหาโครงงานวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
		ทดลอง ครั้งที่ 1 (ทั้งแบบทดสอบและแบบสอบถาม) 4) ประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ระหว่างการทดลอง ครั้งที่ 1 (แบบประเมิน)			
4	7-8	1) ให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 7 ขั้นตอน โดยใช้กิจกรรม “กังหันผลิตไฟฟ้า”	ผลงานชิ้นที่ 2 (กังหันผลิตไฟฟ้า)	ขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนทั้ง 7 ขั้นตอน
5	9-10	1) สรุปกิจกรรม “กังหันผลิตไฟฟ้า” 2) ทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ระหว่างการทดลอง ครั้งที่ 2 (ทั้งแบบทดสอบและแบบสอบถาม) 3) ประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ระหว่างการทดลอง ครั้งที่ 2 (แบบประเมิน)			
6	11	1) ให้นักเรียนเขียนปัญหาเล็กน้อยที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน (Bug list)	ผลงานชิ้นที่ 3 (ผลงาน	การตั้งคำถามโครงงาน	1) ขั้นการตั้งคำถาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สัปดาห์ที่	คาบที่	ลักษณะกิจกรรมที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	ผลงาน	เนื้อหาโครงงานวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
		หรือปัญหาที่เกิดโดยทั่วไป เช่น ปัญหาน้ำเสีย ปัญหาด้านพลังงาน 2) ศึกษาปัญหาที่นักเรียนสนใจจากสิ่งรอบตัว และให้ตั้งคำถาม 3 คำถาม ดังนี้ - อะไรคือปัญหาหรือความต้องการนี้ - ใครที่มีปัญหาหรือความต้องการนี้ - การแก้ปัญหานี้สำคัญอย่างไร	ตามความสนใจ)	วิทยาศาสตร์	
	12	1) ใช้แบบตรวจสอบรายการเพื่อให้นักเรียนพิจารณาว่าปัญหาที่ตั้งมีความสำคัญมากน้อยอย่างไร 2) ระบุว่าปัญหานี้มีข้อจำกัดในการแก้ปัญหาอย่างไร 3) ศึกษาโครงงานที่มีอยู่แล้ว หรือวิธีการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายคลึงกัน 4) จดบันทึกแนวคิดโครงงานที่มีอยู่แล้ว	ผลงานชิ้นที่ 3 (ผลงานตามความสนใจ)	การสืบค้นข้อมูลในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์	2) ขั้นสืบค้นปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สัปดาห์ที่	คาบที่	ลักษณะกิจกรรมที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	ผลงาน	เนื้อหาโครงงานวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
7	13-14	1) ให้นักเรียนระดมสมองเพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้การปรับปรุงหรือประยุกต์จากโครงงานหรือเอกสารข้อมูลที่สืบค้น ซึ่งมีหลักการทางวิทยาศาสตร์รองรับ	ผลงานชิ้นที่ 3 (ผลงานตามความสนใจ)		3) ขั้นจินตนาการ
8	15	1) วิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายที่ต้องการใช้ผลงานของนักเรียน เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด 2) ให้นักเรียนระดมสมองเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้การพิจารณาเกณฑ์ต่าง ๆ เช่น ราคา คุณภาพ เป็นต้น 3) ให้นักเรียนระดมความคิดเกี่ยวกับวัสดุที่นำมาใช้ที่เหมาะสมที่สุดในการประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา 4) ร่างภาพต้นแบบผลงาน 5) สร้างต้นแบบหรือแบบจำลอง โดยใช้แนวคิดที่ดีที่สุดในการพัฒนา	ผลงานชิ้นที่ 3 (ผลงานตามความสนใจ)	การเขียนเค้าโครงงานวิทยาศาสตร์	4) ขั้นวางแผน 5) ขั้นสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สัปดาห์ที่	คาบที่	ลักษณะกิจกรรมที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	ผลงาน	เนื้อหาโครงงานวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
		6) นักเรียนพัฒนาผลงานของตนเองนอกห้องเรียน			
	16	1) ให้นักเรียนออกแบบวิธีการทดสอบผลงานของตนเอง 2) กำหนดปัญหา สมมติฐาน และกำหนดตัวแปรในการทดลอง 3) ทดสอบประสิทธิภาพของผลงานตนเองนอกเวลาเรียน	ผลงานชิ้นที่ 3 (ผลงานตามความสนใจ)		6) ขั้นการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ
9	17-18	1) นำเสนอวิธีการออกแบบของกลุ่มตนเองและนำแนวคิดของเพื่อนมาใช้ปรับปรุงแก้ไขผลงานของตนเอง	ผลงานชิ้นที่ 3 (ผลงานตามความสนใจ)	การนำเสนอโครงงาน	7) ขั้นปรับปรุง
10	19-20	1) ทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังการทดลอง (ทั้งแบบทดสอบและแบบสอบถาม) 2) ประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ หลังการทดลอง (แบบประเมิน)	ผลงานชิ้นที่ 3 (ผลงานตามความสนใจ)	การเขียนรูปเล่มโครงงาน	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(8) ดำเนินการสร้างคำอธิบายรายวิชา แผนระยะยาว และแผนรายคาบตามขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามสาระและจำนวนคาบที่กำหนด

(9) นำคำอธิบายรายวิชา แผนระยะยาว และแผนรายคาบที่สร้างเสร็จแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบพิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสม และความชัดเจนของภาษาที่ใช้ตามองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ วัตถุประสงค์ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล หลังจากนั้นนำแผนการจัดการจัดการเรียนรู้มาปรับแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

(10) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity)

โดยหลังจากนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) พบว่า ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 และได้มีการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

(10.1) แก้ไขภาษาและคำถามของแผนการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจน และระบุการตอบคำถามลงบนแบบบันทึกกิจกรรมลงในแต่ละขั้นตอน

(10.2) แก้ไขความเหมาะสมของเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 4 ให้กระชับและเป็นเนื้อหาที่ปรากฏอยู่ในกิจกรรมการเรียนรู้

(10.3) แก้ไขเกณฑ์การประเมินจาก “ถูกต้อง” และ “ถูกต้องบ้าง” เป็น “ถูกต้องเกินร้อยละ 70” และ “ถูกต้องเกินร้อยละ 40” เพื่อให้มีความชัดเจนขึ้น

(10.4) เพิ่มการใช้คำถามนำไปสู่การใช้เทคนิค SCAMPER ให้มีความชัดเจนและปรากฏอยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้

(10.5) เพิ่มการใช้คำถามเพื่อสรุปขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมลงในแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 เพื่อให้นักเรียนสามารถนำขั้นตอนดังกล่าวไปใช้ในการทำโครงงานตามความสนใจ

(10.6) แก้ไขตัวอย่างการตั้งคำถามโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ จากในหัวข้อเนื้อหาสาระไปใส่ในหัวข้อกิจกรรมการเรียนการสอน

(11) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และนำมาปรับแก้ให้มีความเหมาะสมมากขึ้น

4. การดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ผ่านการขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน โครงการวิจัยที่ 082/63 คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนกลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปะศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยปฏิบัติตามหลักจริยธรรมและคุณธรรมในการวิจัย มีขั้นตอนดังนี้

4.1 ศึกษาวิธีการขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน ประเภทการพิจารณาทบทวนแบบลดขั้นตอน เนื่องจากการเก็บข้อมูลมีการติดต่อปฏิสัมพันธ์กับคน แต่มีความเสี่ยงในระดับน้อย ซึ่งเข้าหลักเกณฑ์ คือ เป็นงานวิจัยที่เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเด็กปกติอายุต่ำกว่า 18 ปี โดยมีเกณฑ์การคัดเข้าของกลุ่มเป้าหมาย คือ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น อายุ 10 ปีขึ้นไป ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ หากในกรณีของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถตอบคำถามได้ครบทุกข้อ หรือตอบคำถามไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วย

4.2 ส่งเอกสารเพื่อให้คณะกรรมการพิจารณา ดังนี้

(1) บันทึกข้อความแจ้งความประสงค์เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) แบบฟอร์มขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

(3) เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มเป้าหมาย

(4) หนังสือยินยอมของกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

(5) แผนการดำเนินงานตลอดโครงการและตารางกำหนดช่วงระยะเวลาการจัดกิจกรรมการวิจัย

(6) ประวัติของผู้วิจัย

(7) โครงร่างวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

(8) เอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

4.3 เมื่อโครงการได้รับการอนุมัติแล้วผู้วิจัยได้ปฏิบัติ ดังนี้

(1) ผู้วิจัยได้ชี้แจงให้นักเรียนและผู้ปกครองทราบถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและวิธีดำเนินงานในการวิจัยอย่างชัดเจนในคาบเรียนแรกของรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการนัดหมายล่วงหน้าก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนการสอน

(2) นักเรียนและผู้ปกครองที่เข้าร่วมการวิจัยจะมีการลงนามในหนังสือ แสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งในงานวิจัยจะไม่มีการบังคับให้ข้อมูลทั้งสิ้น โดยข้อมูลทั้งหมดมาจากความสมัครใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) ข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนเช่น ชื่อ รหัสนักเรียนที่ใช้ในการวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ เพื่อไม่ให้นักเรียนได้รับผลกระทบในทางลบจากการวิจัย และในการเข้าร่วมการวิจัยจะไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน

(4) นักเรียนมีสิทธิ์ถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยจะไม่มีผลกระทบทางลบใด ๆ ต่อนักเรียน

5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้จะทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

5.1 ขั้นเตรียมก่อนดำเนินการทดลองสอน

1) เตรียมนักเรียนในการทดลองโดยใช้เวลา 1 คาบ เพื่อแนะนำการทำโครงงานโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้เข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมต่าง ๆ

2) ทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียน เพื่อนำมาเป็นคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียน และแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียน เพื่อนำมาใช้ในการอภิปราย

5.2 ขั้นดำเนินการทดลองสอน

ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายตามแผนการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 ซึ่งมีรายละเอียดในการจัดการเรียนการสอนและใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) จัดการเรียนการสอนในระยะที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เป็นเวลา 6 คาบ หลังจากนั้นทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และแบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ระหว่างเรียนครั้งที่ 1

2) จัดการเรียนการสอนในระยะที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เป็นเวลา 4 คาบ หลังจากนั้นทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และแบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ระหว่างเรียนครั้งที่ 2

3) จัดการเรียนการสอนในระยะที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-4 เป็นเวลา 10 คาบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 ขั้นหลังดำเนินการทดลองสอน

เมื่อดำเนินการสอนครบถ้วนตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยจะทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียน แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียน และแบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์หลังเรียน นำคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1

วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาก่อนเรียนกับหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) หาคะแนนเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมายจากแบบทดสอบในแต่ละองค์ประกอบและภาพรวมหลังการจัดการเรียนการสอนจากการวัดซ้ำทั้ง 4 ครั้ง โดยตรวจให้คะแนนในแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

2) ทดสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนและเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมายจากแบบทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน จากการวัดซ้ำทั้ง 4 ครั้ง ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measure ANOVA) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อใช้ตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 1

3) หาคะแนนเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมายจากแบบสอบถามในแต่ละองค์ประกอบและภาพรวมหลังการจัดการเรียนการสอนจากการวัดซ้ำทั้ง 4 ครั้ง โดยตรวจให้คะแนนในแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) ทดสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนและเปรียบเทียบคะแนนการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมายจากแบบสอบถามก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน จากการวัดซ้ำทั้ง 4 ครั้ง ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measure ANOVA) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อใช้ตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 1

6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2

วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) หาคะแนนเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมายจากแบบทดสอบในแต่ละองค์ประกอบและภาพรวมหลังการจัดการเรียนการสอนจากการวัดซ้ำ 4 ครั้ง โดยตรวจให้คะแนนในแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

2) นำค่าคะแนนเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของคะแนนรวมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบทดสอบในการวัดหลังเรียน มาหาค่าเฉลี่ยและแปลผลเพื่อใช้ตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 2 โดยมีหลักในการแบ่งเกณฑ์การตัดสินระดับความสามารถตามแนวคิดของ Finson & Ormsbee (1998; 79-88) และ อุไร จักษ์ตรีมงคล (2557; 17-26) ดังสูตร

$$\text{เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ} = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนระดับคุณภาพ}}$$

สามารถแปลผลได้ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คะแนนเฉลี่ยของความสามารถ ในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	ระดับความสามารถ ในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
1.00 – 1.80	ต่ำที่สุด
1.81 – 2.60	ต่ำ
2.61 – 3.40	ปานกลาง
3.41 – 4.20	สูง
4.21 – 5.00	สูงที่สุด

3) หาคะแนนเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของคะแนนการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของกลุ่มเป้าหมายจากแบบสอบถามปลายปิดในแต่ละองค์ประกอบและภาพรวมหลังการจัดการเรียนการสอน โดยตรวจให้คะแนนในแบบสอบถามปลายปิดการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียน

4) นำค่าคะแนนเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของคะแนนรวมการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบสอบถามปลายปิดหลังเรียน มาหาค่าเฉลี่ยและแปลผลเพื่อใช้ในการอภิปรายผลการวิจัย โดยมีหลักในการแบ่งเกณฑ์การตัดสินระดับความสามารถตามแนวคิดของ Finson & Ormsbee (1998; 79-88) และ อุไร จักษ์ตรีมงคล (2557; 17-26) ดังสูตร

$$\text{เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ} = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนระดับคุณภาพ}}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

และสามารถแปลผลได้ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยของการรับรู้ความสามารถ ในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	ระดับการรับรู้ความสามารถ ในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
1.00 – 1.80	ต่ำที่สุด
1.81 – 2.60	ต่ำ
2.61 – 3.40	ปานกลาง
3.41 – 4.20	สูง
4.21 – 5.00	สูงที่สุด

5) วิเคราะห์คำถามปลายเปิดของผู้เรียน ข้อมูลจากการใช้แบบทดสอบและแบบสอบถามปลายปิดในการวัดซ้ำ 4 ครั้ง เพื่อใช้ในการอภิปรายผลการวิจัยถึงการรับรู้ตนเองของผู้เรียนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เทคนิคที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนหรือลักษณะการทำงานกลุ่มของผู้เรียนในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3

วัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 เพื่อศึกษาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) หาคะแนนเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของคะแนนรวมคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในการวัดหลังเรียนของกลุ่มเป้าหมายในแต่ละองค์ประกอบและภาพรวมหลังการจัดการเรียนการสอน โดยคะแนนเฉลี่ยเต็ม 7 คะแนน

2) นำค่าคะแนนเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของคะแนนรวมคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในการวัดหลังเรียน มาหาค่าเฉลี่ยและแปลผลเพื่อใช้ตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 3 โดยมีหลักในการแบ่งเกณฑ์การตัดสินระดับความสามารถตามแนวคิดของ Finson & Ormsbee (1998; 79-88) และ อุไร จักษ์ตรีมงคล (2557; 17-26) ดังสูตร

$$\text{เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ} = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนระดับคุณภาพ}}$$

สามารถแปลผลได้ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คะแนนเฉลี่ยคุณภาพ ผลงานเชิงสร้างสรรค์	ระดับคุณภาพ ผลงานเชิงสร้างสรรค์
1.00 – 2.20	ควรปรับปรุง
2.21 – 3.40	พอใช้
3.41 – 4.60	ปานกลาง
4.61 – 5.80	ดี
5.81 – 7.00	ดีมาก

3) วิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์จากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อใช้ในการอภิปรายผลการวิจัยถึงคุณภาพผลงานที่มีการพัฒนาขึ้นจากการเรียนการสอนผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

โดยข้อมูลแต่ละตอนสามารถนำเสนอได้ ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1 ลักษณะของกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ห้อง โดยนักเรียนห้องที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยของเกรดรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่เต็ม 4 คะแนน อยู่ที่ 3.38 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 0.87 ส่วนนักเรียนห้องที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยของเกรดรายวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ที่ 3.31 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 0.99 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยของเกรดวิชาวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ห้องเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 48 คน โดยเป็นเพศชายจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 62.50 และเพศหญิงจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 37.50

1.2 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการวัด 4 ครั้ง ได้แก่ ก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียน แบ่งออกเป็น

1.2.1 การวัดความสามารถโดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ จำนวน 4 ข้อ มีคะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนนสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 48) จากการวัดซ้ำทั้ง 4 ครั้งในแบบทดสอบ

ประเด็นการศึกษา	Min	Max	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	*SD*	ระดับความสามารถ
ก่อนเรียน	1.50	4.25	2.65	53.02	0.63	ปานกลาง
ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	1.63	4.88	2.94	58.80	0.70	ปานกลาง
ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	1.88	4.63	3.28	65.52	0.71	ปานกลาง
หลังเรียน	2.38	5.00	3.81	76.15	0.85	สูง

จากผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบทดสอบ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนน พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.81 คะแนน (ร้อยละ 76.15) โดยมีความสามารถอยู่ในระดับสูง ซึ่งมากกว่าก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.65 (ร้อยละ 53.02), 2.94 (ร้อยละ 58.80) และ 3.28 (ร้อยละ 65.52) ตามลำดับ โดยมีความสามารถอยู่ในระดับปานกลางทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2.2 การวัดการรับรู้ความสามารถโดยใช้แบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จำนวน 16 ข้อ มีคะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนน สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ ดังตารางที่ 23

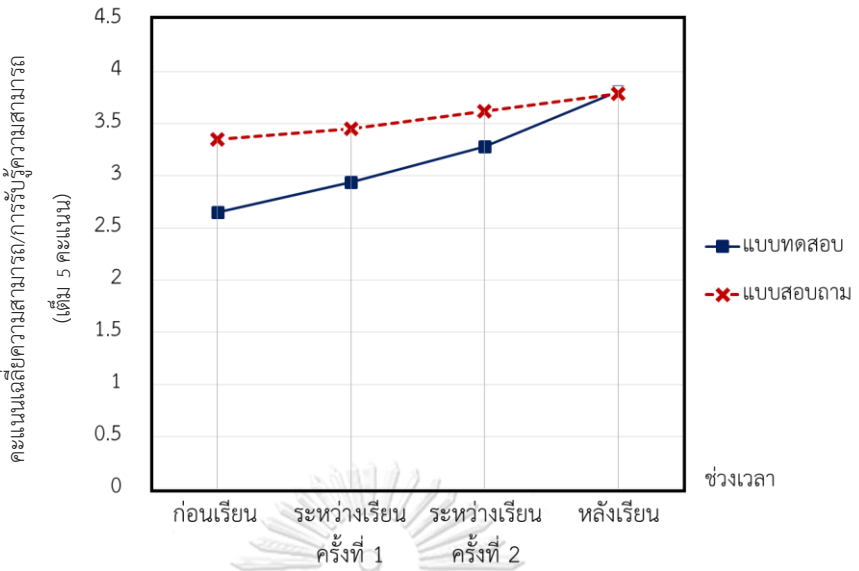
ตารางที่ 23 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 48) จากการวัดซ้ำทั้ง 4 ครั้งในแบบสอบถาม

ประเด็นการศึกษา	Min	Max	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	*SD*	ระดับการรับรู้ความสามารถ
ก่อนเรียน	1.75	4.69	3.35	67.03	0.56	ปานกลาง
ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	2.06	4.25	3.45	69.09	0.51	สูง
ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	2.31	4.56	3.62	72.42	0.47	สูง
หลังเรียน	2.50	4.88	3.79	75.89	0.58	สูง

จากผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบสอบถาม ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนน พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.79 คะแนน (ร้อยละ 75.89) โดยมีการรับรู้ความสามารถอยู่ในระดับสูง ซึ่งมากกว่าก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.35 (ร้อยละ 67.03), 3.45 (ร้อยละ 69.09) และ 3.62 (ร้อยละ 72.42) โดยมีระดับการรับรู้ความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง สูง และสูง ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบทดสอบและคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบสอบถาม พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่ามากที่สุด ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และในช่วงก่อนเรียน คะแนนเฉลี่ยจากการวัดการรับรู้ความสามารถโดยใช้แบบสอบถามจะมีค่ามากกว่าคะแนนเฉลี่ยจากการวัดความสามารถโดยใช้แบบทดสอบ ในขณะเดียวกันในช่วงหลังเรียน คะแนนเฉลี่ยที่วัดโดยใช้แบบทดสอบและแบบสอบถามจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน และมีค่าสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งคะแนนที่เพิ่มขึ้นจากการวัดโดยใช้แบบทดสอบจะมีค่ามากกว่าแบบสอบถาม ดังแสดงในแผนภาพที่ 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 19 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของแบบทดสอบและคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของแบบสอบถาม

1.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการวัด 4 ครั้ง ได้แก่ ก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียน แบ่งออกเป็น

1.3.1 การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ผู้วิจัยทำการทดสอบความแตกต่างของคะแนนโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ผ่านการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อมีการวัดซ้ำเกี่ยวกับ Compound Symmetry หรือการทดสอบระดับความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแต่ละครั้งและความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้ง โดยใช้สถิติทดสอบ Mauchly พบว่า เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมไม่เป็น Compound Symmetry (Mauchly's W = .709, Chi-Square (5) = 15.71, p = .008) ดังนั้นในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้งโดยใช้แบบทดสอบ ผู้วิจัยเลือกการประมาณค่าแบบ Greenhouse-Geisser รายละเอียดดังตารางที่ 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง โดยใช้แบบทดสอบ

Source		*SS*	df	*MS*	F	*p*
Time	Greenhouse-Geisser	35.498	2.392	14.838	63.849*	.000
Error (Time)	Greenhouse-Geisser	26.131	112.440	.232		

* p <.05

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า มีคะแนนแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้วิธี Bonferroni เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบทดสอบของนักเรียนก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียน ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง โดยใช้แบบทดสอบ

ประเด็นการศึกษา	$\bar{x}$	*SD*	ก่อนเรียน	ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	หลังเรียน
ก่อนเรียน	2.65	0.63				
ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	2.94	0.70	0.289 (*) (p = .001)			
ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	3.28	0.71	0.625 (*) (p = .000)	0.336 (*) (p = .000)		
หลังเรียน	3.81	0.85	1.156 (*) (p = .000)	0.867 (*) (p = .000)	0.531 (*) (p = .000)	

* p <.05

จากผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบทดสอบ พบว่า คะแนนเฉลี่ยในการวัดโดยใช้แบบทดสอบทุกช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้งโดยใช้แบบทดสอบร่วมกับผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าสูงกว่าระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และก่อนเรียน

1.3.2 การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง โดยใช้แบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ผู้วิจัยทำการทดสอบความแตกต่างของคะแนนโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ผ่านการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อมีการวัดซ้ำเกี่ยวกับ Compound Symmetry หรือการทดสอบระดับความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแต่ละครั้งและความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้ง โดยใช้สถิติทดสอบ Mauchly พบว่า เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมไม่เป็น Compound Symmetry (Mauchly's W = .729, Chi-Square (5) = 14.48, p = .013) ดังนั้นในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้งโดยใช้แบบสอบถาม ผู้วิจัยเลือกการประมาณค่าแบบ Greenhouse-Geisser รายละเอียดดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง โดยใช้แบบสอบถาม

Source		*SS*	df	*MS*	F	*p*
Time	Greenhouse-Geisser	5.430	2.447	2.219	13.099*	.000
Error (Time)	Greenhouse-Geisser	19.482	115.027	.169		

* p <.05

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า มีคะแนนแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.00) ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้วิธี Bonferroni เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนจากแบบสอบถามก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียน ดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้ง โดยใช้แบบสอบถาม

ประเด็นการศึกษา	$\bar{x}$	*SD*	ก่อนเรียน	ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	หลังเรียน
ก่อนเรียน	3.35	0.56				
ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	3.45	0.51	0.103 (p = 1.000)			
ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	3.62	0.47	0.270 (*) (p = .019)	0.167 (p = .053)		
หลังเรียน	3.79	0.58	0.443 (*) (p = .000)	0.340 (*) (p = .000)	0.173 (p = .058)	

* p <.05

จากผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบสอบถาม พบว่า คะแนนเฉลี่ยในการวัดโดยใช้แบบสอบถามในช่วงก่อนเรียนและระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และระหว่างเรียนครั้งที่ 2 กับระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และก่อนเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ในช่วงก่อนเรียนและระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียน กับ ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการวัด 4 ครั้งโดยใช้แบบสอบถามร่วมกับผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าสูงกว่า ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และก่อนเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการใช้แบบทดสอบหลังเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์คะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนน เมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จำนวน 4 องค์ประกอบรวมทั้งสิ้น 4 ข้อ จะมีคะแนนเฉลี่ยแต่ละข้อเต็ม 5 คะแนน และนำมาหาเป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมทั้งหมด สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ ดังตารางที่ 28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 28 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 48) แยกตามองค์ประกอบจากแบบทดสอบ

องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	*SD*	ระดับความสามารถ	จำนวนนักเรียน จากทั้งหมด 48 คน				
					ต่ำที่สุด	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงที่สุด
ก่อนเรียน									
1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน	2.85	57.08	0.76	ปานกลาง	2	23	10	10	3
2) การสำรวจแนวคิด	2.54	50.83	0.76	ต่ำ	7	23	10	7	1
3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา	2.65	52.92	0.92	ปานกลาง	8	21	8	8	3
4) การดำเนินการแก้ปัญหา	2.56	51.25	0.98	ต่ำ	9	21	6	8	4
คะแนนรวมเฉลี่ย 4 องค์ประกอบ	2.65	53.02	0.63	ปานกลาง	4	19	19	5	1
ระหว่างเรียนครั้งที่ 1									
1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน	3.16	63.12	0.84	ปานกลาง	0	18	14	10	6
2) การสำรวจแนวคิด	2.85	57.08	0.80	ปานกลาง	6	13	19	6	4
3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา	3.10	62.08	0.87	ปานกลาง	3	14	9	17	5
4) การดำเนินการแก้ปัญหา	2.65	52.92	0.99	ปานกลาง	6	23	10	4	5
คะแนนรวมเฉลี่ย 4 องค์ประกอบ	2.94	58.80	0.70	ปานกลาง	3	13	21	7	4
ระหว่างเรียนครั้งที่ 2									
1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน	3.67	73.33	0.77	สูง	0	2	18	15	13
2) การสำรวจแนวคิด	3.10	62.08	0.85	ปานกลาง	3	15	11	15	4
3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา	3.42	68.33	0.98	สูง	1	12	7	19	9
4) การดำเนินการแก้ปัญหา	2.92	58.33	0.94	ปานกลาง	5	13	11	15	4
คะแนนรวมเฉลี่ย 4 องค์ประกอบ	3.28	65.52	0.71	สูง	0	6	25	11	6
หลังเรียน									
1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน	3.97	79.38	0.86	สูง	0	3	12	13	20
2) การสำรวจแนวคิด	3.68	73.54	1.01	สูง	2	8	7	16	15
3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา	3.94	78.96	0.95	สูง	0	6	5	16	21
4) การดำเนินการแก้ปัญหา	3.63	72.71	1.13	สูง	3	9	3	17	16
คะแนนรวมเฉลี่ย 4 องค์ประกอบ	3.81	76.15	0.85	สูง	0	5	12	11	20

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนน แยกเป็น 4 องค์ประกอบ องค์ประกอบละ 5 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีค่าเฉลี่ยคะแนนรวม 4 องค์ประกอบเป็น 3.81 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน (ร้อยละ 76.15) โดยมีความสามารถอยู่ในระดับสูง

ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนแยกองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบการอธิบายปัญหาให้ชัดเจน การสำรวจแนวคิด การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และการดำเนินการแก้ปัญหา เท่ากับ 3.97 (ร้อยละ 79.38), 3.68 (ร้อยละ 73.54), 3.94 (ร้อยละ 78.96) และ 3.63 (ร้อยละ 72.71) ตามลำดับ โดยมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อยู่ในระดับสูงทั้งหมด

นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับสูงที่สุดมีถึง 20 คน คิดเป็นร้อยละ 41.67 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งตัวอย่างการแก้ปัญหาของนักเรียนมีความสมบูรณ์ ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 นักเรียนหมายเลข 3

จากสถานการณ์บุคลากรทางการแพทย์ติดเชื้อโควิด-19 นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้หลากหลาย เช่น ผู้ป่วยปกปิดประวัติ เมื่อแพทย์อยู่ใกล้ชิดจึงทำให้ติดโรค หรือการที่บุคลากรทางการแพทย์มีอุปกรณ์ป้องกันที่ไม่เพียงพอ และใส่สาเหตุของปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างครบถ้วน จากนั้นนักเรียนสามารถนำแนวคิดการสร้าง applcation แนวคิดการเว้นระยะห่างในการพูดคุยปรึกษากับแพทย์ แนวคิดการติดตามผู้ป่วย และแนวคิดการรับบริจาคอุปกรณ์ทางการแพทย์ มาออกแบบร่าง applcation เพื่อใช้เช็คประวัติการเดินทาง และสามารถติดต่อบุคลากรทางการแพทย์หรือปรึกษาปัญหาโรคต่าง ๆ โดยไม่ต้องพบหน้าแพทย์โดยตรง อีกทั้งภายใน applcation สามารถตรวจสอบยอดบริจาคเพื่อส่งอุปกรณ์ทางการแพทย์ให้กับโรงพยาบาลต่าง ๆ ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างที่ 2 นักเรียนหมายเลข 10

จากสถานการณ์น้ำเสีย นักเรียนสามารถระบุสภาพปัญหาได้หลากหลาย เช่น เกิดจากการปล่อยน้ำเสีย การทิ้งขยะลงในแหล่งน้ำ เกิดปัญหาสัตว์น้ำล้มตาย และระบุสาเหตุของปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างครบถ้วน จากนั้นนักเรียนสามารถนำแนวคิดกังหันน้ำบำบัดน้ำเสียมาประยุกต์รวมกับแนวคิดอุปกรณ์ดักจับขยะ และแนวคิดเครื่องกรองน้ำ โดยมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นผลงานเพื่อใช้แก้ปัญหาน้ำเสียได้ อีกทั้งยังมีการเขียนขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาที่ชัดเจน เช่น มีการออกแบบร่างอุปกรณ์ และนำแบบจำลองไปทดสอบประสิทธิภาพก่อนนำมาใช้จริง

นอกจากนี้ยังพบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับต่ำที่สุด แต่มีนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับต่ำอยู่ 5 คน คิดเป็นร้อยละ 10.42 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งตัวอย่างการแก้ปัญหาของนักเรียนยังไม่สมบูรณ์ ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 3 นักเรียนหมายเลข 16

จากสถานการณ์บุคลากรทางการแพทย์ติดเชื้อโควิด-19 นักเรียนระบุปัญหาได้เพียงแค่มีบุคลากรทางการแพทย์ติดเชื้อ ไม่มีชุดป้องกัน และโรงพยาบาลเสียบุคลากร แก้ปัญหาได้โดยการผลิตชุดป้องกันให้มากขึ้น และคิดค้นนวัตกรรมได้เพียงชุดป้องกันที่สามารถใช้ซ้ำได้ เกณฑ์ที่นำมาใช้ตัดสินมีเพียง 2 เกณฑ์ และไม่สามารถนำแนวคิดอื่น ๆ มาประยุกต์เพิ่มเติมได้ อีกทั้งขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาระบุเพียงแค่ให้หาวัตถุดิบมากขึ้น และผลิตให้มากขึ้น

2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากการใช้แบบสอบถามหลังเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ คะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนน เมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จำนวน 4 องค์ประกอบรวมทั้งสิ้น 4 ข้อ จะมีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้แต่ละข้อเต็ม 5 คะแนน สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ ดังตารางที่ 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 29 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 48) แยกตามองค์ประกอบจากแบบสอบถาม

องค์ประกอบของการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	*SD*	ระดับการรับรู้ความสามารถ	จำนวนนักเรียน จากทั้งหมด 48 คน				
					ต่ำที่สุด	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงที่สุด
ก่อนเรียน									
1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน	3.34	66.98	0.59	ปานกลาง	0	9	13	23	3
2) การสำรวจแนวคิด	3.18	63.64	0.74	ปานกลาง	3	8	14	20	3
3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา	3.40	67.92	0.59	ปานกลาง	0	5	19	19	5
4) การดำเนินการแก้ปัญหา	3.48	69.58	0.67	สูง	1	4	14	21	8
คะแนนรวมเฉลี่ย 4 องค์ประกอบ	3.35	67.03	0.56	ปานกลาง	1	3	25	17	2
ระหว่างเรียนครั้งที่ 1									
1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน	3.47	69.58	0.54	สูง	1	2	15	28	2
2) การสำรวจแนวคิด	3.41	68.12	0.61	สูง	1	4	17	22	4
3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา	3.45	69.06	0.60	สูง	0	6	12	24	6
4) การดำเนินการแก้ปัญหา	3.48	69.58	0.57	สูง	0	5	14	24	5
คะแนนรวมเฉลี่ย 4 องค์ประกอบ	3.45	69.09	0.51	สูง	0	3	29	15	1
ระหว่างเรียนครั้งที่ 2									
1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน	3.69	73.85	0.57	สูง	0	2	10	26	10
2) การสำรวจแนวคิด	3.58	71.67	0.54	สูง	0	4	10	26	8
3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา	3.56	71.14	0.56	สูง	0	5	11	26	6
4) การดำเนินการแก้ปัญหา	3.65	73.02	0.59	สูง	1	1	11	26	9
คะแนนรวมเฉลี่ย 4 องค์ประกอบ	3.62	72.42	0.47	สูง	0	1	29	14	4
หลังเรียน									
1) การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน	3.71	74.27	0.70	สูง	0	4	16	14	14
2) การสำรวจแนวคิด	3.68	73.65	0.69	สูง	0	3	15	16	14
3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา	3.87	77.40	0.60	สูง	0	2	8	21	17
4) การดำเนินการแก้ปัญหา	3.91	78.23	0.64	สูง	0	2	7	23	16
คะแนนรวมเฉลี่ย 4 องค์ประกอบ	3.79	75.89	0.58	สูง	0	1	12	25	10

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากแบบสอบถามหลังเรียน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเต็ม 5 คะแนน แยกเป็น 4 องค์ประกอบ องค์ประกอบละ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คะแนน พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีค่าเฉลี่ยคะแนนรวม 4 องค์ประกอบเป็น 3.79 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน (ร้อยละ 75.88) โดยมีการรับรู้ความสามารถอยู่ในระดับสูง

ส่วนคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนแยกองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบการอธิบายปัญหาให้ชัดเจน การสำรวจแนวคิด การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และการดำเนินการแก้ปัญหา เท่ากับ 3.71 (ร้อยละ 74.27), 3.68 (ร้อยละ 73.65), 3.87 (ร้อยละ 77.40) และ 3.91 (ร้อยละ 78.23) ตามลำดับ โดยมีการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อยู่ในระดับสูงทั้งหมด

นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่มีการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับสูงที่สุด มีถึง 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.83 ของนักเรียนทั้งหมด และ นักเรียนที่มีการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในระดับต่ำมีเพียง 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.08 ของนักเรียนทั้งหมด

สำหรับแบบสอบถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ พบว่านักเรียนมีการตอบคำถามในลักษณะที่แตกต่างกันในช่วงก่อนเรียนและหลังเรียน ดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ในแบบสอบถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อในช่วงระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และช่วงหลังเรียน
(หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงหมายเลขของนักเรียน)

คำถาม	ตัวอย่างคำตอบ ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	ตัวอย่างคำตอบ ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	ตัวอย่างคำตอบ หลังเรียน
1. นักเรียนคิดว่าการแก้ปัญหาของกลุ่มนักเรียนประสบผลสำเร็จหรือไม่ หากต้องให้ระดับคะแนนในการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองจะให้เท่าไร	**(4)** 7 คะแนน เพราะยังมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีพอ	**(4)** 8 คะแนน เพราะชิ้นงานยังไม่ค่อยสมบูรณ์	**(4)** 10 คะแนน เพราะผลงานประสบผลสำเร็จดี
	(10) 7 คะแนน เพราะยังมีข้อผิดพลาดอยู่	**(10)** 9 คะแนน เพราะผลงานใช้งานได้ดี	**(10)** 10 คะแนน ประสบความสำเร็จ เพราะทุกคนช่วยเหลือกันทำให้แนวคิดที่ได้น่าสนใจ
	(33) 5 คะแนน เพราะงานที่ออกมาไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ไม่มีประสิทธิภาพ	**(33)** 6 คะแนน เพราะทดลองไม่ทันตามเวลา	**(33)** 9 คะแนน เพราะงานที่ออกมาทำได้จริง และมีความสร้างสรรค์

คำถาม	ตัวอย่างคำตอบ ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	ตัวอย่างคำตอบ ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	ตัวอย่างคำตอบ หลังเรียน
เพราะเหตุใด	**(45)** 6 คะแนน เพราะถือว่าไม่ค่อยประสบผลสำเร็จ ผลงานไม่ค่อยแข็งแรงและไม่สามารถแยกส้มได้ดีพอ	**(45)** 7 คะแนน เพราะผลงานมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย	**(45)** 9 คะแนน เพราะสมาชิกทุกคนช่วยกันคิดและแก้ปัญหา มีความผิดพลาดค่อนข้างน้อย
2. บทบาทในการทำงานกลุ่มของนักเรียนมีส่วนในการทำให้กลุ่มประสบความสำเร็จอย่างไร	**(4)** เป็นผู้นำในการคิด	**(4)** เป็นผู้นำให้เพื่อนเสนอแนวคิด	**(4)** เป็นคนเสนอแนวคิดที่หลากหลาย ทำให้ได้แนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้ประดิษฐ์
	(10) ช่วยคิดและประดิษฐ์ร่วมกันกับเพื่อน	**(10)** ช่วยกันคิดและประดิษฐ์ร่วมกัน	**(10)** ช่วยกันคิดให้หลากหลาย
	(33) ช่วยในการเสนอแนวคิด	**(33)** ช่วยเสนอแนวคิด	**(33)** ช่วยเสนอแนวคิดออกแบบ
	(45) เป็นหัวหน้ากลุ่มโดยเป็นผู้นำในการสร้างแนวคิดและสิ่งประดิษฐ์	**(45)** เป็นหัวหน้าในการคิดและสร้างสิ่งประดิษฐ์	**(45)** เป็นผู้นำในการทำงานและสร้างแนวคิด
3. นักเรียนคิดว่ามีอุปสรรคในการสร้างแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาภายในกลุ่มอย่างไร	**(4)** ยังมีแนวคิดที่ไม่มาก	**(4)** มีแนวคิดที่ใช้ในการเลือกของกลุ่มน้อยเกินไป	**(4)** แนวคิดบางอย่างที่คิดอาจทำได้ยากเกินไป
	(10) ในกลุ่มยังไม่สามารถเลือกแนวคิดที่เหมาะสมได้ มีการทะเลาะกันเล็กน้อย	**(10)** แนวคิดที่ได้จากเพื่อนบางแนวคิดไม่น่าสนใจ	**(10)** การรับฟังความคิดเห็นในกลุ่ม เพราะเมื่อมีหลายความคิดอาจทำให้เกิดการขัดแย้งกัน
	(33) เน้นไปแค่ความคิดที่จะประหยัดงบเพียงอย่างเดียว จึงส่งผลให้งานออกมาไม่มีประสิทธิภาพ	**(33)** ยังคิดแนวคิดที่ทำให้ผลงานมีคุณภาพดีที่สุดไม่ได้	**(33)** ช่วงแรกยังไม่มีแนวคิดที่จะใช้ประกอบชิ้นส่วนของงาน แต่ภายหลังเมื่อได้คุยกันก็แก้ปัญหาได้
	(45) สมาชิกในกลุ่มคิดและประดิษฐ์งานไม่ค่อยเก่ง	**(45)** หลายแนวคิดของเพื่อนเป็นไปได้ยาก	**(45)** แบบร่างในรอบแรกไม่สามารถทำได้จริง เลยมีการคุยกันเพื่อแก้ไขแบบร่างใหม่ก่อนเริ่มทำผลงานจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถาม	ตัวอย่างคำตอบ ระหว่างเรียนครั้งที่ 1	ตัวอย่างคำตอบ ระหว่างเรียนครั้งที่ 2	ตัวอย่างคำตอบ หลังเรียน
4. กลุ่มของนักเรียนใช้กระบวนการใดที่นำมาสร้างแนวคิดเพื่อแก้ปัญหา และกระบวนการดังกล่าวมีส่วนในการทำให้กลุ่มประสบความสำเร็จอย่างไร	**(4)** ใช้การระดมความคิด ถามความคิดเห็นจากเพื่อน	**(4)** ใช้การระดมความคิด	**(4)** การใช้เทคนิค SCAMPER ทำให้นำงานเก่าที่เคยคิดตอน ป.6 มาประยุกต์เป็นงานที่น่าสนใจได้
	(10) ใช้การระดมความคิดระหว่างกัน ทำให้ได้แนวคิดมาใช้ในการประดิษฐ์	**(10)** ใช้เทคนิค SCAMPER เพื่อให้ได้แนวคิดในการสร้างผลงาน	**(10)** ใช้เทคนิค SCAMPER ทำให้ได้แนวคิดที่หลากหลายเพิ่มขึ้น และมีปัญหาในการสร้างน้อยกว่าที่ควร และการใช้ตารางประเมินทำให้ภายในกลุ่มตัดสินใจเลือกแนวคิดได้ง่ายขึ้น
	(33) ช่วยกันคิดให้ได้แนวคิดที่ดีมาใช้ประดิษฐ์	**(33)** การระดมความคิดและการใช้เทคนิค SCAMPER รายคน	**(33)** การผลัดกันพูดทีละคน (พูดรอบวง) ทำให้แต่ละคนสามารถเสนอแนวคิดได้อย่างเต็มที่โดยไม่มีคนขัด จึงสามารถนำความคิดเล็ก ๆ น้อย ๆ ของแต่ละคนมาดัดแปลงร่วมกันได้
	(45) ใช้การระดมความคิดและค่อยปรับเปลี่ยนผลงานให้ดีขึ้น	**(45)** การระดมความคิดและการเสนอแนวคิดของตนเองรายคน	**(45)** การระดมความคิด และเทคนิค SCAMPER เนื่องจากงานที่คิดตอนแรกไม่สามารถทำได้ เลยใช้เทคนิค SCAMPER ปรับให้สามารถทำได้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากคำถามข้อที่ 1 พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นว่าผลงานของกลุ่มตนเองประสบผลสำเร็จมากขึ้น พิจารณาได้จากแนวโน้มคะแนนการประเมินการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองมีค่ามากขึ้น และในช่วงหลังเรียนนักเรียนให้เหตุผลว่าทุกคนช่วยเหลือกัน ทำให้ผลงานประสบความสำเร็จ ในคำถามข้อที่ 2 พบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนบทบาทตนเองจากผู้นำในการคิดและประดิษฐ์เป็นคนเสนอแนวคิดที่หลากหลาย และใช้แนวคิดของผู้อื่นมาประยุกต์มากขึ้น ในคำถามข้อที่ 3 พบว่า ในช่วงแรกนักเรียนยังมีแนวคิดในการแก้ปัญหาไม่เพียงพอ และไม่สามารถเลือกแนวคิดที่เหมาะสมได้ แต่หลังเรียนอุปสรรคที่นักเรียนพบเปลี่ยนเป็นการที่มีแนวคิดมากเกินไป ซึ่งบางแนวคิดอาจจะไม่เหมาะสม

แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพิจารณาเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้ และในคำถามข้อที่ 4 พบว่านักเรียนมีการใช้เทคนิค SCAMPER การพูดรอบวง และตารางการประเมินมาใช้ในการพิจารณาแนวคิดแทนการระดมความคิด ซึ่งทำให้ได้แนวคิดที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยจากแบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์คะแนนเฉลี่ยเต็ม 7 คะแนน เมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์จำนวน 3 มิติ 11 องค์ประกอบย่อย จะมีคะแนนเฉลี่ยแต่ละมิติเต็ม 7 คะแนน มีการวิเคราะห์ผลโดยมีหัวข้อ ดังนี้

3.1 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์และค่าเฉลี่ยในแต่ละมิติ

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนเฉลี่ยคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์และค่าเฉลี่ยในแต่ละมิติของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์จากการวัดหลังเรียน ดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 13) จากการวัดหลังเรียนในแบบประเมิน

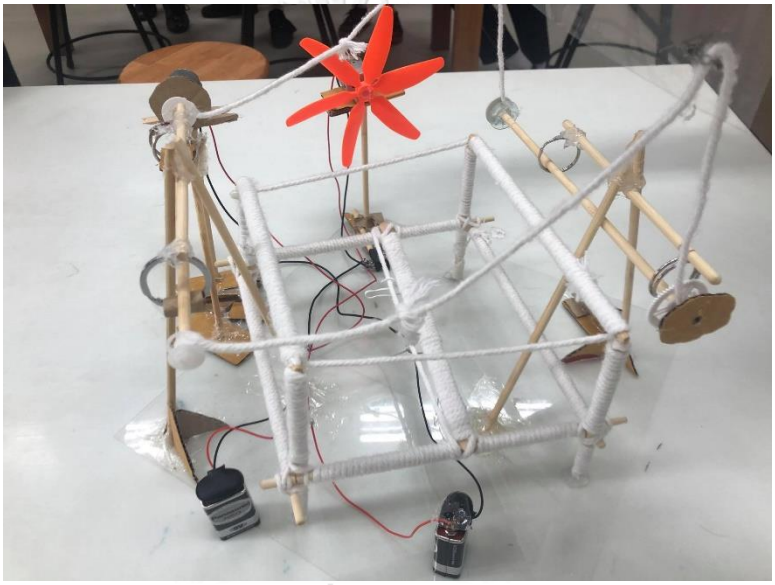
มิติของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	*SD*	ระดับคุณภาพ	จำนวนผลงาน จากทั้งหมด 13 ผลงาน				
					ควรปรับปรุง	พอใช้	ปานกลาง	ดี	ดีมาก
1) มิติความแปลกใหม่	4.94	70.51	1.25	ดี	0	1	5	3	4
2) มิติการแก้ปัญหา	4.80	68.50	1.02	ดี	0	1	5	4	3
3) มิติความประณีตและการสังเคราะห์	4.50	64.35	1.23	ปานกลาง	0	2	6	2	3
คะแนนรวมเฉลี่ย 3 มิติ	**4.74**	**67.79**	**1.15**	**ดี**	**0**	**2**	**4**	**4**	**3**

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์จากแบบประเมินหลังเรียน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเต็ม 7 คะแนน แยกเป็น 3 มิติ พบว่า คุณภาพผลงานของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมี

คะแนนรวมเฉลี่ย 3 มิติเป็น 4.74 คะแนน จากคะแนนเต็ม 7 คะแนน (ร้อยละ 67.79) โดยมีคุณภาพในระดับดี

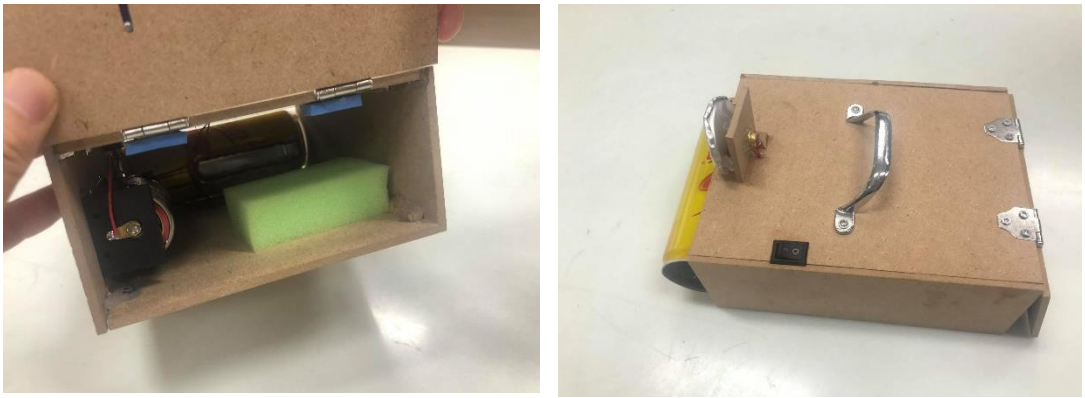
ส่วนคะแนนเฉลี่ยแยกมิติ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในมิติความแปลกใหม่ มิติการแก้ปัญหา และมิติความประณีตและการสังเคราะห์อยู่ที่ 4.94 (ร้อยละ 70.51), 4.80 (ร้อยละ 68.50) และ 4.50 (ร้อยละ 64.35) ตามลำดับ โดยมีคุณภาพผลงานในระดับดี ดี และปานกลาง ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่า ผลงานของนักเรียนที่มีคุณภาพผลงานในระดับดีมากมี 3 ผลงาน คิดเป็นร้อยละ 23.08 ของผลงานทั้งหมด ซึ่งตัวอย่างผลงานที่มีคุณภาพดีมาก เป็นดังนี้

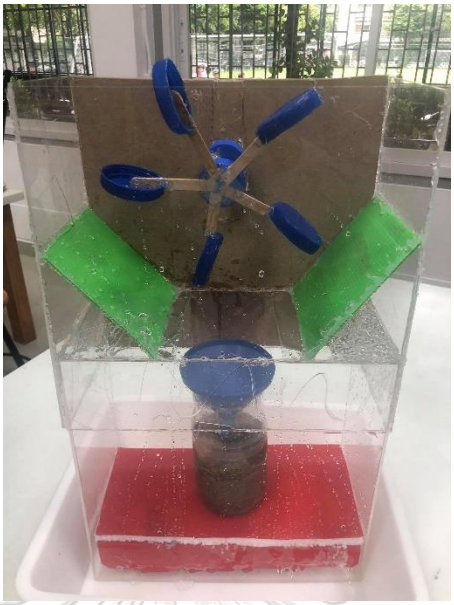


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 20 ผลงานนักเรียนกลุ่มที่ 6 แบบจำลองราวเก็บผ้าอัตโนมัติ



ภาพที่ 21 ผลงานนักเรียนกลุ่มที่ 8 อุปกรณ์ขยายเสียงพร้อมแสงไฟ



ภาพที่ 22 ผลงานนักเรียนกลุ่มที่ 12 อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าพร้อมกรองน้ำจากน้ำฝน

อย่างไรก็ตามยังพบว่า ผลงานของนักเรียนที่มีคุณภาพผลงานในระดับพอใช้มี 2 ผลงาน คิดเป็นร้อยละ 15.38 ของผลงานทั้งหมด ซึ่งตัวอย่างผลงานที่มีระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์พอใช้ เป็นดังนี้

ภาพที่ 23 ผลงานนักเรียนกลุ่มที่ 3 อุปกรณ์แยกเหรียญ

3.2 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการวัดหลังเรียน ดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับคุณภาพขององค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบในคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 13) จากการวัดหลังเรียนในแบบประเมิน

องค์ประกอบในแต่ละมิติ	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	*SD*	ระดับคุณภาพ	จำนวนผลงาน จากทั้งหมด 13 ผลงาน				
					ควรปรับปรุง	พอใช้	ปานกลาง	ดี	ดีมาก
1) มิติความแปลกใหม่									
1.1 ความแปลกใหม่	5.00	71.43	1.21	ดี	0	0	5	4	4
1.2 การทำให้ประหลาดใจ	4.81	68.68	1.25	ดี	0	1	6	3	3
1.3 ความเป็นต้นกำเนิด	5.00	71.43	1.35	ดี	0	1	4	4	4
รวม	**4.94**	**70.51**	**1.25**	**ดี**	**0**	**1**	**5**	**3**	**4**
2) มิติการแก้ปัญหา									
2.1 ความสมเหตุสมผล	4.64	66.30	1.22	ดี	0	2	3	5	3
2.2 ความมีประโยชน์	4.84	69.07	1.17	ดี	0	1	5	4	3
2.3 ความมีคุณค่า	4.67	66.67	1.13	ดี	0	1	5	4	3
2.4 ความเข้าใจได้	5.04	71.98	1.01	ดี	0	0	4	5	4
รวม	**4.80**	**68.50**	**1.02**	**ดี**	**0**	**1**	**5**	**4**	**3**
3) มิติความประณีตและการสังเคราะห์									
3.1 การจัดองค์ประกอบ	4.60	65.66	1.31	ปานกลาง	0	3	2	7	1
3.2 ความมีฝีมือและช่ำชอง	4.96	70.88	1.36	ดี	0	2	2	5	4
3.3 ความประณีตสวยงาม	4.54	64.84	1.29	ปานกลาง	0	4	2	4	3
3.4 ความซับซ้อน	3.92	56.04	1.50	ปานกลาง	0	5	4	3	1
รวม	**4.50**	**64.35**	**1.23**	**ปานกลาง**	**0**	**2**	**6**	**2**	**3**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบในแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเต็ม 7 คะแนน พบว่า องค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ความเข้าใจได้ ความแปลกใหม่ และการทำให้ประหลาดใจ มีคะแนน 5.04 (ร้อยละ 71.98), 5.00 (ร้อยละ 71.43) และ 5.00 (ร้อยละ 71.43) ตามลำดับ โดยมีคุณภาพในระดับดีทั้งหมด

ในขณะเดียวกันองค์ประกอบที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ความซับซ้อน ความประณีตสวยงาม และการจัดองค์ประกอบ มีคะแนน 3.92 (ร้อยละ 56.04), 4.50 (ร้อยละ 64.84) และ 4.60 (ร้อยละ 65.66) ตามลำดับ โดยมีคุณภาพในระดับปานกลางทั้งหมด

3.3 ค่าสถิติพื้นฐานของค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในช่วงเวลาต่าง ๆ

ในงานวิจัยได้นี้ได้มีการเก็บข้อมูลคุณภาพผลงานรวมทั้งสิ้น 3 ครั้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการอภิปรายผลถึงพัฒนาการของคุณภาพผลงานของนักเรียนในระหว่างเรียนครั้งที่ 1 จากผลงานเครื่องคัดแยกขนาด ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 จากผลงานกังหันผลิตไฟฟ้า และหลังเรียนจากผลงานโครงงานตามความสนใจ

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในช่วงระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียน ดังตารางที่ 33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 33 ค่าสถิติพื้นฐานและระดับคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n = 13) จากการวัด 3 ครั้ง

มิติของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	*SD*	ระดับคุณภาพ	จำนวนผลงาน จากทั้งหมด 13 ผลงาน				
					ควรปรับปรุง	พอใช้	ปานกลาง	ดี	ดีมาก
ผลงานระหว่างเรียนครั้งที่ 1 (เครื่องคัดแยกขนาด)									
1) มิติความแปลกใหม่	3.35	47.80	1.51	พอใช้	5	3	2	2	1
2) มิติการแก้ปัญหา	3.41	48.72	1.04	ปานกลาง	2	4	6	1	0
3) มิติความประณีตและการสังเคราะห์	3.11	44.44	1.26	พอใช้	3	6	1	3	0
คะแนนรวมเฉลี่ย	**3.29**	**46.99**	**1.18**	**พอใช้**	**3**	**5**	**3**	**2**	**0**
ผลงานระหว่างเรียนครั้งที่ 2 (กังหันผลิตไฟฟ้า)									
1) มิติความแปลกใหม่	4.43	63.34	1.13	ปานกลาง	0	4	2	5	2
2) มิติการแก้ปัญหา	4.24	60.63	0.83	ปานกลาง	0	1	8	4	0
3) มิติความประณีตและการสังเคราะห์	4.17	59.64	1.07	ปานกลาง	0	4	4	5	0
คะแนนรวมเฉลี่ย	**4.28**	**61.20**	**0.89**	**ปานกลาง**	**0**	**3**	**5**	**5**	**0**
ผลงานหลังเรียน (โครงงานตามความสนใจ)									
1) มิติความแปลกใหม่	4.94	70.51	1.25	ดี	0	1	5	3	4
2) มิติการแก้ปัญหา	4.80	68.50	1.02	ดี	0	1	5	4	3
3) มิติความประณีตและการสังเคราะห์	4.50	64.35	1.23	ปานกลาง	0	2	6	2	3
คะแนนรวมเฉลี่ย	**4.74**	**67.79**	**1.15**	**ดี**	**0**	**2**	**4**	**4**	**3**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเต็ม 7 คะแนน จากการวัดซ้ำ 3 ครั้ง พบว่า หลังเรียนผลงานของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 4.74 คะแนน (ร้อยละ 67.79) โดยมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ซึ่งมากกว่าผลงานระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 (ร้อยละ 46.99) และ 4.28 (ร้อยละ 61.20) โดยมีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้ และปานกลางตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่า ไม่มีผลงานของนักเรียนที่มีคุณภาพผลงานในระดับดีมาก ในช่วงระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และ 2 แต่ในช่วงหลังเรียน พบผลงานที่มีคุณภาพผลงานในระดับดีมาก และในขณะเดียวกันมีผลงานของนักเรียนที่มีคุณภาพผลงานในระดับควรปรับปรุงในช่วงระหว่างเรียนครั้งที่ 1 จำนวน 3 ผลงาน คิดเป็นร้อยละ 23.08 ของผลงานทั้งหมด แต่ในช่วงหลังเรียนไม่พบผลงานที่มีคุณภาพในระดับควรปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3) ศึกษาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 48 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 2) แบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 3) แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ผู้วิจัยได้แสดงรายละเอียดสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การอธิบายให้ชัดเจน 2) การสำรวจแนวคิด 3) การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และ 4) การดำเนินการแก้ปัญหา ในช่วงก่อนเรียน ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 และหลังเรียนโดยใช้เครื่องมือที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยเป็นดังนี้

1.1 เมื่อใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกช่วงการทดลอง และเมื่อพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยพบว่ามีค่าสูงขึ้นทุกช่วงการทดลอง

1.2 เมื่อใช้แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในช่วงระยะเวลาที่ติดกัน แต่จะแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในช่วงระยะเวลาที่ห่างกัน และเมื่อพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยพบว่ามีค่าสูงขึ้นทุกช่วงการทดลอง

2. การพิจารณารายละเอียดคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียน โดยใช้เครื่องมือที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยเป็นดังนี้

2.1 เมื่อใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.81 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับสูง และมีคะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบการอธิบายให้ชัดเจน การสำรวจแนวคิด การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และการดำเนินการแก้ปัญหาอยู่ที่ 3.97, 3.68, 3.94 และ 3.63 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับสูงทั้งหมด

2.2 เมื่อใช้แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.79 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับสูง และมีคะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบการอธิบายให้ชัดเจน การสำรวจแนวคิด การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และการดำเนินการแก้ปัญหาอยู่ที่ 3.71, 3.68, 3.87 และ 3.91 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับสูงทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การพิจารณารายละเอียดคะแนนเฉลี่ยคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์หลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.74 คะแนน จากคะแนนเต็ม 7 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับดี และมีคะแนนเฉลี่ยมิติในด้านมิติความแปลกใหม่ มิติการแก้ปัญหา และมิติความประณีตและการสังเคราะห์อยู่ที่ 4.94, 4.80 และ 4.50 ตามลำดับ โดยมีคุณภาพผลงานในระดับดี ดี และปานกลาง ตามลำดับ

2. อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตอนที่ 2 การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตอนที่ 3 การศึกษาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

โดยข้อมูลแต่ละตอนสามารถนำเสนอได้ ดังนี้

ตอนที่ 1 การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนที่เรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์เมื่อวัดโดยใช้แบบทดสอบ พบว่า หลังเรียนแตกต่างกับระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และก่อนเรียนตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยพบว่ามีค่าสูงขึ้นทุกช่วงการทดลอง และเมื่อวัดโดยใช้แบบสอบถาม พบว่า หลังเรียนแตกต่างกับระหว่างเรียนครั้งที่ 1 และก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่แตกต่างกับระหว่างเรียนครั้งที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยพบว่ามีค่าสูงขึ้นทุกช่วงการทดลอง เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

ประการแรก การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเอื้อให้นักเรียนได้ตั้งคำถามและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน มีการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนภายใต้ข้อจำกัดหรือทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งเชื่อมโยงกับตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กังหันผลิตไฟฟ้าที่พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการสร้างกังหันตามแบบที่ร่างไว้ และมีการเลือกใช้วัสดุในการสร้างกังหันอย่างหลากหลายแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม เช่น บางกลุ่มเลือกใช้ไม้ไอศกรีมและฝาขวดน้ำในการ

ออกแบบใบพัด แต่ในขณะเดียวกันบางกลุ่มเลือกใช้พีพีบอร์ด หรือกระดาษลูกฟูกในการออกแบบใบพัด เพื่อให้สอดคล้องกับทรัพยากรที่นักเรียนเลือกใช้ในสร้างผลงานของกลุ่มตนเองให้มีคุณภาพที่สุด ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพและปรับปรุงผลงาน สอดคล้องกับแนวคิดของกฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ (2557: 39) ที่ได้ระบุว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนรู้จักวางแผนการแก้ปัญหาและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัด ส่งผลให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาและคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์และเหมาะสมที่สุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของสมเสมอ ทักษิณ (2560) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนผ่านการจัดการเรียนรู้แบบ PACLE ที่มีกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นจุดเน้นในการจัดกิจกรรมมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ทั้ง 5 ด้านสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประการที่สอง จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในแต่ละช่วง พบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 โครงงานตามความสนใจ ส่งผลให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มากกว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 อุปกรณ์คัดแยกขนาด และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กังหันผลิตไฟฟ้า เนื่องจากในกิจกรรมโครงงานตามความสนใจเป็นการทำโครงงานแบบนักเรียนกำหนดปัญหาและออกแบบรวบรวมข้อมูล (unguided project) ที่นักเรียนจะต้องคิดหาหัวข้อ และตั้งปัญหาด้วยตนเอง สืบค้นข้อมูลอย่างละเอียดด้วยตนเอง และออกแบบเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ไม่มีการเตรียมให้ แตกต่างจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ที่เป็นโครงงานแบบครูและนักเรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดปัญหาและออกแบบรวบรวมข้อมูล (less-guided project) ที่ครูมีสถานการณ์กำหนดให้ผู้เรียนออกแบบเพื่อหาคำตอบ จึงส่งผลให้เกิดการพัฒนาความสามารถมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Capraro, Capraro, & Morgan (2013: 273-274) ที่กล่าวว่า ในการจัดการเรียนการสอนโครงงานนั้น ครูควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบงานด้วยตนเอง ตั้งปัญหาด้วยตนเอง รับผิดชอบสิ่งที่ตนเองได้ตัดสินใจ ใช้การสืบค้นข้อมูลอย่างมีคุณภาพ และมีการวางแผนการทำงานให้ละเอียดจึงจะช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียนได้ดี

ประการที่สาม แม้ว่าในการวัดแต่ละช่วงโดยใช้แบบวัดทั้ง 2 แบบ คะแนนหลังเรียนจะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในช่วงก่อนเรียนการวัดการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยใช้แบบสอบถามมีค่า 3.35 คะแนน (ร้อยละ 67.0) ซึ่งมากกว่าการวัดความสามารถโดยใช้แบบทดสอบที่มีค่า 2.65 คะแนน (ร้อยละ 53.0) และแนวโน้มของกราฟระหว่างคะแนนความสามารถที่นักเรียนรับรู้ด้วยตนเองกับความสามารถที่วัดผ่านแบบทดสอบสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kruger & Dunning

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(1999) เรื่อง ไม่ได้เรื่องแถมยังอวดฉลาด: ความยากในการรับรู้ความสามารถของตนเองที่จะส่งผลให้ประเมินตนเองสูงเกินจริง ซึ่งต่อมาได้พัฒนาเป็นทฤษฎีทางจิตวิทยาที่ชื่อว่า Dunning–Kruger effect โดยกล่าวไว้ว่า คนเรามักจะประเมินทักษะความสามารถของตัวเองว่าสูงกว่าคนอื่นอยู่เสมอ นอกจากนี้ในงานวิจัยยังได้อธิบายเพิ่มเติมว่า การประเมินความสามารถของตนเองในเรื่องใดก็ตาม ตนเองจะต้องมีความรู้ในเรื่องนั้นในระดับหนึ่งจึงจะบอกได้ว่าตนเองรู้จริงหรือไม่รู้ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ในการวัดก่อนเรียนโดยใช้แบบสอบถามนั้นมีค่ามากกว่าการใช้แบบทดสอบ และค่าที่มากที่สุดของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนโดยใช้แบบสอบถามมีค่าถึง 4.69 คะแนน (ร้อยละ 93.8) ซึ่งมากกว่าค่าที่มากที่สุดของคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ซึ่งมีค่าเพียง 4.25 คะแนน (ร้อยละ 85.0) นั้นหมายความว่าผู้เรียนเกิดการรับรู้ในเรื่องของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้ดีขึ้น จึงประเมินตนเองหรือรับรู้ตนเองได้ใกล้เคียงกับความสามารถจริงมากขึ้น

นอกจากนี้ ในช่วงหลังเรียนผลคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่วัดโดยใช้แบบทดสอบและแบบประเมินมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kruger & Dunning (1999) ที่เมื่อนักเรียนมีความสามารถที่วัดเพิ่มขึ้น นักเรียนจะประเมินความสามารถในตนเองหรือรับรู้ตนเองได้ใกล้เคียงกับความสามารถจริง

ตอนที่ 2 การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนที่เรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนอยู่ในระดับสูง และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ได้แก่ การอธิบายให้ชัดเจน การสำรวจแนวคิด การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา และการดำเนินการแก้ปัญหา อยู่ในระดับสูงทั้งหมด จากการวัดทั้งแบบทดสอบและแบบสอบถาม เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

ประการแรก เมื่อเชื่อมโยงกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนในแต่ละขั้นกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละองค์ประกอบพบว่ามีความสอดคล้องกัน ดังนี้

1) ในขั้นการตั้งคำถามของกิจกรรมการเรียนการสอนจะมีการวิเคราะห์ปัญหา ความสำคัญของปัญหา และประโยชน์ที่จะได้รับเมื่อสามารถแก้ปัญหานั้นได้ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โครงงานตามความสนใจ นักเรียนจะได้ฝึกวิเคราะห์ปัญหาในชีวิตประจำวันผ่านการนำเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H มาใช้ในการหาปัญหาสำคัญเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาที่สอดคล้อง

วัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในส่วนของการอธิบายปัญหาให้ชัดเจนได้รับการพัฒนา สอดคล้องกับแนวคิดของสุธิดา การีมี (2560: 23-27) ที่ได้กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนฝึกการคิดเชิงสังเคราะห์จากสถานการณ์ที่พบเห็นเพื่อทำการรวบรวมและกลั่นกรองข้อมูลจนได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ ทำให้นักเรียนสามารถมองปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง มองต่างออกจากมุมมองเดิม และเชื่อมโยงปัญหากับประสบการณ์เดิมของตนเองได้

2) ในขั้นการจินตนาการหรือการพัฒนาวิธีการที่เป็นไปได้ให้หลากหลายที่สุดผ่านการใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กังหันผลิตไฟฟ้า นักเรียนได้มีการใช้เทคนิคการพูดรอบวง เทคนิค SCAMPER เป็นต้น ทำให้กังหันของแต่ละกลุ่มมีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกันอย่างมาก นอกจากนี้ยังเชื่อมโยงกับคำตอบในแบบสอบถามของนักเรียนที่ได้กล่าวว่า “การใช้เทคนิค SCAMPER ทำให้ได้แนวคิดที่หลากหลาย สามารถนำงานเก่าที่เคยคิดตอน ป.6 มาประยุกต์เป็นงานที่มีความน่าสนใจและมีคุณภาพขึ้นได้” และ “การผลัดกันพูดทีละคน ทำให้แต่ละคนสามารถเสนอแนวคิดได้อย่างเต็มที่โดยไม่มีคนขัด จึงสามารถนำความคิดเล็ก ๆ น้อย ๆ ของแต่ละคนมาดัดแปลงร่วมกันได้” แตกต่างจากช่วงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ที่ผู้เรียนมีเพียงแค่การระดมสมอง จึงส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในส่วนของการสำรวจแนวคิด ซึ่งใช้การคิดอเนกนัยหรือการคิดสร้างสรรค์ได้รับการพัฒนา สอดคล้องกับ Treffinger (2007: 12) ที่ได้กล่าวถึง แนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ไว้ว่า จะต้องสร้างตัวเลือกให้หลากหลายที่สุดโดยที่ยังไม่ต้องตัดสินใจในขณะที่สร้างตัวเลือก มองหาการเชื่อมโยง เพิ่มปริมาณและคุณภาพตัวเลือกโดยประยุกต์นำแนวคิดผู้อื่นมาผสม ซึ่งเทคนิคการพูดรอบวง หรือเทคนิค SCAMPER มีส่วนให้นักเรียนสามารถสร้างแนวคิดที่หลากหลายจากแนวคิดของผู้อื่นได้

3) ในขั้นการวางแผนหรือการวิเคราะห์ เปรียบเทียบแนวคิดในแต่ละแนวคิดเพื่อนำมาใช้เลือกวิธีที่ดีที่สุดมาใช้แก้ปัญหาผ่านการใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โครงงานตามความสนใจ นักเรียนมีการใช้ตารางประเมิน การวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นคู่ เป็นต้น ในการเลือกแนวคิดผลงานต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาจริง ทำให้นักเรียนสามารถเลือกใช้แนวคิดที่ดีที่สุดได้อย่างสมเหตุสมผล เชื่อมโยงกับแบบสอบถามของนักเรียนที่ได้กล่าวว่า “การใช้ตารางประเมินทำให้ในกลุ่มสามารถตัดสินใจเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดได้ง่ายขึ้น” ส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในส่วนของการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งใช้การคิดเอกนัยหรือการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้รับการพัฒนา สอดคล้องกับสถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ (2558: 2) ที่ได้กล่าวถึง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ว่าจะต้องมีการฝึกประเมินและเลือกวิธีที่ดีที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ และ Treffinger, Isaksen, & Stead-Dorval (2005: 13) ได้กล่าวถึงการใช้ตารางการประเมิน และการวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นคู่ว่าเป็นเทคนิคที่สำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดมาใช้แก้ปัญหาได้

4) ในขั้นการสร้างแบบจำลอง ทดสอบ และปรับปรุง เอื้อให้นักเรียนมีโอกาสสร้างผลงานจริงและนำผลงานนั้นไปทดสอบ สังเกต และเปรียบเทียบข้อดี-ข้อจำกัดกับกลุ่มอื่น ๆ เพื่อนำไปพัฒนาต่อยอด เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 อุปกรณ์คัดแยกขนาดที่มีช่วงที่ให้นักเรียนนำเสนอผลงานและมีการประเมินโดยเพื่อน ทำให้นักเรียนได้ทราบถึงข้อดี-ข้อจำกัดของงานกลุ่มตนเองและนำไปใช้ในการปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพขึ้นได้ ส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในส่วนของการดำเนินการแก้ปัญหาได้รับการพัฒนา ดังงานวิจัยของ Mangold & Robinson (2013) และวรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนได้สร้างผลงานและทดสอบประสิทธิภาพผ่านการทดลองเพื่อพัฒนาผลงานสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาที่เป็นส่วนหนึ่งของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ได้

ประการที่สอง จากผลการบันทึกพฤติกรรมการแก้ปัญหาด้วยตนเองของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาขึ้น และสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ดังคำถามปลายเปิดจากแบบสอบถามในช่วงก่อนเรียนที่ผู้เรียนส่วนใหญ่ให้คะแนนในการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองอยู่ที่ 5-7 คะแนน พร้อมกับอธิบายว่าผลงานยังมีข้อผิดพลาด งานที่ออกมาไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ แต่หลังเรียนให้คะแนนอยู่ที่ 9-10 คะแนน พร้อมกับอธิบายว่างานที่ได้มีแนวคิดที่น่าสนใจ มีความผิดพลาดค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ผู้เรียนยังระบุอุปสรรคในการแก้ปัญหาแตกต่างไปจากช่วงก่อนเรียน โดยก่อนเรียนระบุว่ามีแนวคิดไม่เพียงพอ ยังไม่สามารถเลือกแนวคิดที่เหมาะสมได้ หรือเน้นไปที่การประหยัดงบเพียงอย่างเดียวเลยแก้ปัญหาไม่สำเร็จ แต่หลังเรียนระบุว่ามีแนวคิดหลากหลายและบางอย่างที่อาจจะยากเกินไปจึงต้องใช้เวลาในการอภิปรายเพื่อตกลงกัน แบบร่างในรอบแรกไม่สามารถทำได้จริงต้องมีการคุยเพื่อแก้ไขแบบร่าง ซึ่งทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนในด้านการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา และด้านการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการเลือกใช้แนวคิดที่เหมาะสม ไม่เน้นประหยัดมากเกินไปจนไม่สามารถแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ (2560) และ Howard, Culley, & Dekoninck (2008) ที่พบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ และแนวคิดของอภิสิทธิ์ ธงไชย (2559) ที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถช่วยพัฒนาความคิดอย่างมีวิจารณญาณในส่วนของการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้

ตอนที่ 3 การศึกษาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนที่เรียนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถสร้างผลงานที่มีคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์อยู่ในระดับดี และเมื่อพิจารณามิติของคุณภาพผลงาน ได้แก่ มิติความแปลกใหม่ มิติการแก้ปัญหา และมิติความประณีตและการสังเคราะห์อยู่ในระดับดี ดี และปานกลางตามลำดับ เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

ประการแรก เมื่อเชื่อมโยงกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนในแต่ละขั้นกับการการพัฒนาคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในแต่ละมิติพบว่ามีความสอดคล้องกัน ดังนี้

1) ในขั้นสืบค้นปัญหาจะช่วยให้นักเรียนได้เห็นแนวคิดผลงานต่าง ๆ มากมาย ทำให้สามารถนำมาประยุกต์สร้างสรรค์ผ่านเทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการพูดรอบวง เทคนิค SCAMPER เป็นต้น ในขั้นจินตนาการ อีกทั้งครูให้อิสระทางการคิดแก่นักเรียนทำให้นักเรียนไม่กลัวต่อความเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาวิธีการที่เป็นไปได้ให้หลากหลายที่สุด และนำวิธีการเหล่านั้นมาดัดแปลง ต่อยอด ปรับเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์และวิธีการ ให้เป็นผลงานที่มีความแปลกใหม่และเป็นแนวทางสู่การแก้ปัญหาในอนาคตได้ จึงทำให้คุณภาพผลงานในมิติความแปลกใหม่เกิดการพัฒนา สอดคล้องกับแนวคิดของ TeachEngineering STEM Curriculum for K-12 (2018) ที่ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นนวัตกรรม และสามารถเปลี่ยนแปลงให้ผลงานเกิดความแปลกใหม่ได้ เนื่องจากการสอนแบบนี้เป็นการเปิดกว้างทางความคิด เน้นการสร้างสรรค์และลงมือปฏิบัติจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) ในขั้นการวางแผนเพื่อสร้างผลงานจะช่วยให้นักเรียนมองเห็นแนวคิดวิธีการแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุดมาใช้ในการสร้างผลงาน มีการออกแบบก่อนลงมือปฏิบัติจริง นอกจากนี้ระหว่างที่นักเรียนสร้างยังมีการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพผลงาน พร้อมกับปรับปรุงผลงานอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งในช่วงกิจกรรมยังเปิดโอกาสให้นักเรียนคำนวณรายจ่ายในการเลือกใช้วัสดุ ส่งผลให้นักเรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ในการสร้างผลงานได้อย่างเหมาะสม และประหยัด ผลงานเกิดความแข็งแรงทนทาน สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้คุณภาพผลงานในมิติการแก้ปัญหาเกิดการพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของสุวิจักขณ์ อธิคมกุลชัย (2554) ที่พบว่า นักเรียน

ที่เรียนโครงงานด้วยวิธีทั่วไปจะไม่มีการออกแบบและกำหนดขั้นตอนการทำงาน ส่งผลให้งานออกมาไม่มีประสิทธิภาพ และอภิสิทธิ์ ธงไชย (2559: 49-51) ได้กล่าวถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ว่าเป็นการออกแบบโดยมีการวิเคราะห์ข้อดี ข้อด้อย และความคุ้มทุนเพื่อให้เกิดผลที่เหมาะสมที่สุด

3) ในขั้นสืบค้นปัญหา จินตนาการ และการประเมินและปรับปรุงผลงานจะช่วยให้นักเรียนปรับปรุงงานให้เสร็จสมบูรณ์ ออกแบบผลงานได้เหมาะสมต่อการใช้งาน อีกทั้งเมื่อนักเรียนประดิษฐ์ผลงานออกมาแล้วยังมีการประเมินผลงานและทดสอบประสิทธิภาพแข่งขันกันระหว่างกลุ่ม ซึ่งถ้าผลการทดสอบยังไม่ดีและผลงานยังไม่สวยงามนักเรียนก็จะมีการแก้ไขผลงาน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความตั้งใจในการประดิษฐ์ผลงาน พยายามเก็บรายละเอียดของงานให้มากที่สุด จึงทำให้คุณภาพผลงานในมิติความประณีตและการสังเคราะห์เกิดการพัฒนา สอดคล้องกับงานวิจัยของนฤมล จันทร์สุขวงศ์ (2551) ที่พบว่าการจัดการเรียนการสอนโครงงานโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จะมีการประเมินผลงาน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนหาทางพัฒนาผลงานให้สวยงามตามที่คาดหมายไว้

ประการที่สอง ในมิติความประณีตและการสังเคราะห์มีองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การจัดองค์ประกอบ ความประณีตสวยงาม และความซับซ้อนที่อยู่ในระดับปานกลาง อาจมีที่มาจากสาเหตุดังนี้

1) ในการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีเวลาในขั้นตอนการสร้างค่อนข้างกระชั้นชิด อีกทั้งนักเรียนส่วนใหญ่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ยังไม่มีประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือช่างต่าง ๆ เช่น เลื่อย สว่าน บัดกรี ปืนกาว เป็นต้น จึงต้องใช้เวลาในการสร้างผลงานนาน ด้วยเหตุนี้ผลงานของนักเรียนบางกลุ่มจึงอาจไม่เสร็จสมบูรณ์ในเวลาที่กำหนด อาจจะต้องมีการออกแบบอุปกรณ์อื่น ๆ เพิ่มเติม และผลงานอาจจะขาดความประณีต วัสดุบางชิ้นที่นำมาใช้สร้างผลงานอาจจะทำให้รู้สึกขัดแย้งกันเนื่องจากข้อจำกัดของการใช้เครื่องมือช่าง จึงส่งผลให้องค์ประกอบของการจัดองค์ประกอบและความประณีตสวยงามอยู่ในระดับปานกลาง

2) นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างจำกัด ไม่สามารถบูรณาการความรู้อื่น ๆ ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความรู้เรื่องเครื่องกล ความรู้เรื่องการต่อวงจรไฟฟ้า ความรู้เรื่องแรง เป็นต้น มาใช้ในการประดิษฐ์ผลงานได้ดีเท่าที่ควร จึงทำให้ผลงานของนักเรียนส่วนมากมักจะมีเพียงองค์ประกอบเดียว ไม่มีการนำความรู้อื่น ๆ มาประยุกต์ให้ซับซ้อนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เช่น หากนักเรียนสร้างเครื่องแยกเหรียญ นักเรียนก็ไม่สามารถนำกลไกของมอเตอร์มาประยุกต์ในการแยกเหรียญได้ อีกทั้งในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไม่มีขั้นตอนในส่วนของการตกแต่งผลงานให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น ตกแต่งกล่องให้แจ้งประเภทของเหรียญที่ผ่านการแยก เป็นต้น จึงส่งผลให้องค์ประกอบของความซับซ้อนอยู่ในระดับปานกลาง

3. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ได้ โดยครูควรคำนึงถึงรายละเอียด ดังนี้

1) การนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนนั้น ในบางขั้นตอนอาจจะต้องมีการเสริมเทคนิคลงไปเพื่อช่วยให้ขั้นตอนนั้นมีประสิทธิภาพขึ้น เช่น ในขั้นจินตนาการครูอาจจะให้นักเรียนใช้เทคนิค SCAMPER หรือเทคนิคการพูดรอบวง เพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างแนวคิดได้อย่างหลากหลาย และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างกัน ในขั้นวางแผนครูอาจจะให้นักเรียนใช้เทคนิคตารางการประเมิน เพื่อเลือกแนวคิดได้อย่างสมเหตุสมผล หรือในขั้นปรับปรุงที่ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอผลงานและมีการประเมินระหว่างเพื่อนเพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบถึงข้อดี-ข้อจำกัดของชิ้นงานตนเองเพื่อใช้ในการปรับปรุงงาน

2) นักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการสร้างและทดสอบแบบจำลอง เช่น ในกิจกรรมกังหันผลิตไฟฟ้า นักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้า และการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า เพื่อเป็นพื้นฐานในการสืบค้นข้อมูลต่อยอด และนักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ในเรื่องของลักษณะและสมบัติของวัสดุแต่ละประเภท ความแข็งแรงของวัสดุ เพื่อเป็นพื้นฐานในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม นอกจากนี้นักเรียนยังควรมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบการทดลอง กำหนดและควบคุมตัวแปร สร้างตารางบันทึกผลการทดลอง เพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองของนักเรียนได้ และทักษะการใช้เครื่องมือช่างต่าง ๆ เช่น ปืนกาว เลื่อย บัดกรี ไขควง เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองหรือผลงาน ด้วยเหตุนี้ในการจัดการเรียนการสอนครูจึงควรคำนึงถึงความรู้พื้นฐานนักเรียน โดยอาจจะมีการอธิบายเกี่ยวกับความรู้เหล่านี้หรือมีการทดสอบความรู้ก่อนเริ่มกิจกรรม

3) จำนวนนักเรียนต่อห้องไม่ควรมากจนเกินไป เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติโดยแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 3-4 คน มีการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้หากใช้อย่างไม่ระมัดระวัง ต้องอาศัยการชี้แนะและการดูแลจากครูผู้สอนอย่างใกล้ชิดเพื่อไม่ให้เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งถ้าหากมีจำนวนนักเรียนมากเกินไปอาจจะทำให้นักเรียนต่อกลุ่มมากจนนักเรียนบางคนไม่มีส่วนร่วมในการออกแบบและประดิษฐ์ผลงาน หรือทำให้จำนวนกลุ่มมากเกินจนผู้สอนดูแลไม่ทั่วถึงและอุปกรณ์มีไม่เพียงพอ

4) ในการใช้แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ ผู้สอนควรมีประสบการณ์ในการประเมินผลงานโครงงานวิทยาศาสตร์ เนื่องจากผู้สอนจะต้องใช้ประสบการณ์ในการพบเห็นโครงงานที่หลากหลายเพื่อใช้ตัดสินความสร้างสรรค์ของผลงาน และประสิทธิภาพของผลงาน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยเกี่ยวกับการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยพบข้อสังเกตที่นำไปสู่ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1) การศึกษาผลของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับการพัฒนาความสามารถอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานเป็นทีม เช่น ความสามารถในการทำงานเป็นทีม ความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง เป็นต้น เนื่องจากการสังเกตการทำงานร่วมกันของนักเรียน พบว่ากระบวนการทำงานของนักเรียนบางกลุ่มมีการแบ่งหน้าที่ในการทำงานดีขึ้น รับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกันมากขึ้น มีการอภิปรายเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาภายในกลุ่ม ทำให้ผลงานของกลุ่มเหล่านี้มีคุณภาพดี แต่ในขณะเดียวกันในบางกลุ่มยังคงพบปัญหาในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ เช่น หัวหน้ากลุ่มไม่ยอมแบ่งหน้าที่ให้กับเพื่อนในกลุ่ม ทำให้นักเรียนบางคนมีบทบาทในการทำงานกลุ่มน้อย ระยะเวลาในการทำงานกลุ่มไม่เพียงพอ ส่งผลให้ผลงานที่ออกมาจึงยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่าถ้าหากมีการพัฒนาความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการทำงานเป็นทีมจะส่งผลให้คุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์มีประสิทธิภาพ และความประณีตมากขึ้น

2) การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในเชิงคุณภาพ เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น การสังเกตนักเรียนขณะพูดคุยออกแบบแนวคิดในการแก้ปัญหา หรือการสังเกตนักเรียนขณะสร้างและทดสอบแบบจำลอง การสัมภาษณ์นักเรียนที่ผ่านการทำกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจจะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ช่วยให้เห็นถึงผลของการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ในเชิงลึก และอาจได้ข้อมูลเพื่อให้ในการออกแบบหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนโครงงานที่ดีขึ้นในอนาคตได้

3) การศึกษาความแตกต่างของการใช้เครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในแต่ละช่วงเวลา และความเหมาะสมของการใช้เครื่องมือวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีการเก็บข้อมูลความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยใช้ 2 เครื่องมือ ได้แก่ การวัดความสามารถโดยใช้แบบทดสอบ และการวัดการรับรู้ความสามารถของตนเองโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งในช่วงแรกมีความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยค่อนข้างมาก ในขณะที่ช่วงหลังคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน และในช่วงหลังเรียนคะแนนองค์ประกอบที่ 1 และ 4 ของการวัดโดยใช้แบบทดสอบและแบบสอบถามมีคะแนนค่อนข้างต่างกัน นอกจากนี้ในช่วงก่อนเรียนผู้วิจัยสังเกตว่านักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงจะให้คะแนนการรับรู้ตนเองต่ำกว่าคะแนนความสามารถ แต่นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่ำจะให้คะแนนการรับรู้ตนเองสูงกว่าคะแนนความสามารถ ด้วยเหตุนี้จึงอาจจะมีการศึกษาถึงเครื่องมือที่มีความเหมาะสมที่จะใช้ในวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ข้อดี-ข้อจำกัดของเครื่องมือทั้ง 2 ประเภท และความสอดคล้องของการใช้เครื่องมือทั้ง 2 ประเภท

4) การเปรียบเทียบคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน หรือการเปรียบเทียบการประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์โดยครูและนักเรียน เนื่องจากในการวิจัยนี้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 เป็นการทำโครงงานแบบครูและนักเรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดปัญหาและออกแบบรวบรวมข้อมูล (less-guided project) แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 เป็นการทำโครงงานแบบนักเรียนกำหนดปัญหาและออกแบบรวบรวมข้อมูล (unguided project) จึงทำให้ผลงานที่ได้ในช่วงระหว่างเรียน และหลังเรียนไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ อีกทั้งไม่มีการเก็บข้อมูลผลงานนักเรียนก่อนเรียนเนื่องจากเป็นช่วงต้นของภาคการศึกษา นักเรียนยังไม่ผ่านการจัดการเรียนการสอน และไม่มีการเปรียบเทียบระหว่างผลการประเมินของครูและนักเรียน ด้วยเหตุนี้จึงอาจมีการศึกษาถึงผลการเปรียบเทียบผลงานก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้โครงงานที่เป็นประเภทเดียวกัน เปรียบเทียบผลงานระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หรือเปรียบเทียบผลงานจากการประเมินของครูและนักเรียนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ครู. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 14(4), 334-348.

กมลวรรณ พฤฒินันทกุล. (2557). กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนำมาใช้ในห้องเรียนได้หรือไม่. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42*(190), 9-12.

กรมกิจการเด็กและเยาวชน กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. (2560). แผนกลยุทธ์ กรมกิจการเด็กและเยาวชน ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2560-2564. สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2562, เข้าถึงจาก https://dcy.go.th/webnew/upload/download/file_th_20172404004528_1.pdf.

กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ. (2557). กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมคืออะไร. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42*(190), 37-40.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2556). *การคิดเชิงสร้างสรรค์ Creative Thinking*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: ซัคเซสมีเดีย.

เฉลิมวุฒิ ศุภสุข. (2555). *ผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้องค์ประกอบหลักของการออกแบบทางวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคการใช้ผังกราฟิกที่มีต่อความสามารถในการวิเคราะห์และการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ช่อทิพวัลย์ รัตนนรชัย. (2559). *รูปแบบการเรียนบนเว็บด้วยเครื่องมือการทำงานร่วมกันแบบวิชวลกราฟิกส์ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนิสิตนักศึกษาคณะครุศาสตร์ศึกษาศาสตร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล. (2560). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการสะเต็มศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน

ชาตรี เกิดธรรม. (2539). *เทคนิคการสอนโครงงาน*. เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, ปทุมธานี.

ชำนิ จิตตรีประเสริฐ. (2543). *พัฒนาคุณภาพด้วยความคิดสร้างสรรค์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: สถาบันพัฒนาและรับรองคุณภาพโรงพยาบาล.

ทิศนา แขมมณี. (2560). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พิมพ์ครั้งที่ 21. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระชัย ปูรณโชติ. (2531). *การสอนกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นรินธน์ นนทาลย์. (2560). *การพัฒนารูปแบบการออกแบบการสอนแบบเปิดด้วยวิธีการคิดอย่างเป็นระบบและกระบวนการกลุ่มโดยใช้วิดีโอเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนในระดับอุดมศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

นฤพจน์ พุธวัฒนะ. (2561). การออกแบบเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยีเลียนแบบธรรมชาติในสะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช*, 11(2), 31-42.

นฤมล จันทร์สุขวงศ์. (2551). *การวิจัยและพัฒนาแผนกิจกรรมโครงงานที่ประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานกลุ่ม และคุณภาพผลงานของนักเรียนประถมศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

นันท์นภัส พงศ์ศรีโรจน์. (2560). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

นิพิฐพร โกมลกิติศักดิ์. (2553). *การวิเคราะห์ผลของกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทักษะการทำงานกลุ่ม และการเห็นคุณค่าในตนเองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น: การทดลองแบบอนุกรมเวลา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

พรสวรรค์ วงค์ตาธรรม. (2558). การคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทักษะการคิดในศตวรรษที่ 21 Creative Problem Solving Thinking skills for 21st Century of Learning. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 38*(2), 111-121.

พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์. (2533). *การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, พเยาว์ ยินดีสุข, และ ราเชน มีศรี. (2553). *การสอนคิดด้วยโครงงาน: การเรียนการสอนแบบบูรณาการ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พีชญาณ์ พานะกิจ. (2558). *การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพมหานคร.

มนต์ชัย เทียนทอง. (2548). *สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ*. เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์, ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพ.

มนูญ ตนะวัฒนา. (2539). *ศิลปะการเสริมสร้างพลัง ความคิดสร้างสรรค์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ธีรพงษ์การพิมพ์.

มิ่งขวัญ ภาคสัญไชย. (2555). *การวิจัยและพัฒนาชุดฝึกอบรมเพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักศึกษาปริญญาตรี*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

วรรณา รุ่งลักษมีศรี. (2551). *ผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสาธิต*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), กรุงเทพมหานคร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิภาวี ผานิล. (2558). *การศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมเขตภาคใต้*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์ และ วรวรรณ นิมิตพงษ์กุล. (2562). *สอนสร้างสรรค์ เรียนสนุก ยุค 4.0*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ศิริพร แก้วอ่อน. (2557). *การพัฒนาความสามารถและเจตคติในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์. (2558). *คู่มือครู การจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์*. สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2562, เข้าถึงจาก https://candmbsri.files.wordpress.com/2015/05/crative-problem-solving.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2549). *สมรรถนะการแก้ปัญหาสำหรับ*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โลกวันพรุ่งนี้. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2560). *กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนโครงการ PISA 2015*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2561). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. สืบค้นเมื่อ 28 เมษายน 2562, เข้าถึงจาก https://dcy.go.th/webnew/upload/download/file_th_20172404004528_1.pdf

สมาน ถาวรรัตนวณิช. (2541). *ผลของการฝึกใช้เทคนิคแผนผังทางปัญญาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา เจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร รัฐสีมาคุณากรปิยชาติ สยามบรมราชกุมารี. (2558). *รวมปาฐกถาพระราชนิพนธ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. พิมพ์ครั้งที่ 3. ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

สมเสมอ ทักษิณ. (2560). *การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ PACLE เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

สายชล รื่นรวย. (2556). การพัฒนาชุดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารการศึกษาและการพัฒนาสังคม*, 9(1), 145-151.

สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน. (2559). *การคิดเชิงสร้างสรรค์*. สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2562, เข้าถึงจาก https://www.ocsc.go.th/sites/default/files/document/ocsc-2017-eb13.pdf

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ. (2562). *สถานการณ์และแนวโน้มวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศไทย*. สืบค้นเมื่อ 19 มีนาคม 2562, เข้าถึงจาก http://stiic.sti.or.th/sti-thailand/

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2550). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 6 การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *แผนการศึกษาชาติ พ.ศ. 2560-2579*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค.

สิงหา ประสิทธิ์พงศ์ และ อัจฉรีย์ สังขรักษ์. (2560). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เพื่อพัฒนากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 22*(3), 59-71.

สิทธิชัย ชมพูพาทย์. (2554). *การพัฒนาพฤติกรรมการเรียนการสอนเพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของครูและนักเรียนในโรงเรียนส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิจัยปฏิบัติการเชิงวิพากษ์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต),มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์. (2560). การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 13*(37), 119-132.

สุกัลยา ขำเพชร. (2543). *การศึกษาสภาพและปัญหาในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัดเพชรบุรี*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, เพชรบุรี.

สุธิดา การีมี. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา. *วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 46*(209), 23-27.

สุพรรณี พรพุทธิชัย. (2551). *อิทธิพลของการสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคซิมเพล็กซ์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

สุวิจักขณ์ อธิคมกุลชัย. (2554). *การพัฒนาหลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมเรื่องโครงงานวิทยาศาสตร์ผลิตภัณฑ์จากท้องถิ่นสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2559). ความสำคัญของวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 31*(3), 48-53.

อุไร จักษ์ตรมงคล. (2557). การกำหนดค่าให้คะแนน Scoring Rubric. *วารสารการวัดผลการศึกษา, 31*(89), 17-26.

ภาษาอังกฤษ

Alexander, K. D. (2007). *Effects of instruction in creative problem solving on cognition, creativity, and satisfaction among ninth grade students in an introduction to world agricultural science and technology course.* Texas Tech University,

Althuizen, N., & Reichel, A. (2016). The effects of IT-enabled cognitive stimulation tools on creative problem solving: A dual pathway to creativity. *Jouenal of Management Information Systems*, *33*(1), 11-44.

Althuizen, N., & Wierenga, B. (2014). Supporting creative problem solving with a case-based reasoning system. *Jouenal of Management Information Systems*, *31*(1), 309-340.

Baumgartner, J. (2013). *The basics of creative problem solving – CPS.* Retrieved from http://www.innovationmanagement.se/imtool-articles/the-basics-of-creative-problem-solving-cps/.

Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House*, *83*(2), 39-43.

Besemer, S. (1998). Creative product analysis matrix: testing the model structure and a comparison Among Products--Three Novel Chairs. *Creativity Research Journal*. *11*(4), 333-346.

Besemer, S. P., & O'Quin, K. (1999a). Confirming the three-factor creative product analysis matrix model in an American sample. *Creativity Research Journal, 12*(4), 287-296.

Besemer, S. P., & O'Quin, K. (1999b). Creative products. *Encyclopedia of creativity*, *1*, 413-422.

Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*: Springer Science & Business Media.

Creative Education Foundation. (2014a). *Creative problem solving resource guide*. Retrieved from http://www.creativeeducationfoundation.org

Creative Education Foundation. (2014b). *Educating for creativity level 1 Resource Guide*. Scituate, MA, USA: 46 Watch Hill Drive.

Cropley, D. H., & Cropley, A. J. (2005). Engineering creativity: A systems concept of

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

functional creativity. *Creativity across domains: Faces of the muse*, 169-185.

Cropley, D. H., & Kaufman, J. C. (2012). Measuring functional creativity: non‐expert raters and the Creative Solution Diagnosis Scale. *The Journal of Creative Behavior, 46*(2), 119-137.

Cropley, D. H., Kaufman, J. C., Cropley, A. J. (2011). Measuring creativity for innovation management. *Journal of technology management & innovation*, *6*(3), 13-30.

Ergül, N. R., & Kargın, E. K. (2014). The effect of project based learning on students' science success. *Procedia-Social and Behavioral Science, 136*, 537-541.

Finson, K. D., & Ormsbee, C. K. (1998). Rubrics and their use in inclusive science. *Intervention in School and Clinic, 34*(2), 79-88.

Grubbs, M., & Strimel, G. (2015). Engineering design: The great integrator. *Journal of STEM Teacher Education, 50*(1), 8.

Haller, C. S., Courvoisier, D. S., & Cropley, D. H. (2011). Perhaps there is accounting for taste: Evaluating the creativity of products. *Creativity Research Journal*, *23*(2), 99-109.

Hester, K. S., Robledo, I. C., Barrett, J. D., Peterson, D. R., Hougen, D. P., Day, E. A., & Mumford, M. D. (2012). Causal analysis to enhance creative problem-solving: Performance and effects on mental models. *Creativity Research Journal*, *24*(2-3), 115-133.

Holt, L. (2006). Elementary science fair planning guide. Retrieved from https://www.spps.org/cms/lib/MN01910242/Centricity/Domain/3019/science_fair_planning_guide.pdf

Howard, T. J., Culley, S. J., & Dekoninck, E. (2008). Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature. *Design studies*, *29*(2), 160-180.

Howell, D. C. (2009). *Statistical methods for psychology,* Belmont, CA: Wadsworth. Cengage Learning.

Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2013). In praise of Clark Kent: Creative metacognition and the importance of teaching kids when (not) to be creative. *Roeper Review*, *35*(3), 155-165.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Khandani, S. (2005). *Engineering Design Process: Education transfer plan.* Industry Initiatives for Science and Maths, Santa Clara, CA, USA.

Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, *19*(3), 267-277.

Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). *Project-based learning*: (pp. 317-34). na.

Krajcik, J. S., & Czerniak, C. M. (2014). *Teaching science in elementary and middle school: A project-based approach*. Routledge.

Kruger, J., & Dunning, D. (1999). Unskilled and unaware of it: how difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. Journal of personality and social psychology, *77*(6), 1121.

Larmer, J., Mergendoller, J., & Boss, S. (2015). *Setting the standard for project based learning*: ASCD.

Lepe, E. M., & Jiménez-Rodrigo, M. L. (2014). Project-based learning in virtual environments: a case study of a university teaching experience. International *Journal of Educational Technology in Higher Education, 11*(1), 76-90.

Lin, C. Y., & Cho, S. (2011). Predicting creative problem-solving in math from a dynamic system model of creative problem solving ability. *Creativity Research Journal*, *23*(3), 255-261.

Lou, S. J., Chou, Y. C., Shih, R. C., & Chung, C. C. (2017). A study of creativity in CaC2 steamship-derived STEM project-based learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(6), 2387-2404.

Lucas, B. (2019). *The impact of critical and creative thinking on achievement in literacy and numeracy*. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Bill_Lucas2/publication

Mangold, J., & Robinson, S. (2013). The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms. Retrieved from https://escholarship.org/content/qt8390918m/qt8390918m.pdf

Martz, B., Hughes, J., & Braun, F. (2017). Creativity and problem-solving: Closing the skills gap. *Journal of Computer Information Systems*, *57*(1), 39-48.

Mitchell, W. E., & Kowalik, T. F. . (1999). Creative problem solving. Retrieved from

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

http://www.cte.bilkent.edu.tr/~cte206/CreativeProblemSolving.pdf.

Mumford, M. D., Baughman, W. A., Maher, M. A., Costanza, D. P., & Supinski, E. P. (1997a). Process-based measures of creative problem-solving skills: IV. Category combination. *Creativity Research Journal*, *10*(1), 59-71.

Mumford, M. D., Supinski, E. P., Baughman, W. A., Costanza, D. P., & Threlfall, K. V. (1997b). Process-based measures of creative problem-solving skills: V. Overall prediction. *Creativity Research Journal*, *10*(1), 73-85.

Museum of Science Boston. (2018). *The engineering design process*. Retrieved from https://www.eie.org/overview/engineering-design-process

National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2018). *Engineering design process.* Retrieved from https://www.nasa.gov/audience/,foreducators/best/edp.html.

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

OECD. (2014). PISA 2012 results: Creative problem solving: Students' skills in tackling real-life problems, 5, OECD Publishing.

OECD (2016), *Global competency for an inclusive world*. Retrieved from https://www.oecd.org/education/Global-competency-for-an-inclusive-world.pdf

Page county schools (2013). *Page county Science fair handbook*. Retrieved from http://dl.icdst.org/pdfs/files1/92340d722cfecccac698b6afd06ffaed.pdf

Proctor, T. (2010). *Creative problem solving for managers: developing skills for decision making and innovation*: Routledge.

Rhodes, M. (1961). An analysis of creativity. *The Phi Delta Kappan*, *42*(7), 305-310.

Santanen, E. L., Briggs, R. O., & Vreede, G. J. D. J. (2004). Causal relationships in creative problem solving: Comparing facilitation interventions for ideation. *Journal of Management Information Systems*, *20*(4), 167-198.

Science Buddies. (2019). *Engineering Design Project Guide.* Retrieved from https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects

Shye, S., & Yuhas, I. (2004). *Creativity in problem solving: A multidimensional approach*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

to Its definition and measurement: Research report submitted to the israel science foundation: Van Leer Jerusalem Institute.

Sternberg, R. J., & Sternberg, R. J. P. (1988). *The nature of creativity: Contemporary psychological perspectives*: CUP Archive.

Tayal, S. P. (2013). Engineering design process. *International Journal of Computer Science and Communication Engineering*, *18*(2), 1-5.

TeachEngineering STEM Curriculum for K-12 . (2018). *Engineering Design process.* Retrieved from https://www.teachengineering.org/k12engineering/why.

Titus, P. A., & Koppitsch, S. (2018). Exploring business students' creative problem-solving preferences. *Journal of Education for Business*, *93*(5), 242-251.

Treffinger, D. J. (1995). Creative problem solving: Overview & educational implications. *Journal of Experimental Educational Psychology*. *7*(3), 301-312.

Treffinger, D. J. (2007). Creative problem solving (CPS): Powerful tools for managing change and developing talent. *Gifted and Talented International*, *22*(2), 8-18.

Treffinger, D. J., & Isaksen, S. G. (2005). Creative problem solving: The history, development, and implications for gifted education and talent development. *Journal of Gifted Child Quarterly, 49*(4), 342-353.

Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Stead-Dorval, K. B. (2004). Celebrating 50 years of reflective practice: Versions of Creative Problem Solving. *Journal of Creative Behavior. 38*(2), 75-102.

Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Stead-Dorval, K. B. (2005). *Creative problem solving: An Introduction 4th edition,* Texas: Prufrock Press Inc.

Treffinger, D. J., Isaksen, S. G., & Stead-Dorval, K. B. (2010). Creative Problem Solving *A Contemporary Framework for Managing Change.* Retrieved from http://www. creativelearning.com/~clearning/images/freePDFs/CPSVersion61.pdf

Tsai, K. C. (2016). Fostering creativity in design education: Using the creative product analysis matrix with chinese undergraduates in Macau. *Journal of Education and Training Studies*, *4*(4), 1-8.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
2. แบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
3. แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์
4. แผนการจัดการเรียนรู้

ภาคผนวก ง ตัวอย่างคำตอบและผลงานของนักเรียน

1. ตัวอย่างคำตอบจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
2. ตัวอย่างผลงานจากกิจกรรมการเรียนการสอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบทดสอบและแบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

1. รศ.ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง	อาจารย์ สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผศ.ดร.คันธทรัพย์ ชมพูพาทย์	อาจารย์ สาขาวิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด
3. อาจารย์ศุจิกา งามสอาด	อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

1. รศ.ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์	อาจารย์ สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รศ.ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา	อาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. รศ.ดร.มารุต พัฒผล	อาจารย์ สาขาวิชาวิจัยและพัฒนาหลักสูตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
4. ผศ.ดร.รัฐพล ประดับเวทย์	อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
5. อาจารย์โกเมศ นาแจ้ง	อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้

1. รศ.ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน	อาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์โกเมศ นาแจ้ง	อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
3. อาจารย์รัฏฏิกา ตั้งพุทธิพงศ์	อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

    1.1 แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ แบ่งเป็น

        1.1.1 แบบทดสอบ

        1.1.2 สถานการณ์ที่ใช้ในแบบทดสอบ

        1.1.3 เกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบ

    1.2 แบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

    1.3 แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

    2.1 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

    2.2 แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ชื่อ-นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

<u>คำชี้แจง :</u>

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบข้อเขียน โดยมีสถานการณ์ให้นักเรียนพิจารณาจำนวน 2 สถานการณ์ และตอบคำถามเป็นประโยคสั้น ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ **<u>เพียง 1 สถานการณ์</u>** จำนวน 4 ข้อ คะแนนเต็ม 40 คะแนน

2. เวลาในการทำแบบทดสอบแต่ละข้อถูกระบุไว้ตามข้อ โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบทั้งฉบับรวมทั้งสิ้น 50 นาที

สถานการณ์ที่นักเรียนเลือกใช้ในการตอบคำถาม คือ สถานการณ์ที่ .....*1*.....

<u>ข้อที่ 1 การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน (15 นาที)</u>

1.1 จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่เกิดขึ้นมีอะไรบ้าง

ลำดับที่	ปัญหา
1	*เกิดฝุ่นละออง PM 2.5 เป็นจำนวนมากในภาคเหนือ*
2	*มีการเผาป่าในที่โล่ง*
3	*การคมนาคมส่งผลให้เกิดฝุ่นละออง*
4	*ผู้คนในจังหวัดภาคเหนือเกิดโรค/อาการเจ็บป่วย*
5	*ต้นไม้ที่ใช้กรองฝุ่นละอองมีจำนวนน้อยเกินไป*
6	*ไม่สามารถปลูกมอสได้ในภาคเหนือของประเทศไทย*
7	*เจ้าหน้าที่รัฐไม่มีการประกาศเตือนภัยเพื่อช่วยเหลือได้ทันเวลา*
8	*เที่ยวบินเชียงใหม่ถูกยกเลิก*
9	*เกิดไฟป่าในภาคเหนือบ่อยครั้ง*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 ให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากข้อที่ 1.1 โดยระบุสาเหตุของปัญหาและประโยชน์ที่ได้จากการแก้ปัญหาดังกล่าวและให้น้ำหนักความสำคัญของสาเหตุของปัญหาโดยพิจารณาจากประโยชน์ที่ได้จากการแก้ปัญหา

ปัญหาที่ (จากข้อ 1.1)	สาเหตุของปัญหา	ประโยชน์ได้จากการแก้ปัญหาดังกล่าว	คะแนนความสำคัญของสาเหตุ (10 คะแนน)
1	*การเผาป่า/คมนาคม*	*ลดฝุ่น PM 2.5 ได้*	*7*
2	*ชาวบ้านหารายได้*	*ลดฝุ่น PM 2.5 ได้*	*8*
3	*การจราจรติดขัด*	*ลดฝุ่น PM 2.5 ได้*	*6*
4	*ฝุ่น PM 2.5 มากเกิน*	*ผู้คนไม่เป็นโรคทางเดินหายใจ*	*5*
5	*ฝุ่น PM 2.5 มากเกิน*	*ลดฝุ่น PM 2.5*	*8*
6	*อากาศไม่เหมาะสม*	*(ไม่ได้แก้ที่ต้นเหตุ)*	*3*
7	*ฝุ่น PM 2.5 มากเกิน*	*(ไม่ได้แก้ที่ต้นเหตุ)*	*2*
8	*ฝุ่น PM 2.5 มากเกิน*	*(ไม่ได้แก้ที่ต้นเหตุ)*	*1*
9	*อากาศแห้ง*	*ลดฝุ่น PM 2.5 ได้*	*8*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัญหาที่นักเรียนคิดว่าสำคัญที่สุด คือ ปัญหาข้อที่ ..*2,9*.. คือ ปัญหา ..*การเผาป่า / ไฟป่า*..
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดว่าปัญหานี้มีความสำคัญ
..*ถึงแม้การคมนาคมหรืออุตสาหกรรมทำให้เกิดฝุ่น PM 2.5 แต่สิ่งที่ทำให้ภาคเหนือมีฝุ่นในระดับวิกฤติกว่าที่อื่น ๆ คือ การเผาป่าจากดอยหลวงที่ไม่สามารถควบคุมได้*..
.....
.....

ข้อที่ 2 การสำรวจแนวคิด (10 นาที)

2.1 จากประเด็นปัญหาที่เลือกในข้อที่ 1.2 ให้นักเรียนเสนอวิธีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากประเด็นดังกล่าวให้แปลกใหม่และหลากหลายมากที่สุด (ไม่มีการประเมินความเหมาะสมหรือถูกผิด)

ที่	วิธีการแก้ปัญหาจากประเด็นที่เลือก
1	*สร้างกฎหมายป้องกันการเผาป่า*
2	*สร้างรายได้/อาชีพให้กับชาวบ้านแทนการเผาป่า*
3	*ติด Sensor ตรวจจับความร้อนในบริเวณที่จะเกิดไฟ*
4	*สร้างอุปกรณ์ดับเพลิงที่มีประสิทธิภาพ*
5	*พัฒนาหุ่นยนต์ที่ช่วยตรวจจับเพลิงและดับไฟป่าเบื้องต้นได้*
6	*ติดกล้องวงจรปิดทั่วป่าเพื่อตรวจสอบคนลักลอบเผาป่า*
7	*จัดฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ดับไฟป่า หรือมีเวรยามดูแลการดับไฟป่า*
8	*รดน้ำ/ทำฝนเทียมเพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่ป่า*
9	*ติดตั้งระบบรดน้ำจากแม่น้ำบนภูเขาเมื่อมีไฟป่าเกิดขึ้นอัตโนมัติ*
10	*ติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิงฉุกเฉินในป่า*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 3 การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา (15 นาที)

3.1 ให้นักเรียนวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา และสร้างเกณฑ์ที่จะนำไปเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดขึ้นจากข้อที่ 2.1 และให้คะแนนตามเกณฑ์ที่นักเรียนกำหนด (สามารถตอบได้ 1-4 เกณฑ์)

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาการแก้ปัญหา คือ (ระบุคะแนนเต็มที่นักเรียนจะใช้ให้คะแนน)

1) *ความเป็นไปได้* ..... คะแนนเต็ม .....*5*.....
2) *งบประมาณ* ..... คะแนนเต็ม .....*3*.....
3) *ประสิทธิภาพในการดับไฟ* ..... คะแนนเต็ม .....*3*.....
4) *ความแปลกใหม่* ..... คะแนนเต็ม .....*3*.....

วิธีการแก้ปัญหาที่ (จากข้อ 2)	คะแนนตามเกณฑ์ (กำหนดคะแนนเต็มได้ด้วยตนเอง)				รวมคะแนน
	เกณฑ์ที่ 1	เกณฑ์ที่ 2	เกณฑ์ที่ 3	เกณฑ์ที่ 4	
1	*2*	*2*	*1*	*2*	*7*
2	*2*	*2*	*1*	*2*	*7*
3	*3*	*1*	*2*	*2*	*8*
4	*5*	*2*	*2*	*1*	*10*
5	*4*	*2*	*3*	*3*	*12*
6	*3*	*1*	*1*	*1*	*6*
7	*3*	*1*	*2*	*1*	*7*
8	*3*	*2*	*2*	*2*	*8*
9	*2*	*2*	*2*	*3*	*11*
10	*2*	*2*	*3*	*3*	*12*

3.2 นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาในข้อใดเหมาะสมในการแก้ปัญหาในสถานการณ์นี้ที่สุด จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ

ติดตั้งอุปกรณ์ดับเพลิงอัตโนมัติในขณะที่เกิดกองไฟกองเล็ก ๆ เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับได้ และอาจมีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ให้เดินลาดตระเวรและดูแลอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นประจำ

นักเรียนสามารถนำแนวคิดอื่น ๆ มาประยุกต์ในแนวคิดที่นักเรียนเลือกได้อย่างไรบ้าง

อุปกรณ์ที่มีเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับจุดความร้อนขณะที่มีกองไฟเพียงเล็กน้อยจะสามารถดับไฟได้ทันทีก่อนที่กองไฟจะลาม และหากอุปกรณ์มีรัศมีในการตรวจจับได้ไกลก็จะสามารถลดงบประมาณได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 4 การดำเนินการแก้ปัญหา (10 นาที)

4.1 ให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกจากข้อ 3.2 โดยการแสดงรายละเอียดขั้นตอนการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด และระบุผลที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อนำขั้นตอนการแก้ปัญหานั้น ๆ ไปใช้

ขั้นตอนการแก้ปัญหาขั้นที่	รายละเอียดขั้นตอน	ผลที่จะเกิดขึ้น
1	*ศึกษาขั้นตอนของการสร้างอุปกรณ์ สำรวจแนวคิดของผู้ที่เคยทำ ศึกษาข้อมูล Sensor*	*ได้แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนางาน*
2	*ตรวจสอบพื้นที่ป่าในภาคเหนือ*	*นำมาใช้ออกแบบระยะการตรวจจับความร้อน กำหนดปริมาณคร่าวๆได้*
3	*เลือกใช้วัสดุ โดยศึกษาวัสดุที่ทนไฟมาใช้ทำเป็นตัวเครื่อง และเครื่องควรที่จะเคลื่อนที่ได้เพื่อเพื่อพื้นที่การตรวจจับ*	*ได้แนวคิดการเลือกใช้รถหรือโดรนที่สามารถเคลื่อนที่ได้*
4	*เขียนโปรแกรมตรวจวัดความร้อนและทำการทดลอง*	*ได้รู้ค่าความร้อนที่ควรติดตั้งค่าเพื่อให้สามารถดับไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพ*
5	*สร้างอุปกรณ์และทดลองใช้*	*ได้อุปกรณ์ดับไฟป่า*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(จบการทำแบบทดสอบ)

สถานการณ์ที่ใช้ในแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

สถานการณ์ที่ใช้ในแบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีทั้งสิ้น 8 สถานการณ์ โดยจะถูกนำมาใช้ในการทดสอบครั้งละ 2 สถานการณ์ ดังนี้

<u>สถานการณ์ที่ 1 ปัญหาหมอกควัน</u>

หมอกควัน 8 จังหวัดภาคเหนือยังวิกฤต ทำให้ต้องยกเลิกเที่ยวบินเชียงใหม่-แม่ฮ่องสอนในเที่ยวเช้า นอกจากนี้ยังทำให้ผู้คนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรพ.สต.บ้านปางมะเยาที่มีค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ที่เกิดจากการคมนาคมขนส่ง การเผาในที่โล่งโดยเฉพาะการเผาป่าดอยหลวงที่ยากต่อการเข้าไปดับไฟ อุตสาหกรรมต่าง ๆ สูงถึง 597 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่งผลให้เกิดอาการเลือดออกทางจมูก ผู้ว่าฯ อำเภอ เจ้าหน้าที่รัฐ ต้องรายงานประกาศแจ้งเตือนประชาชนทุก 24 ชั่วโมง ซึ่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ธรรมรัตน์ พุทธไทย, รองศาสตราจารย์กัมปนาท ภักดีกุล และรองศาสตราจารย์สุระ พัฒนเกียรติ จากคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่าต้นไม้บางชนิด เช่น มอส สามารถดักจับฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ แต่มอสเป็นพืชเมืองหนาวจึงไม่สามารถนำมาใช้ปลูกที่ไทย ต้นไม้ใหญ่หรือไม้พุ่มที่มีใบเล็กจำนวนมากจะดักฝุ่นละอองได้ดีกว่าต้นไม้ที่มีใบใหญ่แต่จำนวนใบน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าในจังหวัดในภาคเหนือบางพื้นที่มีการประกาศงดกิจกรรมนอกอาคารทุกชนิดและให้อยู่ในบริเวณที่มีเครื่องฟอกอากาศจนกว่าคุณภาพอากาศจะดีขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>สถานการณ์ที่ 2 ปัญหาลอยกระทง</u>

จากงานเทศกาลลอยกระทงที่ผ่านมาประชาชนจำนวนมากได้นำกระทงในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กระทงโฟม กระทงต้นกล้วย หรือกระทงขนมปัง มาลอยน้ำเพื่อขอขมาพระแม่คงคา ทำให้แหล่งน้ำต่าง ๆ เต็มไปด้วยกระทง ทางกทม.ต้องระดมเจ้าหน้าที่กว่า 200 คน จัดเก็บกระทงในแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่ใต้สะพานพระราม 7 ถึงสุดเขตบางนา พร้อมใช้เรือในการจัดเก็บกระทงและเรือตรวจการณ์ จำนวน 40 ลำ และใช้รถบรรทุกเก็บขนมูลฝอยจำนวน 9 คัน ในการลำเลียงกระทงไปส่งที่สถานีขนถ่ายมูลฝอย สำหรับกระทงที่จัดเก็บได้จะเข้าสู่กระบวนการแยกประเภทและนับจำนวนเพื่อเก็บสถิติ ก่อนที่กระทงจากวัสดุธรรมชาติและย่อยสลายง่ายจะถูกส่งไปเข้าโรงงานผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนกระทงโฟมจะถูกส่งไปฝังกลบเพื่อรอการย่อยสลายต่อไป ทั้งนี้จากสถิติปี 2560 กทม. จัดเก็บ

กระทงได้จำนวน 811,945 ใบ เป็นกระทงจากวัสดุธรรมชาติถึงร้อยละ 93.6 เมื่อเทียบกับปี 2559 พบว่าปริมาณกระทงเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.7 แต่แนวโน้มปริมาณกระทงที่ทำจากโฟมลดลงและทำจากวัสดุธรรมชาติเพิ่มขึ้น ซึ่งกระทงที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ เช่น ขนมปัง ก็อาจจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำได้ นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมปล่อยโคมลอยในวันลอยกระทง ทำให้พบขยะโคมลอยอยู่หลายร้อยลูก และโคมลอยอาจก่อให้เกิดปัญหาไฟไหม้บ้านเรือนได้

<u>สถานการณ์ที่ 3 ปัญหาโรคไข้เลือดออก</u>

ไข้เลือดออกเป็นโรคที่เกิดจากยุงลายเป็นพาหะของโรคไข้เลือดออก นอกจากจะเป็นปัญหาสาธารณสุขของประเทศไทยแล้วยังเป็นปัญหาสาธารณสุขทั่วโลกโดยเฉพาะประเทศในเขตร้อนชื้น มีอัตราการเสียชีวิตประมาณร้อยละ 2.5 ของผู้ป่วยทั้งหมด ทำให้แพทย์และพยาบาลทำงานหนักขึ้น โรคนี้ไม่มีการรักษาเฉพาะ ไม่มีวัคซีนที่ช่วยป้องกันได้ ทำได้เพียงประคับประคองอย่างใกล้ชิดโดยการเฝ้าระวังภาวะช็อคและเลือดออก และการให้สารน้ำอย่างเหมาะสม โดยจากข้อมูลจำนวนลูกน้ำยุงลายในปี พ.ศ. 2561 พบว่า ลูกน้ำยุงลายในบ้านมีค่าเกณฑ์มาตรฐานเกือบทุกเดือนโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน เนื่องจากมักจะมีน้ำขังตามภาชนะต่าง ๆ เช่น ยางรถยนต์ กะลา กระป๋อง จานรองขาตู้กับข้าว จานรองกระถางต้นไม้ โดยยุงลายจะชอบวางไข่ในภาชนะเหล่านั้น แต่ไม่ชอบวางไข่ในท่อระบายน้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง ยุงลายมักชอบกัดคนที่มีเหงื่อมาก คนที่มีอุณหภูมิบริเวณผิวหนังสูง หรือคนที่หายใจแรงเพราะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาเป็นตัวดึงดูดยุงลาย นอกจากนี้สภาวะโรคร้อนยังทำให้วงจรชีวิตของยุงเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่เอื้อต่อการแพร่ระบาดมากขึ้น จากสถานการณ์ดังกล่าว พบว่า ประชาชนในบางชุมชนไม่มีความรู้ที่จะกำจัดลูกน้ำยุงลายและป้องกันโรคเหล่านี้

<u>สถานการณ์ที่ 4 ปัญหาน้ำท่วมขัง</u>

เหตุการณ์น้ำท่วมขังในกรุงเทพมหานครเป็นเหตุการณ์ที่พบได้บ่อยในช่วงฤดูฝน ส่งผลให้รถติดนานนับชั่วโมง ผู้คนเดินทางลำบาก และอาจก่อให้เกิดกาฬโรคได้ ซึ่งหลาย ๆ คนอาจจะคิดว่าปัญหาน้ำท่วมขังนั้นเกิดจากฝนที่ตกลงมาอย่างหนัก การสร้างถนนหรือวางผังเมืองที่ขวางทางน้ำไหลหรือพื้นที่ระบายน้ำตามธรรมชาติแล้วไม่มีการสร้างอาคารระบายน้ำ เช่น ท่อระบายน้ำ ที่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เพียงพอ หรือเกิดจากปัญหาแผ่นดินทรุดที่ทำให้พื้นที่ต่ำลงไปจากเดิม ทำให้น้ำท่วมขังนานขึ้น แต่ปัจจัยหลักที่หลาย ๆ คนลืมนึกถึง คือ การที่ขยะกีดขวางทางระบายน้ำ โดย นายกังวาฬ ดีสุวรรณ ผอ.สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร เปิดเผยว่า ในแต่ละวันมีปริมาณขยะลงสู่ลำคลองมากถึง 10 ตัน โดยเฉพาะขยะพลาสติกเข้าไปอุดตันท่อระบายบนถนน หรือประตูระบายน้ำ และมีขยะขนาดใหญ่อย่างเฟอร์นิเจอร์ โต๊ะ ตู้ ต้นไม้ที่ลอยเข้าไปติดใบพัดเครื่องสูบน้ำจนพังเสียหาย ส่งผลให้เสียเวลาซ่อมแซมและทำให้ระบายน้ำไม่ทัน โดยเฉพาะในบริเวณแหล่งชุมชนแออัด ตลาด แหล่งท่องเที่ยว หาบแร่แผงลอย ที่ชาวบ้านหลายคนมักเคยชินกับการโยนขยะทิ้งในแม่น้ำลำคลอง บางคนไม่มีที่ทิ้งก็นำมากองไว้ริมฝั่งซึ่งพอฝนตกก็ไหลลงสู่เส้นทางระบายน้ำต่อไป

<u>สถานการณ์ที่ 5 ปัญหาทางการเกษตร</u>

ภาคการเกษตรของไทยตกอยู่ในภาวะที่น่าเป็นห่วง จากการศึกษาพบว่าจำนวนเกษตรกรรายย่อยลดลง คนจนจากภาคเกษตรกรรมจะล้มละลาย เนื่องจากปัญหาต่าง ๆ หลายประการ เช่น ปัญหาด้านปัจจัยการผลิตที่ทำให้เกษตรกรขาดทรัพยากรการผลิต ไม่มีที่ดินทำกินเป็นของตนเอง ต้องเช่าที่ดินทำกิน เข้าไม่ถึงแหล่งน้ำในการทำการเกษตร ต้นทุนปุ๋ย ยาที่ใช้ในการป้องกันศัตรูพืช แรงงานที่ใช้ในการเก็บผลผลิตทางงการเกษตรมีต้นทุนสูงขึ้นทำให้เกษตรกรต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น หรือปัญหาด้านการตลาดที่ทำให้เกษตรกรไม่มีส่วนในการตัดสินใจกำหนดราคาตลาด ราคาผลผลิตการเกษตรจึงไม่เป็นธรรม ไม่แน่นอน ขึ้นๆ ลงๆ ตามอำนาจซื้อของพ่อค้าคนกลาง หรือแม้กระทั่งปัญหาสินค้าราคาเกษตรตกต่ำ นอกจากนี้ยังมีปัญหาราคาสินค้าทางการเกษตรตกต่ำ มีความต้องการในการผลิตสูงกว่าความต้องการในการซื้อ ผลผลิตเกิดการเน่าเสีย ไม่สามารถขายได้ ทำให้เกษตรขาดรายได้ที่เพียงพอ จากปัญหาดังกล่าวพบว่าเกษตรกรต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงขึ้น แต่ผลผลิตกลับมาราคาที่ต่ำลง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกษตรกรไทยยังคงเผชิญปัญหาความยากจนอันเกิดจากความไม่เป็นธรรมต่อไป

<u>สถานการณ์ที่ 6 ปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้า</u>

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ โดยพลังงานไฟฟ้าที่นำมาใช้มีทั้งจากในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ โดยประเทศมีความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้นประมาณปีละ 1,200 เมกะวัตต์ ซึ่งหากเรายังใช้พลังงานไฟฟ้ากันตามอัตราที่ใช้ปัจจุบันจะพบว่า อีก 15 ปี แก๊สธรรมชาติในอ่าวไทยที่เป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้าของ

ไทยจะหมด ซึ่งอาจจะทำให้อนาคตอันใกล้เกิดภาวะขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าและอาจทำให้ราคาแก๊สธรรมชาติ และน้ำมันพุ่งขึ้นสูง นอกจากนี้การใช้แก๊สธรรมชาติ น้ำมัน และถ่านหินในการผลิตไฟฟ้าจะก่อให้เกิดแก๊สพิษต่าง ๆ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ก่อให้เกิดปัญหาสำคัญตามมาไม่ว่าจะเป็น ปัญหาโลกร้อนที่จะทำให้ระบบนิเวศเปลี่ยนแปลง น้ำแข็งขั้วโลกละลาย โลกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น หรือปัญหาฝนกรดที่จะทำลายดิน แหล่งน้ำ สิ่งปลูกสร้าง และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ได้อีกด้วย จากสาเหตุนี้เองจึงทำให้เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับเป็นวงกว้างครอบคลุม 14 จังหวัดในภาคใต้ เมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2556 เกือบ 2 ชั่วโมง ซึ่งได้สร้างผลกระทบและความสูญเสียให้กับเศรษฐกิจทั้งจากแหล่งท่องเที่ยวและในด้านต่าง ๆ ของภาคใต้ ไม่ต่ำกว่าหมื่นล้านบาท

<u>สถานการณ์ที่ 7 ปัญหาบุคลากรทางการแพทย์ติดเชื้อโควิด-19</u>

ในวันที่ 13 เม.ย. พ.ศ. 2563 นพ.ธนรักษ์ ผลิพัฒน์ รองอธิบดีกรมควบคุมโรค เปิดเผยว่ามีบุคลากรทางการแพทย์ติดเชื้อโควิด-19 เป็นจำนวน 102 คน จากผู้ติดเชื้อทั้งหมดในไทยทั้งสิ้น 2,550 คน บุคลากรทางการแพทย์ที่ติดเชื้อจากการปฏิบัติหน้าที่มีมากถึงร้อยละ 65 ของทั้งหมด ส่งผลให้โรงพยาบาลต้องเสียบุคคลากร รวมทั้งพยาบาลและเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่สัมผัสกับผู้ป่วย โดยหนึ่งในแพทย์ที่ถูกกักตัวมีสาเหตุมาจากการเข้าเวรห้องตรวจทั่วไปแล้วพบผู้ป่วยที่เดินทางมาจากพื้นที่เสี่ยง แต่ผู้ป่วยมีการปกปิดประวัติการเดินทาง และแพทย์ผู้นั้นใส่เพียงหน้ากากอนามัยทั่วไป ไม่มีชุดป้องกันเชื้อโรคหรือหน้ากาก N95 เนื่องจากที่โรงพยาบาลมีทรัพยากรที่จำกัดซึ่งต้องแบ่งให้กับแพทย์ที่ดูแลผู้ป่วยติดเชื้อก่อนเป็นลำดับแรก แพทย์ที่เข้าเวรห้องตรวจทั่วไปจะได้รับแค่หน้ากากอนามัยทั่วไปคนละชิ้นต่อวัน นอกจากนี้การใช้ชุดป้องกันเชื้อโรคกับผู้ป่วยที่มีผลตรวจว่าติดเชื้อโควิด-19 แล้ว จะต้องทิ้งทันที จึงทำให้สถานพยาบาลหลายแห่งได้มีการขอรับบริจาคหน้ากากอนามัยและชุดป้องกันเชื้อโรค โดยเฉพาะโรงพยาบาลที่อยู่ห่างไกล ซึ่ง รศ.นพ.ธีระ วรธนารัตน์ ได้เสนอว่า บุคลากรทางการแพทย์จะสู้กับโรคต้องมีอุปกรณ์ป้องกันที่ “เพียงพอ” คือ ไม่ต้องมาใช้ซ้ำจะได้ไม่เสี่ยงติดโรค และ “ได้มาตรฐาน” คือเป็นอุปกรณ์ป้องกันที่มีคุณภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>สถานการณ์ที่ 8 ปัญหาน้ำเน่าเสีย</u>

น้ำเสียเกิดได้ทั้งจากน้ำเสียจากชุมชน เช่น บ้าน ร้านค้า ตลาด และอาคารต่าง ๆ มักจะปล่อยน้ำทิ้งที่มาจากการชำระล้าง ซึ่งประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ สบู่ ผงซักฟอก ไขมัน เศษอาหาร ซึ่งปัจจัยหลักของน้ำเสียเกิดจากสาเหตุนี้ถึงประมาณร้อยละ 75 ของน้ำเสียทั้งหมด และน้ำเสียจากการเกษตรกรรม อุตสาหกรรมหรือปศุสัตว์ที่ปล่อยสิ่งปฏิกูลหรือสารเคมีต่าง ๆ ลงในแหล่งน้ำโดยไม่บำบัด สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้น้ำเกิดการเน่าเสียมีสีดำ กลิ่นเหม็น ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้สารอาหารต่าง ๆ เช่น สารอินทรีย์ สบู่ ผงซักฟอก หรือแร่ธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ยยังทำให้วัชพืช เช่น ผักตบชวา จอก หรือแหนมีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระดับออกซิเจนในแหล่งน้ำลดลงเนื่องจากการปกคลุมผิวน้ำ การหายใจและการย่อยสลายของวัชพืช ซึ่งอาจเป็นการทำลายระบบนิเวศเพราะจะทำให้พืชอื่น ๆ ที่เป็นอาหารของสัตว์น้ำลดน้อยลง สัตว์น้ำต่าง ๆ พากันล้มตาย และเมื่อบริเวณนั้นไม่มีปลาและสัตว์น้ำอาศัยอยู่ก็จะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายและบรรดาสัตว์ที่เป็นพาหะนำโรค เช่น แมลงวัน หรือหนู ซึ่งจะก่อให้ชุมชนที่อยู่ในแหล่งน้ำเน่าเสียเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคไข้เลือดออก โรคท้องร่วง หรือกาฬโรคต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ตารางแสดงคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

คำชี้แจง : ให้ผู้ประเมินพิจารณาคำตอบของนักเรียนจากสถานการณ์แล้วให้คะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของผู้ประเมินมากที่สุด

ข้อที่	ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	ระดับคะแนน				
		1	2	3	4	5
ข้อที่ 1 การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน						
1.1	การค้นหาสภาพปัญหา **(5 คะแนน)**	ไม่สามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้องเลย	ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง 1-2 ปัญหา	ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง 3-4 ปัญหา	ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง 5-6 ปัญหา	ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง 7 ปัญหาขึ้นไป
1.2	การรวบรวมข้อมูล และระบุสาเหตุ การระบุปัญหาที่สำคัญ **(5 คะแนน)**	ไม่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาและประโยชน์ของการแก้ปัญหานั้นได้ **และ** ตัดสินใจเลือกปัญหาไม่ได้	ระบุสาเหตุของปัญหาหรือประโยชน์ของการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง **หรือ** ตัดสินใจเลือกปัญหาโดยที่ไม่มีเหตุผลรองรับ	ระบุสาเหตุของปัญหาหรือประโยชน์ของการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเกินร้อยละ 50 **และ** ตัดสินใจเลือกปัญหาโดยมีเหตุผลสนับสนุนได้บ้าง	ระบุสาเหตุของปัญหาและประโยชน์ของการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 **และ**ตัดสินใจเลือกปัญหาพร้อมอธิบายที่มีเหตุผลสนับสนุนได้บ้าง	ระบุสาเหตุของปัญหาและประโยชน์ของการแก้ปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน **และ** ตัดสินใจเลือกปัญหา พร้อมอธิบายที่มีเหตุผลสนับสนุนได้อย่างสมเหตุสมผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	ระดับคะแนน				
		1	2	3	4	5
ข้อที่ 2 การสำรวจแนวคิด						
2.1	การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย **(5 คะแนน)**	ระบุวิธีการแก้ปัญหาไม่ได้ **<u>หรือ</u>** ระบุคำตอบที่ไม่สัมพันธ์กับสาเหตุทั้งหมด	ระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับสาเหตุได้ 1-2 วิธีการ	ระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับสาเหตุได้ 3-4 วิธีการ **<u>หรือ</u>** ประเภทของคำตอบเป็น 2 กลุ่มขึ้นไป	ระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับสาเหตุได้ 5-6 วิธีการ **<u>หรือ</u>** ประเภทของคำตอบเป็น 3 กลุ่มขึ้นไป	ระบุวิธีการแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับสาเหตุได้ 7 วิธีการขึ้นไป **<u>หรือ</u>**ประเภทของคำตอบเป็น 4 กลุ่มขึ้นไป
	การค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ **(5 คะแนน)**	ไม่มีคำตอบที่แปลกใหม่จากเพื่อนในกลุ่ม หรือคำตอบที่ทำให้ประหลาดใจเลย	มีคำตอบที่แปลกใหม่จากเพื่อนในกลุ่ม หรือคำตอบที่ทำให้ประหลาดใจ 1 คำตอบ	มีคำตอบที่แปลกใหม่จากเพื่อนในกลุ่ม หรือคำตอบที่ทำให้ประหลาดใจ 2 คำตอบ	มีคำตอบที่แปลกใหม่จากเพื่อนในกลุ่ม หรือคำตอบที่ทำให้ประหลาดใจ 3 คำตอบ	มีคำตอบที่แปลกใหม่จากเพื่อนในกลุ่ม หรือคำตอบที่ทำให้ประหลาดใจ 4 คำตอบขึ้นไป
ข้อที่ 3 การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา						
3.1	การกำหนดเกณฑ์ในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา **(5 คะแนน)**	ไม่สามารถกำหนดเกณฑ์การประเมินวิธีการแก้ปัญหาได้	เกณฑ์ในการประเมินมีเพียง 1-2 เกณฑ์ **<u>และ</u>** ไม่มีคุณภาพ ไม่มีเหตุผล หรือ ไม่เสร็จในเวลาที่กำหนด	เกณฑ์ในการประเมินมีเพียง 1-2 เกณฑ์ **<u>และ</u>** เกณฑ์มีคุณภาพเกินร้อยละ 50 แต่บางเกณฑ์ไม่มีเหตุผล หรือไม่เสร็จในเวลาที่กำหนด	เกณฑ์ในการประเมินมีมากกว่า 2 **<u>และ</u>** เกณฑ์มีคุณภาพมีคุณภาพเกินร้อยละ 50 มีเหตุผล และเสร็จในเวลาที่กำหนด	เกณฑ์ในการประเมินมีมากกว่า 2 **<u>และ</u>** เกณฑ์มีคุณภาพเหมาะสมและมีเหตุผล และเสร็จในเวลาที่กำหนด

ข้อที่	ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	ระดับคะแนน				
		1	2	3	4	5
3.2	การพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมากที่สุด **(5 คะแนน)**	ไม่สามารถตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้	ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา โดยไม่มีเหตุผลสนับสนุน **และ**ไม่สามารถนำแนวคิดอื่นมาประยุกต์ได้	ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา โดยมีเหตุผลสนับสนุนบ้าง **หรือ** สามารถนำแนวคิดอื่นมาประยุกต์ได้บ้าง	ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาโดยมีเหตุผลสนับสนุนบ้าง **และ** สามารถนำแนวคิดอื่นมาประยุกต์ได้บ้าง	ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา โดยมีเหตุผลสนับสนุน **และ** สามารถนำแนวคิดอื่นมาประยุกต์ได้อย่างดี
ข้อที่ 4 การดำเนินการแก้ปัญหา						
4.1	การวางแผนแสดงรายละเอียดขั้นตอนของวิธีการแก้ปัญหาที่เลือก **(5 คะแนน)**	ไม่สามารถระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาได้	ระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง 1-3 ขั้นตอน **แต่** ไม่สามารถนำไปใช้ได้จริง ไม่มีความละเอียด	ระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ 1-3 ขั้นตอน **แต่** อาจมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงบางส่วน	ระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาได้มากกว่า 3 ขั้นตอน **และ** นำไปใช้ได้บ้างโดยมีเหตุผลรองรับ	ระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาได้มากกว่า 3 ขั้นตอน **และ** อธิบายอย่างชัดเจน **และ** นำไปใช้ได้จริงโดยมีเหตุผลรองรับ
	การนำวิธีการที่เลือกไปใช้ในสถานการณ์จริง และระบุผลที่เกิดขึ้น **(5 คะแนน)**	ไม่สามารถระบุผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติแต่ละขั้นตอนได้	ระบุผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติแต่ละขั้นตอนได้ 1 ขั้นตอน **หรือ** ระบุผลที่เกิดไม่สมเหตุสมผล	ระบุผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติแต่ละขั้นตอนได้สมเหตุสมผล 2 ขั้นตอน	ระบุผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติแต่ละขั้นตอนได้สมเหตุสมผล 3 ขั้นตอน	ระบุผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติแต่ละขั้นตอนได้สมเหตุสมผล 4 ขั้นตอนขึ้นไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

แบบสอบถามการรับรู้ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์นี้เป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) โดยมีข้อคำถามจำนวน 2 ตอน ดังนี้

ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์นักเรียนอยู่กลุ่มที่ .....

<u>ตอนที่ 1</u> คำชี้แจง : ให้นักเรียนคำนึงถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เช่น ปัญหาการทำงาน ปัญหาการเรียน ปัญหาสังคม ปัญหาสิ่งแวดล้อม ฯลฯ และทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างตามระดับการปฏิบัติของนักเรียน โดย

1 หมายถึง ปฏิบัติตามประเด็นในระดับน้อยที่สุด
2 หมายถึง ปฏิบัติตามประเด็นในระดับน้อย
3 หมายถึง ปฏิบัติตามประเด็นในระดับปานกลาง
4 หมายถึง ปฏิบัติตามประเด็นในระดับมาก
5 หมายถึง ปฏิบัติตามประเด็นในระดับมากที่สุด

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการปฏิบัติ				
		1	2	3	4	5
1	ฉันสามารถพิจารณาสถานการณ์รอบตัวและระบุปัญหาได้ตรงกับสถานการณ์ที่พบเจอ					
2	ฉันสามารถระบุสาเหตุหรือที่มาของปัญหาได้					
3	ฉันสามารถสามารถรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาได้หลายมุมมอง					
4	ฉันสามารถระบุปัญหาหลักที่สำคัญที่สุดของสถานการณ์ที่สนใจได้					
5	ฉันสามารถเสนอแนวคิดการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย					
6	ฉันสามารถประยุกต์แนวคิดของคนอื่นมาสร้างวิธีการแก้ปัญหาให้มีจำนวนมากได้					
7	ฉันสามารถเสนอแนะแนวคิดที่แปลกใหม่ที่ไม่เคยมีผู้อื่นเสนอมา					
8	ฉันสามารถประยุกต์แนวคิดของคนอื่นมาสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากเดิมได้					
9	ฉันพิจารณาความเป็นไปได้จากการใช้เกณฑ์ที่เหมาะสมในการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการปฏิบัติ				
		1	2	3	4	5
10	ฉันวิเคราะห์ข้อดี-ข้อจำกัดของแต่ละวิธีการแก้ปัญหาก่อนตัดสินใจเลือก					
11	ฉันบอกความเชื่อมโยงระหว่างวิธีการปัญหาต่าง ๆ และนำมาประยุกต์ได้					
12	ฉันเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาที่สามารถปฏิบัติได้จริง					
13	ฉันสามารถระบุขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้					
14	ฉันสามารถระบุทรัพยากร หรืออุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาได้					
15	ฉันสามารถนำวิธีการแก้ปัญหาที่ออกแบบแล้วมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้					
16	ฉันคาดการณ์ผลจากการนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้					

<u>ตอนที่ 2</u> คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนคิดว่าวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มนักเรียนประสบผลสำเร็จหรือไม่ หากต้องให้ระดับคะแนนในการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองจะให้คะแนนเท่าไร (เต็ม 10 คะแนน) เพราะเหตุใด

.....

.....

2. บทบาทในการทำงานกลุ่มของนักเรียน (เช่น เป็นผู้นำกลุ่ม, มีส่วนร่วมในการสร้างแนวคิดการแก้ปัญหา, หรือ เป็นผู้ประดิษฐ์ผลงาน เป็นต้น) มีส่วนในการทำให้กลุ่มประสบความสำเร็จอย่างไร

.....

.....

3. นักเรียนคิดว่ามีอุปสรรคในการสร้างแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาภายในกลุ่มอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

4. กลุ่มของนักเรียนใช้กระบวนการใดที่นำมาสร้างแนวคิดเพื่อแก้ปัญหา (เช่น การระดมแนวคิด, การใช้เทคนิค SCAMPER, การพูดรอบวง หรือ การใช้ตารางประเมินแนวคิด เป็นต้น) และกระบวนการดังกล่าวมีส่วนในการทำให้กลุ่มประสบความสำเร็จอย่างไร

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์นี้เป็นแบบประเมินที่พัฒนาจากแบบมาตรวัดการประเมินผลงานเชิงสร้างสรรค์ (Creative Product Semantic Scale: CPSS) โดยแบบประเมินนี้เป็นแบบมาตรจำแนกความหมาย (semantic differential) ประกอบไปด้วย 3 มิติ 11 องค์ประกอบย่อย ในแต่ละองค์ประกอบย่อยจะมีข้อรายการที่เป็นคำหรือประโยคที่มีความหมายตรงกันข้ามกัน 2 ด้าน โดยมีระยะห่างระหว่าง 2 ด้าน จำนวน 7 ช่อง

<u>คำชี้แจง</u> : หลังจากผู้ประเมินได้พิจารณาผลงานโครงงานวิทยาศาสตร์อย่างละเอียดแล้ว ให้ประเมินผลงานชิ้นดังกล่าวว่ามีลักษณะตรงหรือใกล้เคียงกับคำในแต่ละข้อรายการด้านใดมากที่สุด โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ต้องการ

ตัวอย่าง :

ข้อที่	ข้อรายการ								
		1	2	3	4	5	6	7	
1	ความคิดใหม่เอี่ยมที่คิดขึ้นมาเอง				✓				ความคิดเก่า คนอื่นใช้กันมาแล้ว
2	ดัดแปลงเป็นความคิดของตนเอง						✓		ลอกเลียนเป็นความคิดของคนอื่น

วิธีการประเมิน :

1. ผู้ตัดสินพิจารณาผลงานโครงงานวิทยาศาสตร์แต่ละชิ้น แล้วประเมินโครงงานแต่ละชิ้นตามแบบประเมินที่กำหนด ให้อ่านทีละข้อแล้วตัดสินว่า โครงงานมีลักษณะตามข้อใด

2. ผู้ตัดสินจะต้องคิดเสมอว่า โครงงานนี้เป็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การตัดสินนั้น ท่านจะต้องคิดเปรียบเทียบว่า นักเรียนคนอื่นที่มีความรู้ ประสบการณ์ และสิ่งแวดล้อมอย่างเดียวกันนี้ จะคิดและทำโครงงานอย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชื่อผลงานโครงงานวิทยาศาสตร์ .....

มิติที่ 1 มิติด้านความแปลกใหม่ (Novelty dimension)

พิจารณาจากการมีกระบวนการใหม่ วิธีการที่แปลกใหม่ หรือมโนทัศน์ที่แปลกใหม่ ทำให้ประหลาดใจเมื่อได้พบเห็น รวมทั้งมีอิทธิพลต่อการสร้างสรรค์ผลงานของตนเองและผู้อื่นที่เป็นงานในลักษณะเดียวกันในอนาคต

ข้อที่	ข้อรายการ								
		1	2	3	4	5	6	7	
<u>องค์ประกอบย่อยที่ 1 ความแปลกใหม่ (Originality)</u> หมายถึง เป็นงานที่แตกต่างจากงานทั่วไปหรือไม่ซ้ำกับงานของผู้อื่นที่มีอายุ ประสบการณ์หรือได้รับการฝึกใกล้เคียงกัน									
1	ใช้ความคิดเก่า ที่ผู้อื่นใช้กันมามากแล้ว								ใช้ความคิดใหม่ ไม่ซ้ำใคร
2	ลอกเลียน เป็นความคิดของผู้อื่น								ดัดแปลง ต่อยอดเป็นความคิดของตนเอง
3	ใช้วิธีการสามัญทั่วไปในการแก้ปัญหา								ใช้วิธีการใหม่ในการแก้ปัญหา
4	ไม่มีความแปลกใหม่ในการเลือกใช้อุปกรณ์								มีความแปลกใหม่ในการเลือกใช้อุปกรณ์
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม : _____ _____									
<u>องค์ประกอบย่อยที่ 2 การทำให้ประหลาดใจ (Surprise)</u> หมายถึง เป็นงานที่ทำให้ผู้พบเห็นเกิดความรู้สึกตื่นตาตื่นใจ และไม่คาดหวังว่าจะได้พบเจองานในลักษณะที่สร้างสรรค์นี้									
5	เหมือนที่เคยเห็นมามาก								ไม่เหมือนใครเลย
6	คาดหวังได้ว่าจะได้พบงานลักษณะนี้								ไม่ได้คาดหวังว่าจะพบงานลักษณะนี้
7	วิธีการแก้ปัญหาไม่น่าประหลาดใจ								วิธีการแก้ปัญหาทำให้ประหลาดใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	ข้อรายการ								
		1	2	3	4	5	6	7	
8	ความคิดซ้ำกับสิ่งที่มีอยู่เดิม ไม่น่าสนใจ								ความคิด น่าทึ่ง
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม : _____									
องค์ประกอบย่อยที่ 3 ความเป็นต้นกำเนิดให้สิ่งอื่น (Germinal) หมายถึง เป็นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาที่มีอิทธิพลต่อการสร้างสรรค์งานของตนเองและผู้อื่นที่เป็นงานในลักษณะเดียวกันในอนาคต									
9	แก้ปัญหาตามวิธีทั่วไป								ปฏิวัติวิธีแก้ปัญหา
10	นำไปใช้ไม่ได้ในอนาคต								นำไปใช้ต่อยอดได้ในอนาคต
11	ไม่มีอิทธิพลต่อแนวทางการแก้ปัญหาในอนาคต								มีอิทธิพลต่อแนวทางการแก้ปัญหาในอนาคต
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม : _____									

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มิติที่ 2 มิติด้านการแก้ปัญหา (Resolution dimension)

พิจารณาจากระดับความสามารถในการแก้ปัญหาได้เหมาะสมกับความต้องการหรือไม่ มีความสมเหตุสมผลตามวิธีการของศาสตร์นั้น ๆ ใช้ประโยชน์ได้ และมีคุณค่าในแง่ต่าง ๆ

ข้อที่	ข้อรายการ								
		1	2	3	4	5	6	7	
องค์ประกอบย่อยที่ 4 ความสมเหตุสมผล (Logical) หมายถึง เป็นงานที่สร้างด้วยวิธีการที่มีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์รองรับอย่างเหมาะสม									
12	ใช้วิธีการที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลและสภาพปัญหา								ใช้วิธีการที่สอดคล้องกับข้อมูลและสภาพปัญหา

ข้อที่	ข้อรายการ								
		1	2	3	4	5	6	7	
13	ไม่ตรงกับจุดมุ่งหมาย และความต้องการของผู้ใช้เลย								ตรงกับจุดมุ่งหมาย และความต้องการของผู้ใช้อย่างมาก
14	ใช้กระบวนการออกแบบได้ไม่เหมาะสมเลย								ใช้กระบวนการออกแบบได้เหมาะสมอย่างมาก
15	ไม่ถูกต้องตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์								ถูกต้องตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์
16	ใช้หลักการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบไม่เหมาะสม								ใช้หลักการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบอย่างเหมาะสม
17	เลือกใช้อุปกรณ์ในการสร้างผลงานไม่เหมาะสม								เลือกใช้อุปกรณ์ในการสร้างผลงานอย่างเหมาะสม
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม : _____									
<u>องค์ประกอบย่อยที่ 5 ความมีประโยชน์ (Useful)</u> หมายถึง เป็นงานที่สามารถใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ									
18	ไม่มีประโยชน์ในการปัญหา								มีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหามาก
19	บอบบาง ไม่ทนทาน								แข็งแรง ทนทาน
20	การใช้งานไม่สะดวกใช้ได้ยาก								การใช้งานได้สะดวกใช้ได้ง่าย
21	ชิ้นส่วนต่าง ๆ ติดขัด ไม่สามารถทำงานได้								ชิ้นส่วนต่าง ๆ ไม่ติดขัดสามารถทำงานได้อย่างราบรื่น
22	แก้ปัญหาไม่ได้เลย								แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก
23	แก้ปัญหาไม่ถูกต้อง ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์เลย								แก้ปัญหาได้ถูกต้อง ตรงตามวัตถุประสงค์อย่างมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	ข้อรายการ								
		1	2	3	4	5	6	7	
24	ใช้เวลามากในการแก้ปัญหา								ประหยัดเวลาในการแก้ปัญหา
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม : _____									
<u>องค์ประกอบย่อยที่ 6 ความมีคุณค่า (Valuable)</u> หมายถึง เป็นงานที่ผู้พบเห็นให้ความสำคัญ มองเห็นประโยชน์และความจำเป็นในผลงาน									
25	ใช้ค่าใช้จ่ายมาก ต้นทุนสูง								ประหยัดค่าใช้จ่าย ต้นทุนต่ำ
26	งานนี้ไม่มีความสำคัญ								งานนี้มีความสำคัญมาก
27	ไม่จำเป็น ไม่มีคุณค่าในระดับตนเองเลย								จำเป็น มีคุณค่าต่อชุมชน สังคม และประเทศมาก
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม : _____									
<u>องค์ประกอบย่อยที่ 7 ความเข้าใจได้ (Understandable)</u> หมายถึง เป็นงานที่สื่อความหมายให้กับผู้พบเห็นได้โดยง่าย ไม่ต้องตีความซ้ำ									
28	ไม่สามารถอธิบายได้เลยในตัวผลงาน								อธิบายได้อย่างสมบูรณ์ในตัวผลงาน
29	กำกวม เข้าใจวิธีการใช้งานได้ยาก								ชัดเจน เข้าใจวิธีการใช้งานได้ง่าย
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม : _____									

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มิติที่ 3 มิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์ (Elaboration and Synthesis dimension)

พิจารณาจากการใช้ฝีมือและความชำนาญการในการสร้างงานที่ซับซ้อน มีความละเอียดลออ ทำให้งานประณีต สมบูรณ์ น่าดู

ข้อที่	ข้อรายการ								
		1	2	3	4	5	6	7	
<u>องค์ประกอบย่อยที่ 8 การจัดองค์ประกอบ (Organic)</u> หมายถึง เป็นงานที่สามารถจัดส่วนประกอบเป็นรูปร่างที่สมบูรณ์แบบ									
30	ผลงานไม่เสร็จสมบูรณ์								ผลงานเสร็จสมบูรณ์
31	ต้องปรับปรุงกระบวนการออกแบบอย่างมาก								ไม่ต้องปรับปรุงเลย มีการออกแบบได้เหมาะสมต่อการใช้งาน
32	อุปกรณ์ไม่ครบ								อุปกรณ์ครบถ้วน
33	ทำงานไม่สมบูรณ์ ต้องออกแบบเพื่อเพิ่มอุปกรณ์								ทำงานได้สมบูรณ์โดยไม่ต้องออกแบบเพื่อเพิ่มอุปกรณ์
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม : _____									
<u>องค์ประกอบย่อยที่ 9 ความมีฝีมือและช่ำชอง (Well-crafted)</u> หมายถึง เป็นงานที่ถูกสร้างขึ้นด้วยความพิถีพิถัน ตั้งใจทำเป็นอย่างดี									
34	ทำอย่างเร่งรีบ ไม่รอบคอบ								ตั้งใจทำอย่างดี
35	ไม่พิถีพิถัน และไม่ใส่ใจรายละเอียดของงาน								พิถีพิถัน พิจารณาเก็บรายละเอียดของงาน
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม : _____									
<u>องค์ประกอบย่อยที่ 10 ความประณีตสวยงาม (Elegant)</u> หมายถึง เป็นงานที่มีความกลมกลืน ดึงดูดใจต่อผู้พบเห็น									
36	ขัดแย้ง								กลมกลืน
37	หยาบ ไม่สวยงาม								ประณีตสวยงาม

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่	ข้อรายการ								
		1	2	3	4	5	6	7	
38	ไม่ดึงดูดใจเลย								ดึงดูดใจมาก
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม : _____									
<u>องค์ประกอบย่อยที่ 11 ความซับซ้อน (Complex)</u> หมายถึง เป็นงานที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลาย ๆ องค์ประกอบ และมีการประดับตกแต่งที่เหมาะสมต่อการใช้งาน									
39	ลักษณะไม่ซับซ้อน มีเพียงองค์ประกอบเดียว								ลักษณะซับซ้อน มีหลายองค์ประกอบจากการบูรณาการความรู้
40	เรียบง่าย ไม่มีการตกแต่งที่เหมาะสมต่อการใช้งาน								สะดุดตา มีการประดับตกแต่งที่เหมาะสมต่อการใช้งาน
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม : _____									

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อุปกรณ์คัดแยกขนาด

รายวิชา โครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2563

จำนวนชั่วโมง 6 ชั่วโมง (3 สัปดาห์)

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบแล้วนักเรียนสามารถ

ด้านพุทธิพิสัย

1. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดโดยใช้ข้อมูลขนาดของส้มได้
2. อธิบายถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาดโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์
3. อธิบายความหมายของความชัน และคำนวณความชันของเครื่องคัดแยกขนาดได้
4. อธิบายความหมายของแรงเสียดทานได้
5. บอกวิธีการหาและคำนวณร้อยละประสิทธิภาพ และความผิดพลาดของการคัดแยกขนาดได้
6. บอกวิธีการหาและคำนวณอัตราเร็วในการคัดแยกขนาดส้มได้

ด้านทักษะพิสัย

7. สังเกตและระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
8. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดในชีวิตประจำวันได้อย่างสร้างสรรค์
9. ออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานหรือแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้
10. สร้างผลงานหรือแบบจำลองเชิงสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
11. แก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้

ด้านจิตพิสัย

12. มีความรับผิดชอบและมุ่งมั่นในการทำงาน
13. มีความใจกว้าง เปิดใจรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

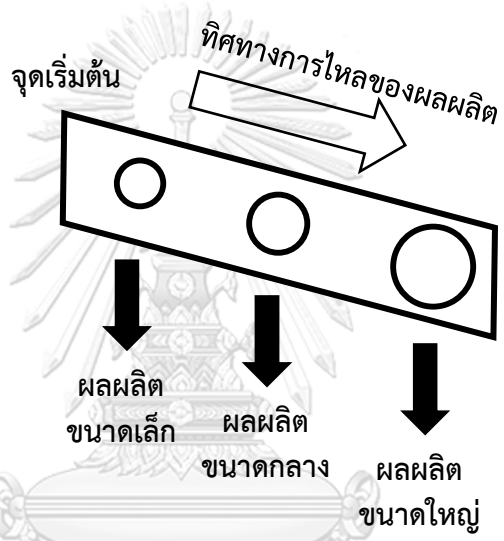
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาสาระ

1. หลักการทำงานและลักษณะของเครื่องคัดแยกขนาด

1.1 หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาด

เครื่องคัดแยกขนาดผลผลิตทางการเกษตรโดยทั่วไปจะใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุ ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรกลิ้งลงมาในหลุมที่มีขนาดแตกต่างกัน โดยหลุมที่มีขนาดเล็กจะต้องมีระยะทางจากจุดเริ่มต้นน้อยกว่าหลุมที่มีขนาดใหญ่ จึงจะทำให้ผลผลิตที่มีขนาดใหญ่ไหลผ่านได้ แต่ผลผลิตที่มีขนาดเล็กไม่สามารถไหลผ่านและตกลงไปได้



ภาพแสดงหลักการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยตัวอย่างที่นักเรียนสามารถออกแบบและได้ผลการทำกิจกรรม เป็นดังภาพ

ภาพแสดงผลการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดจำลอง

1.2 ลักษณะและตัวอย่างของเครื่องคัดแยกขนาด

เครื่องคัดแยกขนาดในปัจจุบันมีลักษณะที่แตกต่างกันในด้านวัสดุ การออกแบบ กลไกการทำงาน ความชันของพื้นเอียง ลักษณะของช่อง เป็นต้น โดยมีตัวอย่างลักษณะของเครื่องคัดแยกขนาด ดังนี้

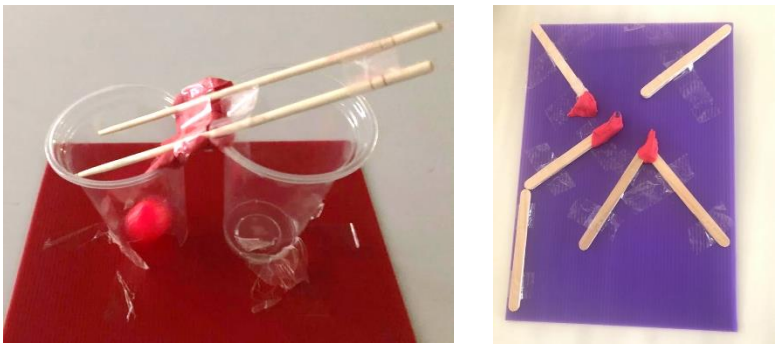
1) เครื่องคัดแยกขนาดโดยใช้ราง

ธีรพล ผันอากาศ (2559) และ สรรเพชญ์ โพลุน, ศุภชัย สีพลลา และนิติภูมิ ไชยหงษา (2559) ได้ประดิษฐ์เครื่องคัดแยกขนาดและบรรจุมะนาวสำหรับการเกษตร โดยใช้รางที่แยกออกจากกัน ทำให้ช่วงปลายของรางมีขนาดกว้างช่วงต้น ส่งผลให้เมื่อมะนาวไหลไปตามรางจะตกตามรอยแยกของเส้นผ่านศูนย์กลางรางที่ระยะต่าง ๆ ผลการทดสอบพบว่า สามารถคัดขนาดและบรรจุมะนาวได้ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ภาพแสดงเครื่องคัดแยกขนาดโดยใช้ราง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยตัวอย่างแบบจำลองผลงานที่นำมาให้นักเรียนศึกษาในรูปแบบของเครื่องคัดแยกขนาดโดยใช้ราง เป็นดังนี้



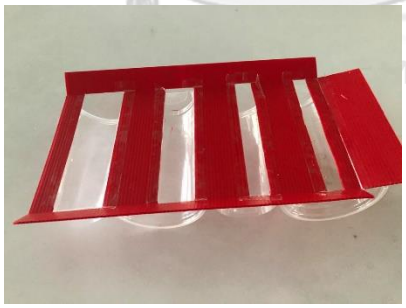
ภาพแสดงแบบจำลองเครื่องคัดแยกขนาดโดยใช้ราง

2) เครื่องคัดแยกขนาดโดยใช้ช่อง

ร่มเกล้า มีศิลป์ (2556) ได้ประดิษฐ์อุปกรณ์คัดแยกมะนาวโดยใช้ช่องว่างที่มีขนาดที่แตกต่างกันจากท่อพีวีซี พบว่า สามารถใช้คัดแยกมะนาวได้ถูกต้องตามขนาดที่กำหนด และเร็วกว่าการแยกด้วยมือ นอกจากนี้ ศุภชาติ สุขารมณ์, เสกสรร สีหวงษ์ และ บัณฑิต จริโมภาส (2553) ได้ประดิษฐ์เครื่องคัดขนาดมะนาว โดยนำหลักการการที่วัตถุไหลลงช่องตามขนาดต่าง ๆ ไปประยุกต์กับสายพาน โดยให้สายพานไหลผ่านช่องว่างที่มีขนาดต่าง ๆ พบว่า มีร้อยละของความผิดพลาดเท่ากับร้อยละ 9 สามารถแยกส้มได้ 2 ตัน ต่อชั่วโมง

ภาพแสดงเครื่องคัดแยกขนาดโดยใช้ช่อง

โดยตัวอย่างแบบจำลองผลงานที่นำมาให้นักเรียนศึกษาในรูปแบบของเครื่องคัดแยกขนาดโดยใช้ช่อง เป็นดังนี้



ภาพแสดงแบบจำลองเครื่องคัดแยกขนาดโดยใช้ช่อง

2. ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการแยกขนาด

การคัดแยกขนาดจะต้องคำนึงถึงปัจจัย ดังนี้

2.1 ขนาดของและทิศทางการออกแบบช่องหรือระยะทางระหว่างราง

การออกแบบขนาดของช่องหรือระยะทางระหว่างรางจะต้องพิจารณาถึงเส้นรอบวงของวัตถุที่นำมาใช้แยก และทิศทางการออกแบบช่องและรางจะต้องเริ่มให้วัตถุไหลจากช่องหรือรางที่มีขนาดเล็กไปยังขนาดใหญ่

2.2 ความชัน

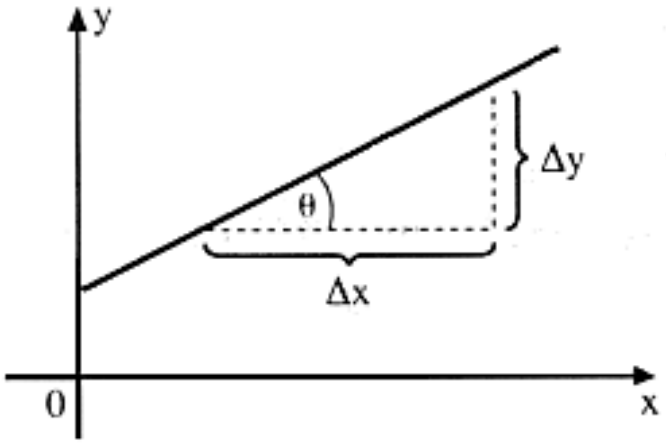
1) ความหมายของความชัน

ความชัน หมายถึง ค่าที่บอกถึงความลาดเอียง หรือความสูงชันของเส้นตรง โดยค่าความชันยิ่งมากแสดงถึงระดับความลาดเอียง หรือความสูงชันมาก

ภาพแสดงลักษณะของความชัน

2) การคำนวณความชัน

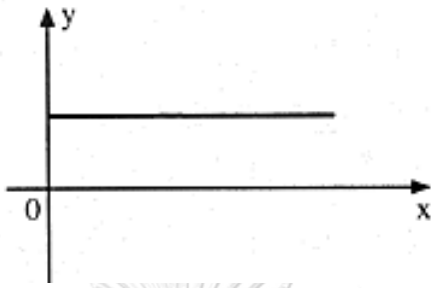
การวัดความชันสามารถหาได้ ดังกราฟ ดังนี้



กราฟแสดงวิธีการหาค่าความชันของเส้นตรง

จากกราฟ ความชัน = $\frac{\text{ระยะทางในแนวดิ่ง}}{\text{ระยะทางในแนวระดับ}} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

ถ้าเป็นเส้นตรงขนานกับแกนนอน จะได้ว่าความชัน มีค่าเท่ากับศูนย์



กราฟแสดงเส้นตรงที่ขนานกับแกนนอนทำให้ค่าความชันเท่ากับ 0

3) การนำความรู้เรื่องความชันมาประยุกต์ในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาด

การออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดในส่วนของกลไกในการแยกนั้น หากความชันมีค่าน้อยเกินไปจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกถูกแยกได้ช้า แต่มีความแม่นยำ ในขณะที่หากความชันมีค่ามากเกินไปจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกถูกแยกได้เร็ว แต่ไม่มีความแม่นยำ และหากส่วนที่เป็นกลไกในการแยกความชันมีเท่ากับ 0 อาจจะทำให้ไม่สามารถทำให้วัตถุที่ต้องการแยกเคลื่อนที่ได้

2.3 แรงเสียดทาน

1) ความหมายของแรงเสียดทาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แรงเสียดทาน หมายถึง แรงต้านการเคลื่อนที่บนผิวสัมผัสที่เกิดขึ้นระหว่างวัตถุ หรือแรงที่ต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุไปบนพื้นผิวสัมผัส ซึ่งส่งผลให้วัตถุดังกล่าวเคลื่อนที่ช้าลงหรือหยุดนิ่งไป โดยจะมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ และมีขนาดขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุที่กระทำในลักษณะตั้งฉากกับพื้นที่ผิว และลักษณะของพื้นที่ผิวสัมผัส

2) การนำความรู้เรื่องความชันมาประยุกต์ในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาด

การออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดในส่วนของกลไกในการแยกนั้น หากเลือกวัสดุที่มีลักษณะของพื้นที่ผิวเรียบเกินไปอาจจะทำให้วัตถุที่ต้องการแยกเคลื่อนที่เร็วจนไม่สามารถแยกได้ และหากเลือกวัสดุที่มีลักษณะของพื้นที่ผิวขรุขระเกินไปอาจทำให้วัตถุที่ต้องการแยกเคลื่อนที่ช้าเกินไปหรือไม่เคลื่อนที่ได้

2.4 ความแข็งแรงของวัสดุที่นำมาใช้สร้างเป็นกลไกในการแยก

การออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของวัสดุที่นำมาใช้ว่าจะต้องรองรับวัตถุที่ต้องการแยกได้

3. วิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกขนาด

3.1 วิธีการหาร้อยละของประสิทธิภาพ และความผิดพลาดในการแยกขนาด

ร้อยละ หมายถึง อัตราส่วนที่เราต้องการ ที่มีการเทียบกับ 100 หรือ อัตราส่วนที่มีส่วนเป็น 100 โดยมีวิธีการหา ดังนี้

$$\text{ร้อยละ} = \frac{\text{จำนวนที่ต้องการ}}{\text{จำนวนทั้งหมด}} \times 100$$

ในการทดลองจะใช้ลูกบอลจำลองขนาดต่าง ๆ แทนผลส้ม 20 ลูก โดยแบ่งออกเป็น 4 ขนาด ขนาดละ 5 ลูก ซึ่งสามารถคำนวณประสิทธิภาพและความผิดพลาดในการคัดแยกได้ ดังนี้

$$\text{ร้อยละของประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาด} = \frac{\text{จำนวนส้มที่คัดแยกได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนส้มทั้งหมดที่นำมาคัดแยก}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละของความผิดพลาดในการคัดแยกขนาด} = \frac{\text{จำนวนส้มที่คัดแยกผิดพลาด}}{\text{จำนวนส้มทั้งหมดที่นำมาคัดแยก}} \times 100$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 วิธีการหาอัตราเร็วในการแยก

การหาอัตราเร็วในการแยกผลผลิตทางการเกษตร สามารถหาได้ ดังนี้

$$\text{อัตราเร็วในการแยก} = \frac{\text{จำนวนส้มทั้งหมดที่นำมาคัดแยก (ลูก)}}{\text{ระยะเวลาในการแยกทั้งหมด (วินาที)}}$$

โดยจะได้อัตราเร็วในการแยกส้มในหน่วย ลูกต่อวินาที

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นที่ 1 ขั้นการตั้งคำถาม (20 นาที)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน จำนวน 8 กลุ่ม แบบคละความสามารถ และมารับแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เครื่องคัดแยกขนาด

2. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้ดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับการคัดแยกขนาดของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยใช้เครื่องจักรจาก https://www.youtube.com/watch?v=Z5F8eErfY9Q หรือจาก

พร้อมตั้งประเด็นคำถามว่าจากวีดิทัศน์ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรถูกคัดแยกขนาดได้อย่างไร

(ใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงหรือรางเลื่อนให้ผลิตภัณฑ์กลิ้งตกลงไปในช่องที่มีขนาดแตกต่างกัน)

3. ครูสร้างสถานการณ์ที่ท้าทายว่า “หากนักเรียนทำงานในโรงงานคัดแยกขนาดส้มที่ต้องใช้สายวัดวัดขนาดส้มเป็นประจำ ซึ่งใช้เวลาในการคัดแยกนาน โดยมีเวลาในการคัดแยกส้มด้วยแรงงานคนปกติเฉลี่ย 50 นาที ต่อส้ม 25 กิโลกรัม ในขณะที่โรงงานในเมืองใช้เครื่องคัดแยกที่ใช้เวลาคัดแยกส้มเฉลี่ย 2 นาทีต่อส้ม 25 กิโลกรัม และโรงงานของนักเรียนเกิดความผิดพลาดในการแยกได้ง่าย อีกทั้งยังมีงบประมาณที่จำกัดไม่สามารถซื้อเครื่องจักรสำหรับคัดแยกขนาดส้มดังเช่นโรงงานในเมืองได้” จากนั้นตั้งคำถามว่า

3.1 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาและความต้องการของโรงงาน คืออะไร

(ต้องการคัดแยกขนาดส้มให้รวดเร็ว โดยต้องมีความแม่นยำและใช้งบประมาณน้อยที่สุด)

3.2 นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจะสามารถแก้ไขได้อย่างไร

(ออกแบบอุปกรณ์คัดแยกขนาดส้ม โดยใช้หลักการของแรงโน้มถ่วง)

3.3 ข้อจำกัดในการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดส้มมีอะไรบ้าง

(ต้องใช้หลักการของแรงโน้มถ่วง และขนาดของส้มแต่ละลูกมาออกแบบ)

4. นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปปัญหาที่เกิดขึ้น และความต้องการในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ลงในแบบบันทึกกิจกรรม

Chulalongkorn University

(ปัญหาที่เกิด คือ ไม่สามารถคัดแยกขนาดส้มได้อย่างรวดเร็ว ความต้องการ คือ ต้องการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดส้มที่คัดแยกได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และราคาถูก)

5. ครูตั้งประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเกี่ยวกับปัจจัยในการคัดแยกขนาด ดังนี้

5.1 หากนักเรียนต้องการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดส้ม นักเรียนจะต้องพิจารณาถึงสิ่งใดบ้าง

(ขนาดของผลส้ม ความชันของพื้นเอียง ขนาดของช่อง เป็นต้น)

5.2 นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยใดบ้างที่จะส่งผลให้เครื่องคัดแยกขนาดสามารถคัดแยกได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ

(ขนาดของช่อง ความชันของพื้นเอียง)

5.3 หากนักเรียนต้องการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดให้สามารถคัดแยกได้อย่างถูกต้องแม่นยำ นักเรียนจะต้องสร้างอย่างไร (ตั้งสมมติฐาน)

(ขนาดของช่องควรใกล้เคียงกับขนาดของส้ม ความชันของพื้นเอียงไม่ควรชันมากเกินไปเพราะจะทำให้ผลส้มไหลเร็ว และไม่ควรชันน้อยเกินไปจนทำให้ผลส้มไม่ไหล วัสดุที่นำมาใช้เป็นกลไกควรมีพื้นที่ผิวที่ไม่ขรุขระจนเกินไป และมีความแข็งแรง)

6. นักเรียนสำรวจอุปกรณ์ที่ครูเตรียมไว้เพื่อนำมาสร้างเป็นแบบจำลองเครื่องคัดแยกขนาด โดยมีผลส้มจำลองที่ทำจากลูกบอล 4 ขนาด ขนาดละ 5 ลูก รวม 20 ลูก (โดยใช้อัตราส่วนขนาดลูกบอล 1 cm ต่อขนาดส้ม 2 cm) มีรายละเอียดดังนี้

1) ขนาด A สีแดง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.25 cm (จำลองส้มเบอร์ 3 ขนาด 4.5 cm)

2) ขนาด B สีเหลือง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.50 cm (จำลองส้มเบอร์ 2 ขนาด 5.0 cm)

3) ขนาด C สีเขียว มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.00 cm (จำลองส้มเบอร์ 1 ขนาด 5.5 cm)

4) ขนาด D สีฟ้า มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.25 cm (จำลองส้มเบอร์ 0 ขนาด 6.0 cm)

นอกจากนี้นักเรียนจะมีเงินจำลองเพื่อใช้ให้ซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์เครื่องคัดแยกขนาดจำนวน 1200 บาท ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ มีราคา ดังนี้

ยางรัด 5 เส้น	ราคา	100	บาท
ถุงแกง 3 ถุง	ราคา	100	บาท
ลูกโป่ง 3 ลูก	ราคา	100	บาท
หลอด 10 หลอด	ราคา	100	บาท
ไม้เสียบลูกชิ้น 10 ไม้	ราคา	100	บาท
ไม้ไอศกรีม 8 ไม้	ราคา	100	บาท
ตะเกียบ 3 คู่	ราคา	100	บาท

แก้วน้ำ 1 ใบ	ราคา	100	บาท
กรรไกร 1 เล่ม	ราคา	100	บาท
มีดคัตเตอร์ 1 อัน	ราคา	100	บาท
เทปใส 1 ม้วน	ราคา	100	บาท
เชือกขาว 1 เส้น	ราคา	200	บาท
เทปกาวสองหน้า 1 ม้วน	ราคา	200	บาท
ดินน้ำมัน 1 ก้อน	ราคา	200	บาท
จานกระดาษ 4 จาน	ราคา	200	บาท
จานพลาสติก 2 จาน	ราคา	200	บาท
กระดาษ A4 10 แผ่น	ราคา	200	บาท
กล่องกระดาษ 1 กล่อง	ราคา	200	บาท
แผ่นยาง 1 แผ่น	ราคา	200	บาท
พีพีบอร์ดขนาด A4 1 แผ่น	ราคา	300	บาท
แผ่นโฟมขนาด A4 1 แผ่น	ราคา	300	บาท
แผ่นกระดานไม้ขนาด A3 แผ่น	ราคา	300	บาท

7. ครูกำหนดเงื่อนไขในการสร้างว่า กลุ่มใดสามารถสร้างเครื่องคัดแยกขนาดที่แยกขนาดผลส้มจำลองได้แม่นยำที่สุด รวดเร็วที่สุด และใช้จำนวนเงินน้อยที่สุดจะเป็นผู้ชนะ โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

7.1 เกณฑ์ความแม่นยำในการแยก พิจารณาจากการที่ผลส้มแต่ละขนาดถูกคัดแยกลงในบริเวณที่กำหนดไว้อย่างเหมาะสม ให้นักเรียนคำนวณสัดส่วนความถูกต้องการของคัดแยก และสัดส่วนความผิดพลาดในการคัดแยก หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกันโดย

อันดับ 1 ได้	10	คะแนน
อันดับ 2 ได้	8	คะแนน
อันดับ 3 ได้	6	คะแนน
อันดับ 4 ได้	4	คะแนน
อันดับ 5-8 ได้	2	คะแนน

(กรณีที่อันดับซ้ำกันให้พิจารณาคะแนนเป็นค่าเฉลี่ยของ 2 อันดับ และเว้นอันดับถัดไป)

7.2 เกณฑ์ความเร็วในการแยก พิจารณาจากการจับเวลาตั้งแต่เริ่มเทส้มจำลองจำนวน 25 ลูกจนถึงส้มจำลองลูกสุดท้ายตกลงไปในภาชนะที่ใช้แยก และให้นักเรียนคำนวณอัตราเร็วที่ได้ หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกันโดย

อันดับ 1 ได้	5	คะแนน
อันดับ 2 ได้	4	คะแนน
อันดับ 3 ได้	3	คะแนน
อันดับ 4 ได้	2	คะแนน
อันดับ 5-8 ได้	1	คะแนน

(กรณีที่อันดับซ้ำกันให้พิจารณาคะแนนเป็นค่าเฉลี่ยของ 2 อันดับ และเว้นอันดับถัดไป)

7.3 เกณฑ์จำนวนเงินที่ใช้ คะแนนที่นักเรียนได้จะเท่ากับ 1 คะแนน ต่อจำนวนเงินที่เหลือ 100 บาท

8. นักเรียนระบุข้อจำกัดในการสร้างผลงานนี้ ว่ามีข้อจำกัดในการใช้อุปกรณ์อย่างไรบ้าง เพื่อใช้ในการวางแผนการทำงานลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นที่ 2 ขั้นสืบค้นปัญหา (70 นาที)

1. นักเรียนศึกษาปัจจัยของเครื่องคัดแยกขนาดจาก และให้แต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดในรูปแบบที่นักเรียนสนใจ โดยพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้

- ขนาดของและทิศทางการออกแบบช่องหรือระยะทางระหว่างราง
- ความชันของพื้นเอียงที่เหมาะสมในการแยก
- วัสดุที่นำมาใช้เป็นพื้นเอียง (พิจารณาถึงแรงเสียดทานและความแข็งแรงของพื้นเอียง)

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นแนวคิดในการสร้างแบบจำลองเครื่องคัดแยกขนาดในลักษณะที่นักเรียนสนใจจากผลงานที่ครูเตรียมให้ 3 ผลงาน และผลงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ มาให้มากที่สุด และบันทึกตามประเด็นในการออกแบบลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นจินตนาการ (30 นาที)

1. ครูตั้งประเด็นคำถามจากแนวคิดการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดที่นักเรียนได้สืบค้น ดังนี้

1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบเครื่องคัดแยกขนาดที่นักเรียนศึกษา เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

(ตอบตามที่นักเรียนได้ศึกษา)

1.2 นักเรียนสามารถดัดแปลงแนวคิดการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดของกลุ่มตนเองโดยใช้เทคนิคสร้างความคิดสร้างสรรค์ SCAMPER ได้อย่างไรบ้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ตั้งคำถามเกี่ยวกับแนวคิดที่สืบค้นมาว่า แนวคิดดังกล่าวสามารถลดสิ่งใดได้บ้าง สามารถเปลี่ยนสิ่งใดได้บ้าง สามารถใช้สิ่งใดแทนได้บ้าง เป็นต้น)

1.3 จากแนวคิดที่นักเรียนสืบค้นมา จะสามารถออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดของกลุ่มตนเองได้อย่างไร

(ตอบตามที่นักเรียนได้ศึกษา)

2. นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มจินตนาการแนวคิดการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและเขียนให้ได้หลายแนวคิดที่สุดโดยใช้เทคนิค SCAMPER ซึ่งในระหว่างนี้นักเรียนสามารถศึกษาและวัดขนาดของอุปกรณ์ที่ครูเตรียมมาให้นักเรียนเลือกซื้อโดยใช้เงินจำลองได้ และบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแนวคิดของแต่ละคนมารวมกัน หาแนวคิดการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและเขียนเพิ่มให้ได้หลายแนวคิดที่สุด โดยอาจจะมีรูปแบบเครื่องคัดแยกขนาดในหลาย ๆ รูปแบบ หรือออกแบบวัสดุที่ใช้ประดิษฐ์ให้มีความหลากหลาย โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการระดมความคิด เทคนิคการอภิปรายรอบวง หรือเทคนิคการพิจารณาคุณลักษณะ เป็นต้น และบันทึกเพิ่มเติมลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผน (30 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันตั้งเกณฑ์ในหัวข้อที่แต่ละกลุ่มกำหนด เช่น ราคา ความคุ้มค่า ประสิทธิภาพ ความแข็งแรง วัสดุที่ใช้ เวลาในการประดิษฐ์ ของการประเมินแนวคิดและให้คะแนนแนวคิดที่ได้จากการระดมความคิดร่วมกัน

2. ครูตั้งประเด็นคำถามจากการประเมินแนวคิดการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดที่นักเรียนได้ออกแบบและให้นักเรียนบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม ดังนี้

2.1 แนวคิดใดในกลุ่มของนักเรียนที่ได้คะแนนการประเมินมากที่สุด เพราะเหตุใด

(ตอบตามความคิดเห็นของนักเรียน)

2.2 นักเรียนคิดว่าหากนักเรียนต้องการประดิษฐ์แบบจำลองเครื่องคัดแยกขนาดนักเรียนจะเลือกใช้แนวคิดของงานใดเป็นแนวคิดหลักในการพัฒนาแบบจำลองของกลุ่มตนเอง เพราะเหตุใด

(ตอบตามความคิดเห็นของนักเรียน)

2.3 จากแนวคิดหลัก นักเรียนจะนำแนวคิดอื่น ๆ มาพัฒนางานของตนเองอย่างไร

(ตอบตามความคิดเห็นของนักเรียน)

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดตามรูปแบบที่ต้องการโดยนำแนวคิดต่าง ๆ ที่นักเรียนคิดมาออกแบบเป็นแนวคิดที่ดีที่สุด ผ่านการใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการ

จัดลำดับ เทคนิคการวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นคู่ หรือเทคนิคการใช้ตารางประเมิน และบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม

4. นักเรียนร่างแนวคิดที่ดีที่สุดของกลุ่มเป็นภาพพร้อมระบุรายละเอียดที่ใช้ในการประดิษฐ์ และระบุอุปกรณ์ทั้งที่ครูกำหนดให้และที่นอกเหนือจากที่ครูกำหนดให้ พร้อมกับนำเสนอหน้าชั้นเรียน

5. นักเรียนวางแผนกำหนดเวลาในการประดิษฐ์ผลงาน และการนัดหมายทำงานกันภายในกลุ่ม

ขั้นที่ 5 ขั้นสร้าง (90 นาที)

1. นักเรียนลงมือสร้างเครื่องคัดแยกขนาดตามที่ออกแบบไว้ในเวลาที่กำหนด โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับลูกบอลทั้ง 4 ขนาด ขนาดละ 1 ลูก รวม 4 ลูก ไว้สำหรับวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อใช้ในการออกแบบและทดสอบผลงานระหว่างสร้าง และนักเรียนสามารถซื้ออุปกรณ์เพิ่มเติมระหว่างสร้างได้

2. ครูคอยตรวจสอบความถูกต้อง ชี้แนะแนวทางระหว่างการทำกิจกรรม และกระตุ้นให้นักเรียนทำงานร่วมกัน พร้อมทั้งดูแลความเรียบร้อยและความปลอดภัยในการสร้างผลงานต้นแบบ

ขั้นที่ 6 ขั้นการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ (90 นาที)

1. ครูแนะนำถึงการสร้างตารางบันทึกผลการทดสอบ และสอนวิธีการคิดประสิทธิภาพการทำงาน ความคลาดเคลื่อนในการแยก และความเร็วในการแยกโดยใช้คำถามดังนี้

1.1 หากต้องการทราบว่าผลส้มตกลงไปในตำแหน่งที่ถูกต้องเป็นร้อยละเท่าไร ควรทำอย่างไร

(นำผลส้มที่ตกลงในตำแหน่งที่ถูกต้องมาหารด้วยส้มทั้งหมดคูณด้วย 100)

1.2 หากต้องการทราบว่าผลส้มตกลงไปในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้องเป็นร้อยละเท่าไร ควรทำอย่างไร

(นำผลส้มที่ตกลงในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้องมาหารด้วยส้มทั้งหมดคูณด้วย 100)

1.3 หากต้องการทราบว่าความเร็วในการแยกส้มของเป็นเท่าไร ควรทำอย่างไร

(นำจำนวนส้มที่ใช้แยกมาหารด้วยเวลาในการแยกส้มทั้งหมด)

1.4 ในการหาอัตราเร็วในการแยกส้ม นักเรียนควรจับเวลาอย่างไร เพราะเหตุใด

(เริ่มจับเวลาตั้งแต่ผลส้มลูกแรกตกลงพื้นเอียง และหยุดจับเวลาเมื่อผลส้มลูกสุดท้ายตกลงภาชนะที่แยก เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน)

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ความคลาดเคลื่อนในการแยก ความเร็วในการคัดแยก และสร้างตารางบันทึกผลการทดสอบของแต่ละกลุ่มลงในแบบบันทึกกิจกรรม

3. ครูนำอภิปรายด้วยคำถาม ดังนี้

3.1 ตัวแปรต้นของการทดสอบนี้ คืออะไร

3.2 ตัวแปรตามของการทดสอบนี้ คืออะไร

3.3 ตัวแปรควบคุมของการทดสอบนี้ คืออะไร

4. นักเรียนทดสอบเครื่องคัดแยกขนาดจำนวน 3 ครั้งต่อกลุ่ม พร้อมบันทึกข้อมูลการทดสอบลงในแบบบันทึกกิจกรรม

5. ครูตั้งประเด็นคำถาม เพื่อนำอภิปรายผลการทดสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

5.1 จากการทดสอบ ผลการทดสอบเป็นอย่างไร

(มีประสิทธิภาพในการแยกร้อยละ 60 มีร้อยละของความผิดพลาดร้อยละ 40 และความเร็วในการแยก 4 ลูกต่อวินาที)

5.2 ประสิทธิภาพในการแยกและความคลาดเคลื่อนในการแยกของกลุ่มนักเรียนเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น

(แยกได้เร็วกว่ากลุ่มอื่น แต่มีความคลาดเคลื่อนมากกว่ากลุ่มอื่น)

5.3 เพราะเหตุใดผลงานในกลุ่มของนักเรียนมีประสิทธิภาพในการแยกมากกว่าหรือน้อยกว่ากลุ่มอื่น

(เพราะความชันของพื้นเอียงมากเกินไปจึงทำให้แยกได้เร็ว และส้มที่ไหลเร็วเกินไปจะไหลเกินช่องที่กำหนด)

5.4 นักเรียนคิดว่าข้อดีของเครื่องคัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง คืออะไร

(สามารถแยกส้มได้รวดเร็ว เนื่องจากพื้นมีความชันมาก)

5.5 นักเรียนคิดว่าข้อจำกัดของเครื่องคัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง คืออะไร

(มีความผิดพลาดค่อนข้างสูง)

ขั้นที่ 7 ขั้นปรับปรุง (30 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดสอบ อธิบายถึงหลักการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง และผลการทดลองของเครื่องคัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง หลังจากนั้นครูสรุปคะแนนที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของแต่ละกลุ่ม

2. ครูตั้งประเด็นคำถาม เพื่อให้นักเรียนออกแบบการปรับปรุงผลงาน และให้นักเรียนบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม ดังต่อไปนี้

2.1 นักเรียนคิดว่าเครื่องคัดแยกขนาดของกลุ่มตนเองมีประสิทธิภาพเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ เพราะเหตุใด

(แยกได้เร็วกว่ากลุ่มอื่น แต่ความคลาดเคลื่อนในการแยกค่อนข้างมาก)

2.2 ถ้าหากนักเรียนต้องการแก้ไข และพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นักเรียนจะทำอย่างไร

(ลดความชันของพื้นเอียงให้เหมาะสมขึ้น และปรับช่องว่างที่ให้แคบลง)

2.3 การสร้างเครื่องคัดแยกขนาดใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หลักการใดบ้าง

(การหาความชัน อัตราเร็ว ประสิทธิภาพของผลงาน พื้นเอียง)

2.4 จากกิจกรรมนี้ นักเรียนสามารถนำความรู้ใดไปใช้ในชีวิตประจำวันได้บ้าง

(การคำนวณความชันของพื้นเอียงในการสร้างทางลาด การใช้กลไกแยกสิ่งของโดยใช้ขนาดในการแยกเหรียญ เป็นต้น)

3. ครูตั้งประเด็นคำถามเพื่อสรุปความรู้เกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

3.1 กระบวนการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการดำเนินการอย่างไร

(ตอบตามความคิดเห็นของนักเรียน)

3.2 กระบวนการที่นักเรียนแต่ละกลุ่มกระทำเหมือนกันมีกระบวนการอะไรบ้างตามลำดับ

(ตอบตามความคิดเห็นของนักเรียน)

3.3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีขั้นตอนอย่างไร

(1. ขั้นการตั้งคำถาม 2. ขั้นสืบค้นปัญหา 3. ขั้นจินตนาการ 4. ขั้นวางแผน 5. ขั้นสร้าง 6. ขั้นการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ และ 7. ขั้นปรับปรุง)

สื่อการเรียนรู้

1. สื่อวีดิทัศน์ เกี่ยวกับอุปกรณ์การคัดแยกขนาด
2. วัสดุอุปกรณ์ในการจัดกิจกรรม

การวัดและประเมินการเรียนรู้ ครูวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่วัด	การวัด	การประเมิน
1, 2, 3 และ 4	1) การตอบคำถามในชั้นเรียน 2) ใช้แบบบันทึกกิจกรรม	1) ผู้เรียนตอบคำถามในชั้นเรียนได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด 2) ผู้เรียนจดบันทึกในแบบบันทึกกิจกรรมได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
5 และ 6	1) ใช้แบบบันทึกกิจกรรม 2) ใช้แบบสังเกต	1) ผู้เรียนจดบันทึกผลการคำนวณหาร้อยละประสิทธิภาพ และอัตราเร็วในแบบบันทึกกิจกรรมได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด 2) ผู้เรียนมีการทดสอบเพื่อหาความชัน ประสิทธิภาพและอัตราเร็วได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
7, 8 และ 9	1) การตอบคำถามในชั้นเรียน 2) ใช้แบบบันทึกกิจกรรม 3) ใช้แบบสังเกต	1) ผู้เรียนตอบคำถามในชั้นเรียนได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด 2) ผู้เรียนจดบันทึกการระบุปัญหา การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและการทดสอบประสิทธิภาพในแบบบันทึกกิจกรรมได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด 3) ผู้เรียนระบุปัญหา ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและการทดสอบประสิทธิภาพได้อย่างเหมาะสมเกินร้อยละ 70 ของทั้งหมด
10	1) ใช้แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์	1) ผู้เรียนสร้างผลงานโดนได้คะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์เกินร้อยละ 60 ของทั้งหมด
11	1) ใช้แบบสังเกต 2) ใช้แบบทดสอบและแบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	1) ผู้เรียนมีการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนเกินร้อยละ 60 ของทั้งหมด 2) ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์โดยได้คะแนนเกินร้อยละ 60 ของทั้งหมด
12 และ 13	1) ใช้แบบสังเกต	1) ผู้เรียนรับผิดชอบในการทำงาน และรับฟังความคิดเห็นผู้อื่นเกินร้อยละ 70 ของคะแนนทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินแบบบันทึกกิจกรรม ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

หัวข้อการประเมิน	วัตถุประสงค์ข้อที่วัด	คะแนนที่ได้		
		3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
1. ความถูกต้องของการจดบันทึกความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1, 2, 3 และ 4		ผู้เรียนบันทึกความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมได้ถูกต้อง	ผู้เรียนไม่สามารถบันทึกความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมได้
2. ความครบถ้วนและความละเอียดของการจดบันทึกความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1, 2, 3, และ 4	ผู้เรียนบันทึกความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมได้ครบถ้วน และมีความละเอียด	ผู้เรียนบันทึกความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมได้ครบถ้วนหรือมีความละเอียด	ผู้เรียนไม่สามารถบันทึกความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมได้ครบถ้วนและไม่ละเอียด
3. ความถูกต้องในการคำนวณผลการทดสอบต่าง ๆ	5 และ 6	ผู้เรียนบันทึกผลการคำนวณหาความชันประสิทธิภาพการคัดแยก และอัตราเร็วได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	ผู้เรียนบันทึกผลการคำนวณหาความชันประสิทธิภาพการคัดแยก และอัตราเร็วได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	ผู้เรียนไม่สามารถบันทึกผลการคำนวณหาความชันประสิทธิภาพการคัดแยก และอัตราเร็วได้เกินร้อยละ 40
4. ความถูกต้องในการระบุวัตถุประสงค์ กำหนดตัวแปร และตั้งสมมติฐาน	7	ผู้เรียนระบุวัตถุประสงค์ กำหนดตัวแปร และตั้งสมมติฐานการทดสอบ ได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	ผู้เรียนระบุวัตถุประสงค์ กำหนดตัวแปร และตั้งสมมติฐานการทดสอบ ได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	ผู้เรียนไม่สามารถระบุวัตถุประสงค์ กำหนดตัวแปร และตั้งสมมติฐานการทดสอบได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40
5. ความเหมาะสมในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	8	ผู้เรียนร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้อย่างเหมาะสมเป็นไปได้จริง	ผู้เรียนร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้เล็กน้อย และอาจจะเป็นไปได้	ผู้เรียนไม่สามารถร่างภาพออกแบบวิธีการแก้ปัญหาลงในแบบบันทึกกิจกรรมได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อการประเมิน	วัตถุประสงค์ข้อที่วัด	คะแนนที่ได้		
		3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
6. ความถูกต้องในการออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพผลงาน	9	ผู้เรียนออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	ผู้เรียนออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	ผู้เรียนไม่สามารถออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40
7. ความถูกต้องในการบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพผลงาน	5, 6 และ 9	ผู้เรียนบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 70	ผู้เรียนบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40	ผู้เรียนไม่สามารถบันทึกผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลงานได้ถูกต้องเกินร้อยละ 40

แบบสังเกต ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

หัวข้อการประเมิน	วัตถุประสงค์ข้อที่วัด	คะแนนที่ได้		
		3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
1. การวางแผนเพื่อทดสอบความชันประสิทธิภาพและอัตราเร็ว	5 และ 6	ผู้เรียนวางแผนการหาคุณภาพของผลงานได้ถูกต้องและครบถ้วน	ผู้เรียนวางแผนการหาคุณภาพของผลงานได้ถูกต้องหรือครบถ้วน	ผู้เรียนไม่มีการวางแผนการหาคุณภาพของผลงาน
2. ความสอดคล้องระหว่างการออกแบบการตรวจสอบประสิทธิภาพกับการทดสอบจริง	7, 8 และ 9	ผู้เรียนทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพได้ตรงตามวัตถุประสงค์และควบคุมตัวแปรได้ตามที่ตั้งไว้	ผู้เรียนทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพได้ตรงตามวัตถุประสงค์หรือควบคุมตัวแปรได้ตามที่ตั้งไว้	ผู้เรียนทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อการประเมิน	วัตถุประสงค์ข้อที่วัด	คะแนนที่ได้		
		3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน
3. ความถูกต้องของการตรวจสอบประสิทธิภาพผลงาน	9		ผู้เรียนทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน	ผู้เรียนทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพได้ไม่ถูกต้อง
4. ความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่ม	8 และ 11		ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาในกิจกรรมได้	ผู้เรียนไม่สามารถแก้ปัญหาในกิจกรรมได้
5. ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา	8 และ 11	ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาในกิจกรรมได้อย่างสร้างสรรค์	ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหา ได้ไม่สร้างสรรค์ เป็นสิ่งที่ผู้อื่นทำแล้ว	ผู้เรียนไม่สามารถแก้ปัญหาในกิจกรรมได้
6. ความรับผิดชอบในการทำงาน	12		ผู้เรียนมีความรับผิดชอบหน้าที่ของตนเองในกลุ่ม	ผู้เรียนไม่มีความรับผิดชอบหน้าที่ของตนเองในกลุ่ม
7. ความมุ่งมั่นในการทำงาน	12	ผู้เรียนทำหน้าที่ของตนเองเต็มความสามารถ	ผู้เรียนทำหน้าที่ของตนเอง แต่ไม่ค่อยให้ความร่วมมือเท่าที่ควร	ผู้เรียนไม่ทำหน้าที่ของตนเอง
8. ความใจกว้างเปิดใจรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน	13		ผู้เรียนในกลุ่มมีการแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน	ผู้เรียนในกลุ่มไม่ฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์
โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

กิจกรรมที่ 1

อุปกรณ์คัดแยกขนาด

1 ขั้นการตั้งคำถาม

จากสถานการณ์ดังกล่าว ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

หากนักเรียนทำงานในโรงงานคัดแยกขนาดส้มที่ต้องใช้สายวัดวัดขนาดส้มเป็นประจำ ซึ่งใช้เวลาในการคัดแยกนานและเกิดความผิดพลาดได้ง่าย อีกทั้งในโรงงานยังมีงบประมาณที่จำกัดไม่สามารถซื้อเครื่องจักรสำหรับคัดแยกขนาดส้มได้

1.1) จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ปัญหาและความต้องการของโรงงาน คืออะไร

_____

1.2) ปัญหาที่เกิดสามารถแก้ไขได้อย่างไร

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3) ข้อจำกัดในการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดส้มมีอะไรบ้าง

_____

_____

"มีปัจจัยใดบ้างที่จะส่งผลให้เครื่องคัดแยกขนาดสามารถคัดแยกได้อย่างแม่นยำ และรวดเร็ว"

1) _____
2) _____
3) _____

คำชี้แจงกิจกรรม : ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเครื่องคัดแยกขนาด โดยมีกติกา ดังนี้

1. เครื่องคัดแยกขนาดต้องแยกผลส้มจำลองที่ทำจากดินน้ำมัน 4 ขนาด ขนาดละ 5 ลูก รวม 20 ลูก ดังนี้ ขนาด A สีแดง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.25 cm (จำลองส้มเบอร์ 3 ขนาด 4.5 cm)
ขนาด B สีเหลือง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.50 cm (จำลองส้มเบอร์ 2 ขนาด 5.0 cm)
ขนาด C สีเขียว มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.00 cm (จำลองส้มเบอร์ 1 ขนาด 5.5 cm)
ขนาด D สีฟ้า มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.25 cm (จำลองส้มเบอร์ 0 ขนาด 6.0 cm)

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีเงินจำลองเพื่อให้ซื้ออุปกรณ์ **จำนวน 1,200 บาท** โดยให้นักเรียนเขียนจำนวนสิ่งของที่ต้องการ **ลงในช่องว่างหน้าสิ่งของนั้น**

- สิ่งของราคา 100 บาท

_____ ยางรัด 5 เส้น
_____ ลูกโป่ง 3 ลูก
_____ ไม้เสียบลูกชิ้น 10 ไม้
_____ ตะเกียบ 3 คู่
_____ กรรไกร 1 เล่ม
_____ เทปใส 1 ม้วน
_____ ถุงแกง 3 ถุง
_____ หลอด 10 หลอด
_____ ไม้ไอศกรีม 8 ไม้
_____ แก้วน้ำ 1 ใบ
_____ มีดคัตเตอร์ 1 อัน

- สิ่งของราคา 200 บาท

_____ เชือกขาว 1 เส้น
_____ ดินน้ำมัน 1 ก้อน
_____ จานพลาสติก 2 จาน
_____ กล่องกระดาษ 1 กล่อง
_____ เทปกาวสองหน้า 1 ม้วน
_____ จานกระดาษ 4 จาน
_____ กระดาษ A4 10 แผ่น
_____ แผ่นยาง 1 แผ่น

- สิ่งของราคา 300 บาท

_____ พีพีบอร์ดขนาด A4 1 แผ่น
_____ แผ่นกระดานไม้ขนาด A3 แผ่น
_____ แผ่นโฟมขนาด A4 1 แผ่น

รวมจำนวนเงินที่กลุ่มนักเรียนใช้ไป _____ บาท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. เกณฑ์การให้คะแนน พิจารณาจาก

1) ความแม่นยำในการคัดแยก	10 คะแนน
2) ความเร็วในการคัดแยก	10 คะแนน
3) จำนวนเงินที่ใช้	1 คะแนนต่อ 100 บาทที่เหลือ

4. มีเวลาในการสร้างผลงาน 90 นาที

2 ขั้นสืบค้นปัญหา

2.1) ให้นักเรียนสืบค้น “เครื่องคัดแยกขนาด” จากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และจดบันทึกรายละเอียดของสิ่งประดิษฐ์มาจำนวน 3 ชิ้น

ชิ้นที่ 1 : ชื่อสิ่งประดิษฐ์ _____

กลไกที่ใช้ในการแยกขนาด :

_____

_____

_____

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ :

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชิ้นที่ 2 : ชื่อสิ่งประดิษฐ์ _____

กลไกที่ใช้ในการแยกขนาด :

_____

_____

_____

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ :

_____

_____

ชิ้นที่ 3 : ชื่อสิ่งประดิษฐ์ _____

กลไกที่ใช้ในการแยกขนาด :

_____

_____

_____

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ :

_____

_____

3 ขั้นจินตนาการ

3.1) ให้วิเคราะห์ความเหมือน และความแตกต่างจากสิ่งประดิษฐ์ “เครื่องคัดแยกขนาด” ที่นักเรียนได้สืบค้นมาลงในตาราง

ประเด็นในการวิเคราะห์	ความเหมือน	ความแตกต่าง
1.		
2.		
3.		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2) ให้นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มออกแบบแนวคิดเครื่องคัดแยกขนาดจากการใช้เทคนิค SCAMPER "โดยสรุป" ให้ได้หลายแนวคิดมากที่สุด

แนวคิดที่	รูปภาพเครื่องคัดแยกขนาด	กลไกที่ใช้	วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้
1			
2			
3			
4			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3) จากแนวคิดข้อ 3.2 ให้นักเรียนระดมความคิดในกลุ่ม และใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การระดมสมอง การอภิปรายรอบวง เพื่อออกแบบแนวคิดให้มีความหลากหลายและแปลกใหม่เพิ่มเติมจากเดิม

แนวคิดที่	รูปภาพเครื่องคัดแยกขนาด	กลไกที่ใช้	วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้
5			
6			
7			
8			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4 ขั้นวางแผน

4.1) ให้นักเรียนตั้งเกณฑ์และประเมินแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน โดยสร้างตารางและระบุประเด็นในการพิจารณาลงในตาราง

แนวคิดที่	ประเด็นที่นักเรียนตั้งไว้สำหรับพิจารณา				สรุปรวม
	_____ _____	_____ _____	_____ _____	_____ _____	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม เลือกใช้แนวคิดหลักมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง พร้อมระบุเหตุผลในการเลือกใช้แนวคิดนั้น

แนวคิดที่เลือกใช้เป็นหลักในการพัฒนาแบบจำลอง คือ แนวคิดที่ _____ เนื่องจาก

_____

4.3) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มพิจารณาแนวคิดอื่น ๆ ที่ไม่ได้นำมาใช้เป็นแนวคิดหลักในการสร้างแบบจำลอง พร้อมระบุประเด็นที่จะนำมาใช้พัฒนาแนวคิดหลักให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยบันทึกข้อมูลลงในตาราง

แนวคิดที่เลือกมาใช้พัฒนาแนวคิดหลัก	ประเด็นที่จะนำมาใช้พัฒนา	เหตุผล / ผลที่ได้เมื่อนำมาใช้พัฒนา

4.4) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่างภาพแนวคิดที่ดีที่สุดของกลุ่มตนเองลงในช่องว่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.5) ให้นักเรียนวางแผนการประดิษฐ์ผลงานลงในตาราง

ช่วงเวลาที่วางแผน	สิ่งที่ต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ

5 ขั้นสร้าง

5.1) ให้นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลองเครื่องคัดแยกขนาดตามที่ออกแบบไว้ในเวลาที่กำหนด

5.2) ให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดในการสร้างแบบจำลองเครื่องคัดแยกขนาดของกลุ่มตนเอง พร้อมระบุวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นลงในตาราง

ระบุปัญหาที่เกิดในกลุ่ม	วิธีการแก้ปัญหาของกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6 ขั้นการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพ

6.1) ให้นักเรียนออกแบบการทดสอบของกลุ่มตนเอง พร้อมทั้งระบุปัญหา สมมติฐาน วัตถุประสงค์ ตัวแปรในการทำลองให้ครบถ้วน เพื่อที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียน

การทดสอบที่ 1 เรื่อง _____

วัตถุประสงค์ : _____

ปัญหา : _____

สมมติฐาน : _____

การกำหนดตัวแปร : ตัวแปรต้น _____

ตัวแปรตาม _____

ตัวแปรควบคุม _____

ตารางบันทึกผลการทดสอบ :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากผลการทดสอบ พบว่า

_____

_____

_____

6.2) ให้นักเรียนตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองกลุ่มนักเรียน พร้อมบันทึกข้อมูลจากการทดสอบลงในตาราง และตอบคำถามต่อไปนี้

1. การตรวจสอบประสิทธิภาพ เรื่อง ความชัน

ความชัน หมายถึงอะไร

_____

_____

จงแสดงวิธีการหาความชันของพื้นเอียงที่นักเรียนใช้ในแบบจำลอง

_____

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าความชันของพื้นเอียงในแบบจำลองของนักเรียน มีค่าเท่ากับ _____

2. การตรวจสอบประสิทธิภาพ เรื่อง การหาร้อยละของประสิทธิภาพ

ตารางแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพในการคัดแยกผลส้มจำลอง 5 ขนาด รวม 20 ลูก

การทดสอบครั้งที่	จำนวนผลส้มจำลองที่ตกลงไปในภาชนะที่รองรับแต่ละขนาด (ลูก)			
	ขนาด A	ขนาด B	ขนาด C	ขนาด D
1				
2				
3				
เฉลี่ย				

จากการทดสอบ มีผลส้มจำลองทั้งหมดกี่ลูก _____

วิธีการหาร้อยละประสิทธิภาพ และร้อยละของความผิดพลาด มีวิธีการอย่างไร

_____

_____

_____

_____

_____

จากการทดสอบ จงคำนวณหาร้อยละประสิทธิภาพ และร้อยละความผิดพลาดของการคัดแยกขนาดในแบบจำลองกลุ่มนักเรียน

_____

_____

_____

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ร้อยละประสิทธิภาพในการคัดแยกขนาด มีค่าเท่ากับ _____

ร้อยละความผิดพลาดในการคัดแยกขนาด มีค่าเท่ากับ _____

3. การตรวจสอบประสิทธิภาพ เรื่อง การเร็วในการคัดแยก

ตารางแสดงผลการทดสอบความเร็วในการคัดแยกผลส้มจำลองจำนวน 20 ลูก

การทดสอบครั้งที่	ระยะเวลาตั้งแต่เทส้มจำนวน 20 ลูกจนถึงลูกสุดท้ายตกลงภาชนะ (วินาที)
1	
2	
3	
เฉลี่ย	

วิธีการหาอัตราเร็วในการแยก มีวิธีการอย่างไร

_____

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการทดสอบ จงคำนวณหาอัตราเร็วในการคัดแยกขนาดในแบบจำลองกลุ่มนักเรียน

_____

_____

_____

_____

อัตราเร็วในการคัดแยกขนาด มีค่าเท่ากับ _____

จากการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองของกลุ่มนักเรียน ผลการทดสอบเป็นอย่างไร

_____

_____

_____

_____

6.3) แบบจำลองของกลุ่มนักเรียนมีประสิทธิภาพเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น เพราะเหตุใด

_____

_____

_____

_____

6.4) ให้นักเรียนระบุข้อดี-ข้อจำกัดของแบบจำลองของกลุ่มนักเรียน

ข้อดี	ข้อจำกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7 ขั้นปรับปรุง

7.1) หากนักเรียนต้องการแก้ไข และพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดของกลุ่มนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นักเรียนควรทำอย่างไร

_____

_____

_____

_____

7.2) จากผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของกลุ่มนักเรียน ให้นักเรียนออกแบบแบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิมโดยการร่างแบบ

สรุปกิจกรรม

1) เครื่องคัดแยกขนาดของนักเรียนใช้หลักการใดในการคัดแยกขนาด

_____

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) ให้นักเรียนอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องคัดแยกขนาด

_____

_____

3) จากกิจกรรมนี้ นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

_____

_____

_____

ภาคผนวก ค
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การตรวจคุณภาพของเครื่องมือในการวิจัย นำเสนอคุณภาพของเครื่องมือ ได้ดังนี้

1. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
    1.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจสอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
    1.2 ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) ในการใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
    1.3 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
    1.4 การตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของสถานการณ์ที่ใช้ในแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
2. แบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
    2.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจสอบแบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
3. แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์
    3.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจสอบแบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์
    3.2 ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) ในการใช้แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์
4. แผนการจัดการเรียนรู้
    4.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ
ในการตรวจสอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน สามารถแสดงได้ ดังตาราง

ตารางที่ 34 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ข้อคำถาม	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความหมาย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3			
องค์ประกอบที่ 1 การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน						
ข้อ 1.1	+1	+1	0	2	0.66	สอดคล้อง
ข้อ 1.2	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
องค์ประกอบที่ 2 การสำรวจแนวคิด						
ข้อ 2.1	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา						
ข้อ 3.1	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 3.2	+1	+1	0	2	0.66	สอดคล้อง
องค์ประกอบที่ 4 การดำเนินการแก้ปัญหา						
ข้อ 4.1	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง

ทุกข้อคำถามในแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และเกณฑ์การประเมินแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) ในการใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จากผู้ประเมิน 4 ท่าน (รวมผู้วิจัย) ในสถานการณ์ที่ 1 สามารถแสดงได้ ดังตาราง

ตารางที่ 35 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการให้คะแนนแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของผู้ประเมินแต่ละคู่

ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 3	ผู้วิจัย
ผู้ประเมิน 1				
ผู้ประเมิน 2	.929* (p = .000)			
ผู้ประเมิน 3	.942* (p = .000)	.864* (p = .001)		
ผู้วิจัย	.931* (p = .000)	.970* (p = .000)	.903* (p = .000)	

* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผู้ประเมินแต่ละคู่มีค่าตั้งแต่ .864 - .970 แสดงว่า ผู้ประเมินแต่ละคู่มีความสัมพันธ์ในการให้คะแนนแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อยู่ในระดับสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ในสถานการณ์ที่ 1 และ 2 เมื่อนำไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เคยผ่านการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์มาแล้ว สามารถแสดงได้ ดังตาราง

ตารางที่ 36 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

สถานการณ์ที่	คำถามข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	1 (1.1 และ 1.2)	10	6.58	1.32	0.52	0.27
	2	10	5.75	1.70	0.39	0.26
	3 (3.1 และ 3.2)	10	7.54	1.67	0.59	0.46
	4	10	6.46	1.82	0.49	0.32
2	1 (1.1 และ 1.2)	10	6.71	1.78	0.53	0.25
	2	10	5.62	1.44	0.44	0.26
	3 (3.1 และ 3.2)	10	7.41	1.53	0.57	0.36
	4	10	6.38	1.61	0.56	0.35

ข้อสอบ 4 ข้อในแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.39 – 0.59 แสดงว่า ข้อสอบค่อนข้างยากและยากปานกลาง สามารถนำไปใช้ได้ และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.25 – 0.46 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.2 ขึ้นไป แสดงว่า ข้อสอบสามารถนำไปใช้ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของสถานการณ์ที่ใช้ในแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

แบบทดสอบอัตนัยถูกตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของสถานการณ์ทั้ง 2 สถานการณ์ว่ามีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่ โดยนำคะแนนของแบบทดสอบสถานการณ์ที่ 1 และแบบทดสอบสถานการณ์ที่ 2 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เคยผ่านการจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์มาแล้ว มาคำนวณค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 37 ค่าสถิติและสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ของข้อสอบข้อเดียวกันแต่ต่างสถานการณ์

ข้อที่	สถานการณ์ที่	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์	การแปลผล
ข้อที่ 1	1	6.58	1.32	.855	สัมพันธ์กัน ระดับสูง
	2	6.71	1.78		
ข้อที่ 2	1	5.75	1.70	.813	สัมพันธ์กัน ระดับสูง
	2	5.62	1.44		
ข้อที่ 3	1	7.54	1.67	.811	สัมพันธ์กัน ระดับสูง
	2	7.41	1.53		
ข้อที่ 4	1	6.46	1.82	.830	สัมพันธ์กัน ระดับสูง
	2	6.38	1.61		

จากการวิเคราะห์ พบว่า ข้อคำถามทุกข้อของทั้ง 2 สถานการณ์มีความสอดคล้องกันในระดับสูง และมีค่าสถิติต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการทดสอบสถิติ t-test for dependent sample ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์สถิติ t ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ทั้ง 2 สถานการณ์

	สถานการณ์ที่ 1	**สถานการณ์ที่ 2**
ค่าเฉลี่ย	26.33	26.12
ความแปรปรวน	27.62	23.33

	Paired Differences					t	df	*p*
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1	.20833	2.10546	.42978	-.68073	1.09739	.485	23	.632

จากตาราง พบว่า คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t (23) = .485, p = .632)

จากการวิเคราะห์ความเท่ากันของความแปรปรวนโดยใช้ Levene Statistic พบว่า ความแปรปรวนของแบบสอบสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (F (1, 46) = 0.082 , p = .776)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

และจากการทดสอบความเท่ากันของค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในวิธีสัมประสิทธิแอลฟาครอนบาคของแบบทดสอบทั้ง 2 สถานการณ์ โดยใช้ Fisher-Bonett test พบว่า แบบทดสอบทั้ง 2 สถานการณ์ มีความเที่ยงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Z = 0.62, p = .27)

เพราะฉะนั้นแบบสอบทั้ง 2 สถานการณ์นี้มีความเป็นคู่ขนานกัน เนื่องจากคะแนนเฉลี่ย ความแปรปรวน และความเที่ยงมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจสอบแบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ทั้งแบบสอบถามปลายปิดจำนวน 16 ข้อ และแบบสอบถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ สามารถแสดงได้ ดังตาราง

ตารางที่ 39 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

ข้อคำถาม	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความหมาย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3			
แบบสอบถามปลายปิด						
องค์ประกอบที่ 1 การอธิบายปัญหาให้ชัดเจน						
ข้อ 1	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 2	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 3	+1	+1	0	2	0.66	สอดคล้อง
ข้อ 4	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
องค์ประกอบที่ 2 การสำรวจแนวคิด						
ข้อ 5	+1	+1	0	2	0.66	สอดคล้อง
ข้อ 6	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 7	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 8	+1	+1	0	2	0.66	สอดคล้อง
องค์ประกอบที่ 3 การพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา						
ข้อ 9	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 10	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 11	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 12	+1	+1	0	2	0.66	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อคำถาม	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	ความหมาย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3			
องค์ประกอบที่ 4 การดำเนินการแก้ปัญหา						
ข้อ 13	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 14	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 15	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 16	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
แบบสอบถามปลายเปิด						
ข้อ 1	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 2	+1	0	+1	2	0.66	สอดคล้อง
ข้อ 3	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
ข้อ 4	+1	0	+1	2	0.66	สอดคล้อง

ทุกข้อคำถามในแบบสอบถามความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ
ในการตรวจสอบแบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน สามารถแสดงได้ ดังตาราง

ตารางที่ 40 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

ข้อที่	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IOC	ความหมาย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5			
มิติที่ 1 มิติด้านความแปลกใหม่								
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
2	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
3	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
4	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
6	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
7	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
9	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
11	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
มิติที่ 2 มิติด้านการแก้ปัญหา								
12	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	สอดคล้อง
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
14	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	ระดับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	IOC	ความหมาย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5			
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
18	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
21	0	+1	+1	0	+1	3	0.6	สอดคล้อง
22	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
23	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	สอดคล้อง
24	0	+1	+1	0	+1	3	0.6	สอดคล้อง
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
27	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
มิติที่ 3 มิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์								
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
31	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
32	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
33	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
34	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	สอดคล้อง
35	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
36	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
37	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
38	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
39	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
40	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) ในการใช้แบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์

ความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบประเมินคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์จากผู้ประเมิน 4 ท่าน (รวมผู้วิจัย) ในสถานการณ์ที่ 1 สามารถแสดงได้ ดังตาราง

ตารางที่ 41 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ในการให้คะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ มิติที่ 1 มิติด้านความแปลกใหม่ของผู้ประเมินแต่ละคู่

ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 3	ผู้วิจัย
ผู้ประเมิน 1				
ผู้ประเมิน 2	.863 (p = .060)			
ผู้ประเมิน 3	.829 (p = .083)	.848 (p = .070)		
ผู้วิจัย	.695 (p = .193)	.814 (p = .094)	.953* (p = .012)	

* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผู้ประเมินแต่ละคู่มีค่าตั้งแต่ .695 - .953 แสดงว่าผู้ประเมินแต่ละคู่มีความสัมพันธ์ในการให้คะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ มิติที่ 1 มิติด้านความแปลกใหม่อยู่ในระดับสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 42 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ในการให้คะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ มิติที่ 2 มิติด้านการแก้ปัญหาของผู้ประเมินแต่ละคู่

ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 3	ผู้วิจัย
ผู้ประเมิน 1				
ผู้ประเมิน 2	.889* (p = .044)			
ผู้ประเมิน 3	.822 (p = .088)	. 882* (p = .048)		
ผู้วิจัย	.878 (p = .050)	.938* (p = .018)	.956* (p = .011)	

* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผู้ประเมินแต่ละคู่มีค่าตั้งแต่ .822 - .956 แสดงว่าผู้ประเมินแต่ละคู่มีความสัมพันธ์ในการให้คะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ มิติที่ 2 มิติด้านการแก้ปัญหาอยู่ในระดับสูง

ตารางที่ 43 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ในการให้คะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ มิติที่ 3 มิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์ผู้ประเมินแต่ละคู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 3	ผู้วิจัย
ผู้ประเมิน 1				
ผู้ประเมิน 2	.874 (p = .053)			
ผู้ประเมิน 3	.470 (p = .425)	.819 (p = .090)		
ผู้วิจัย	.771 (p = .127)	.902* (p = .036)	.832* (p = .080)	

* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผู้ประเมินแต่ละคู่มีค่าตั้งแต่ .470 - .902 แสดงว่าผู้ประเมินแต่ละคู่มีความสัมพันธ์ในการให้คะแนนคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ มิติที่ 3 มิติด้านความประณีตและการสังเคราะห์อยู่ในระดับปานกลาง และสูง

ตารางที่ 44 ค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ในการให้คะแนนรวมของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์ผู้ประเมินแต่ละคู่

ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 3	ผู้วิจัย
ผู้ประเมิน 1				
ผู้ประเมิน 2	.923* (p = .026)			
ผู้ประเมิน 3	.768 (p = .130)	.943* (p = .016)		
ผู้วิจัย	.816 (p = .092)	.973* (p = .005)	.990* (p = .001)	

* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผู้ประเมินแต่ละคู่มีค่าตั้งแต่ .768 - .990 แสดงว่าผู้ประเมินแต่ละคู่มีความสัมพันธ์ในการให้คะแนนรวมของคุณภาพผลงานเชิงสร้างสรรค์อยู่ในระดับสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ
ในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์
โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน สามารถแสดงได้ ดังตาราง

ตารางที่ 45 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

รายการประเมิน	ค่า IOC ของแผนการจัดการเรียนรู้			
	แผน 1	แผน 2	แผน 3	แผน 4
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้				
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00
2. วัตถุประสงค์การเรียนรู้				
2.1 วัตถุประสงค์การเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้องเหมาะสม	1.00	1.00	0.66	0.66
2.2 วัตถุประสงค์สนับสนุนให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	1.00	1.00	1.00	1.00
2.3 วัตถุประสงค์สนับสนุนให้นักเรียนผลิตผลงานเชิงสร้างสรรค์	1.00	1.00	X	1.00
3. เนื้อหาสาระ				
3.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00
3.2 เนื้อหาสาระครบถ้วนและถูกต้องเหมาะสม	0.66	0.66	0.66	0.66
4. กิจกรรมการเรียนการสอน				
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00
4.2 สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ	0.66	0.66	0.66	0.66
4.3 กิจกรรมการเรียนการสอนครบถ้วนและถูกต้องเหมาะสม ตาม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	1.00	1.00	1.00	1.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการประเมิน	ค่า IOC ของแผนการจัดการเรียนรู้			
	แผน 1	แผน 2	แผน 3	แผน 4
4.4 กิจกรรมการเรียนการสอนสนับสนุนให้นักเรียนเกิด ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์				
4.4.1 ครูสนับสนุนให้นักเรียนค้นหาสภาพปัญหา รวบรวมข้อมูล และระบุปัญหาสำคัญ	1.00	1.00	1.00	1.00
4.4.2 ครูสนับสนุนให้นักเรียนค้นหาแนวคิด วิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ และหลากหลาย	1.00	1.00	1.00	X
4.4.3 ครูสนับสนุนให้นักเรียนตัดสินใจเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์พิจารณา	1.00	1.00	1.00	X
4.4.4 ครูสนับสนุนให้นักเรียนวางแผนดำเนินงานและนำไปใช้ในสถานการณ์จริง	1.00	1.00	1.00	X
4.5 กิจกรรมการเรียนการสอนสนับสนุนให้นักเรียนผลิต ผลงานเชิงสร้างสรรค์	1.00	1.00	X	1.00
5. สื่อการเรียนรู้				
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1.00	1.00	1.00	1.00
6. การวัดและประเมินการเรียนรู้				
6.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	1.00	1.00	1.00	1.00
6.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1.00	1.00	1.00	1.00
6.3 การวัดและประเมินการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้องเหมาะสม	0.66	0.66	0.66	1.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ : เครื่องหมาย X หมายถึง ไม่มีการประเมิน IOC ในรายการดังกล่าวของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่จัดต่อเนื่องกัน โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนจะได้เรียนถึงขั้นตอนการออกแบบ ยังไม่ปรากฏผลงานเชิงสร้างสรรค์ ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เป็นขั้นตอนการสร้างผลงานจนถึงนำเสนอ ภายในแผนจึงไม่มีการสนับสนุนให้นักเรียนคิดหรือออกแบบหาวิธีการแก้ปัญหา

แผนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องระหว่างรายละเอียดกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด ทั้งนี้ ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ต้องมีการปรับแก้เนื้อหาสาระให้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างคำตอบและผลงานของนักเรียน

ตัวอย่างคำตอบและผลงานของนักเรียน แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

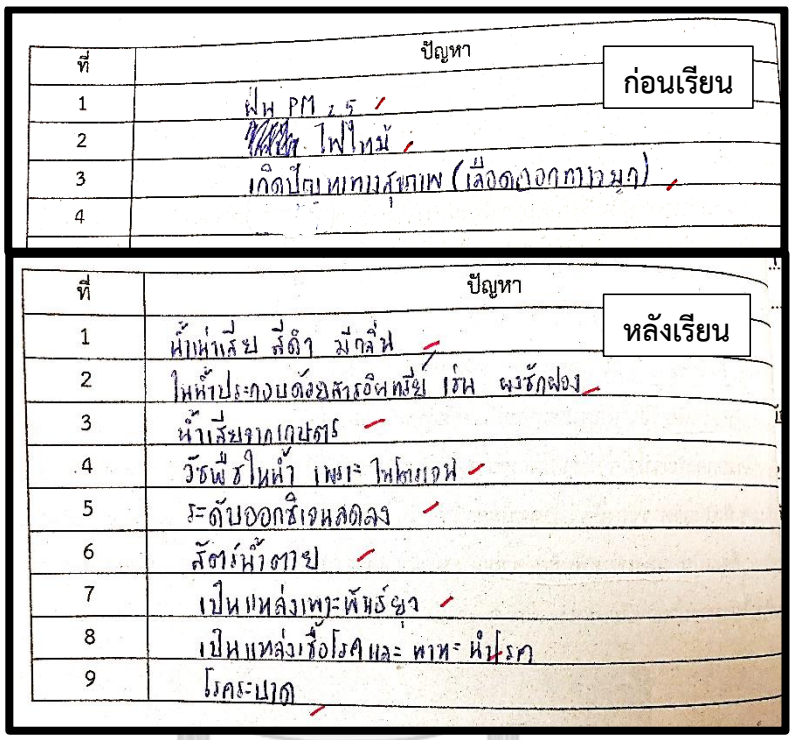
1. ตัวอย่างคำตอบจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

2. ตัวอย่างผลงานจากกิจกรรมการเรียนการสอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างคำตอบจาก

แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์



ก่อนเรียน

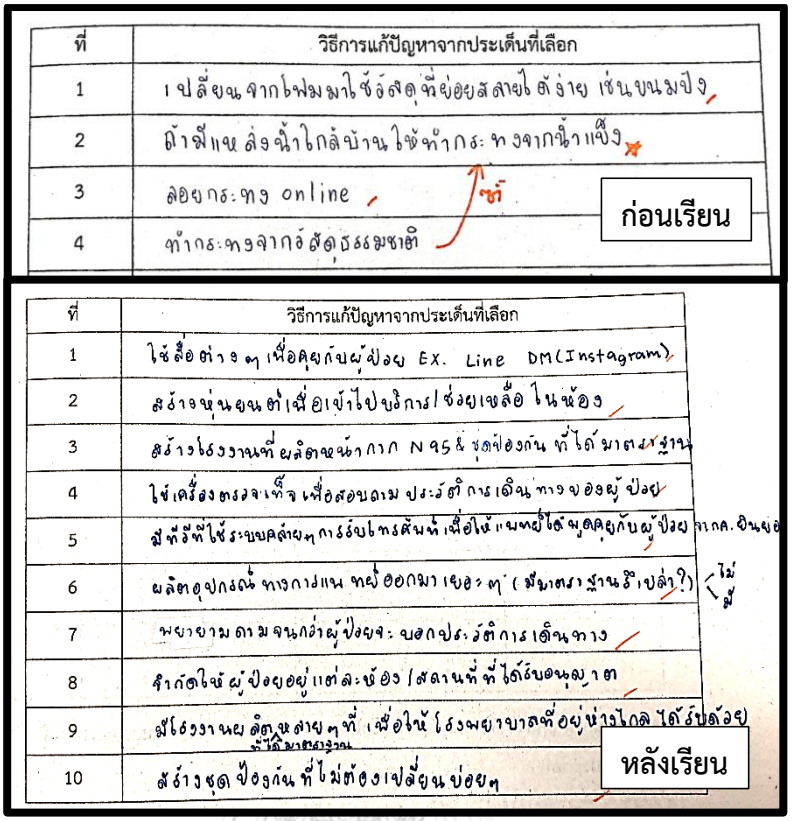
ที่	ปัญหา
1	ฝุ่น PM 2.5
2	ไฟไหม้
3	เกิดปัญหาทางสุขภาพ (เลือดออกทางจมูก)
4	

หลังเรียน

ที่	ปัญหา
1	น้ำเน่าเสีย สีดำ มีกลิ่น
2	ใบหน้าประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น ผงชักฟอง
3	น้ำเสียจากเกษตร
4	วัชพืชในน้ำ เพราะไฟโตเอท
5	ระดับออกซิเจนลดลง
6	สัตว์น้ำตาย
7	เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง
8	เป็นแหล่งเชื้อโรค และ พาหะนำโรค
9	โรคระบาด

ภาพที่ 24 ตัวอย่างคำตอบการอธิบายปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนหมายเลข 11

CHULALONGKORN UNIVERSITY



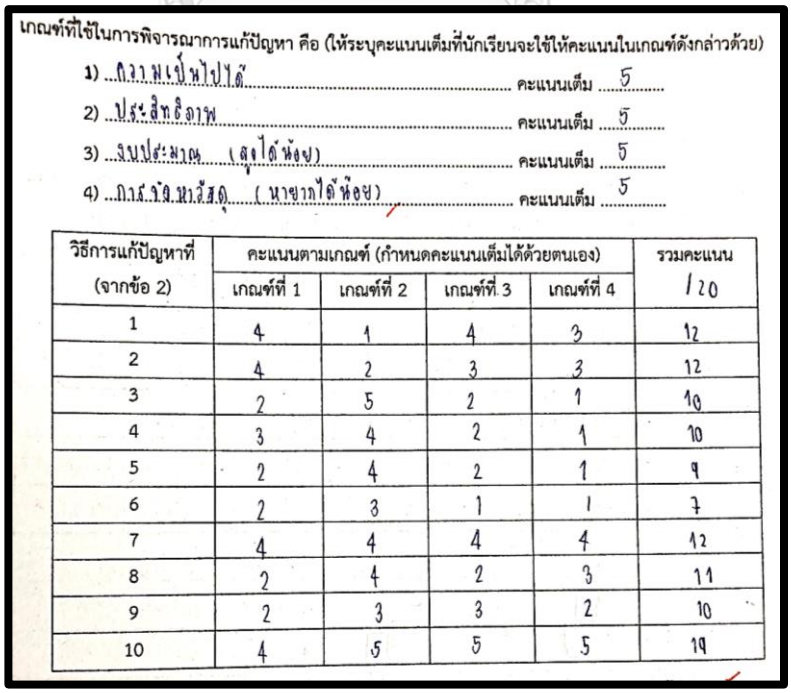
ที่	วิธีการแก้ปัญหาจากประเด็นที่เลือก
1	เปลี่ยนจากโฟมมาใช้วัสดุที่ย่อยสลายได้ง่าย เช่น ขนมปัง
2	ถ้าฝนล่องน้ำใกล้บ้านใช้ทำกระทงจากน้ำแข็ง
3	ลอยกระทง online
4	ทำกระทงจากวัสดุธรรมชาติ

ก่อนเรียน

ที่	วิธีการแก้ปัญหาจากประเด็นที่เลือก
1	ใช้สื่อต่างๆ เพื่อคุยกับผู้ป่วย EX. Line DM(Instagram)
2	สร้างหุ่นยนต์เพื่อเข้าไปบริการ/ช่วยเหลือในห้อง
3	สร้างโรงงานที่ผลิตหน้ากาก N95 & ชุดป้องกันที่ได้มาตรฐาน
4	ใช้เครื่องตรวจเช็คเพื่อสอบถามประวัติการเดินทางของผู้ป่วย
5	มีที่ที่ใช้ระบบคลื่นๆ การส่งโทรศัพท์เพื่อให้แพทย์ได้พูดคุยกับผู้ป่วย
6	ผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์ออกมาเยอะๆ (มีมาตรฐานรึเปล่า?)
7	พยายามถามจนกว่าผู้ป่วยจะบอกประวัติการเดินทาง
8	จำกัดให้ผู้ป่วยอยู่แต่ละห้อง/สถานที่ที่ได้รับอนุญาต
9	มีโรงงานผลิตหลายๆที่ เพื่อให้โรงพยาบาลที่อยู่ห่างไกลได้รับด้วย
10	สร้างชุดป้องกันที่ไม่ต้องเปลี่ยนบ่อยๆ

หลังเรียน

ภาพที่ 25 ตัวอย่างคำตอบการสำรวจแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนหมายเลข 38



เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาการแก้ปัญหา คือ (ให้ระบุคะแนนเต็มที่นักเรียนจะใช้ให้คะแนนในเกณฑ์ดังกล่าวด้วย)

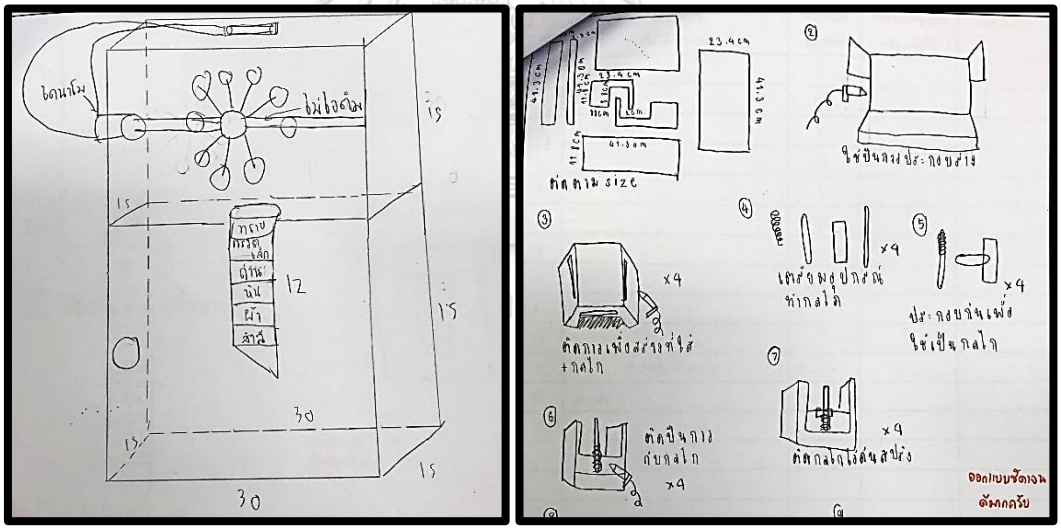
1) ความเป็นไปได้ ..... คะแนนเต็ม 5
2) ประสิทธิภาพ ..... คะแนนเต็ม 5
3) งบประมาณ (ลงได้น้อย) ..... คะแนนเต็ม 5
4) การจัดหาวัสดุ (หาง่ายได้น้อย) ..... คะแนนเต็ม 5

วิธีการแก้ปัญหาที่ (จากข้อ 2)	คะแนนตามเกณฑ์ (กำหนดคะแนนเต็มได้ด้วยตนเอง)				รวมคะแนน
	เกณฑ์ที่ 1	เกณฑ์ที่ 2	เกณฑ์ที่ 3	เกณฑ์ที่ 4	/20
1	4	1	4	3	12
2	4	2	3	3	12
3	2	5	2	1	10
4	3	4	2	1	10
5	2	4	2	1	9
6	2	3	1	1	7
7	4	4	4	4	12
8	2	4	2	3	11
9	2	3	3	2	10
10	4	5	5	5	19

ภาพที่ 26 ตัวอย่างคำตอบการพัฒนาวิธีแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนหมายเลข 33

ขั้นตอนการแก้ปัญหาขั้นที่	รายละเอียดขั้นตอน	ผลที่จะเกิดขึ้น
1	คิดว่าปัญหาน้ำเสียเกิดจากอะไร แล้วสามารถแก้ปัญหาได้อย่างไร	ได้ทราบสาเหตุและนำไปแก้ปัญหานั้นๆ
2	ค้นหาข้อมูลวิธีการแก้ปัญหาน้ำเสียว่าจะทำอย่างไรแล้วมาประยุกต์ใช้งาน	จะได้รู้และทราบวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว
3	เริ่มใช้งานการแก้ปัญหาโดยนำหุ่นยนต์และเครื่องกรองไปใช้	สามารถทำให้คุณภาพน้ำดียิ่งขึ้น
4	ดูผลการทดลองหุ่นยนต์และเครื่องกรองว่าได้ผลดีแค่ไหน	จะได้เอาหุ่นยนต์และเครื่องกรองมาประยุกต์ให้มีประสิทธิภาพดีมากยิ่งขึ้น
5	ปรับปรุงและนำมาใช้งานรอบที่สองหลังปรับปรุงให้ดีขึ้น	ได้ทำให้แก้ปัญหาน้ำเสียได้ดีมากยิ่งขึ้น
6	สรุปผลและนำเครื่องที่ดีมาใช้งานจริงเพื่อเพิ่มคุณภาพน้ำ	จะได้คุณภาพน้ำสะอาดและไม่เป็นพิษต่อสิ่งต่างๆ

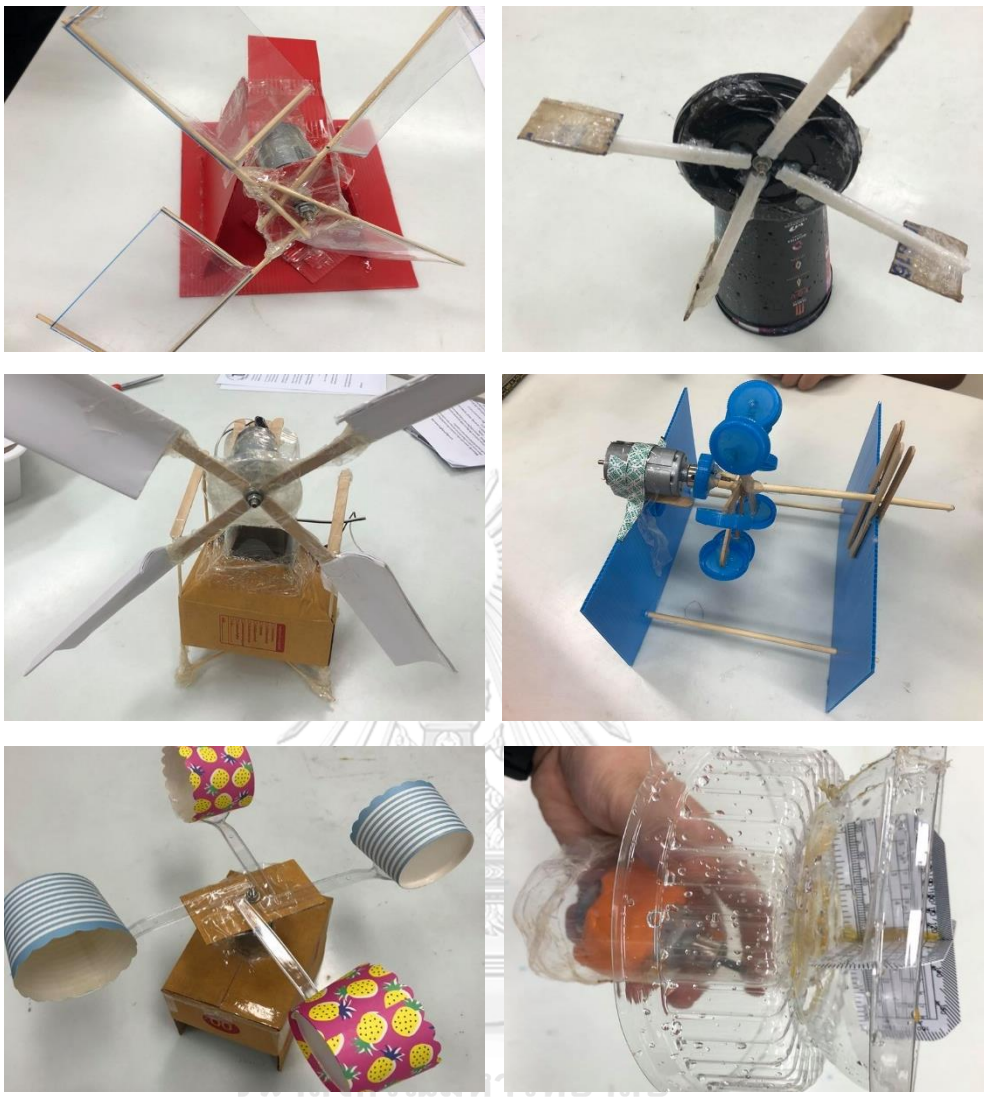
ภาพที่ 27 ตัวอย่างคำตอบการดำเนินการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนหมายเลข 10



ภาพที่ 28 ตัวอย่างการวางแผนร่างภาพก่อนทำการประดิษฐ์ชิ้นงานตามความสนใจของนักเรียน

ตัวอย่างผลงานจากกิจกรรมการเรียนการสอน

ภาพที่ 29 ตัวอย่างผลงานจากกิจกรรมการเรียนการสอน
ตามแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 อุปกรณ์คัดแยกขนาด



CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 30 ตัวอย่างผลงานจากกิจกรรมการเรียนการสอน
ตามแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2 กังหันผลิตไฟฟ้า (ซ้าย - กังหันลม, ขวา - กังหันน้ำ)

ตารางที่ 46 รายชื่อโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 3 และ 4 โครงงานตามความสนใจ

หมายเลขผลงาน	ชื่อผลงาน
1	อุปกรณ์กดเจลล้างมืออัตโนมัติ
2	อุปกรณ์กดน้ำดื่มอัตโนมัติ
3	อุปกรณ์แยกเหรียญ
4	อุปกรณ์รองบ่าสำหรับสะพายกระเป๋า
5	อุปกรณ์แยกผลมะนาว
6	แบบจำลองราวตากผ้าอัตโนมัติ
7	ตู้สำหรับดื่มน้ำ
8	อุปกรณ์ขยายเสียงพร้อมแสงไฟ
9	อุปกรณ์แยกขนาดเม็ดอม
10	อุปกรณ์ทำความสะอาดพื้นอัตโนมัติ
11	กล่องติดตั้งกลไกการใส่รหัส
12	อุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าพร้อมกรองน้ำจากน้ำฝน
13	อุปกรณ์ขยายภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	จักรกฤต ภุชงค์ประเวศ
วัน เดือน ปี เกิด	22 เมษายน 2536
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชามัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป-เคมี (เกียรตินิยมอันดับ 1) คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รางวัลที่ได้รับ	1. นิสิตปฏิบัติการสอนดีเด่น ปีการศึกษา 2558 จากคณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2. ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต ระดับบัณฑิตศึกษา ภาคการศึกษาปลาย (2/2562) เพื่อสนับสนุนการทำวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University