



ผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับ
เทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

EFFECTS OF STEM EDUCATION THROUGH ENGINEERING DESIGN PROCESS WITH
SCAMPER TECHNIQUE ON CREATIVE PROBLEM-SOLVING ABILITY FOR
EIGHTH GRADE STUDENTS

ปรานวดี ชุ่มญาติ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

ผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับ
เทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

EFFECTS OF STEM EDUCATION THROUGH ENGINEERING DESIGN PROCESS WITH
SCAMPER TECHNIQUE ON CREATIVE PROBLEM-SOLVING ABILITY FOR
EIGHTH GRADE STUDENTS



PRANWADEE AUNYART

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Science Education)

Science Education Center, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ของ

ปรานวดี อุ่นญาติ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์จักรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกภูมิ จันทระนันต์)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤษทรัพย์)

ชื่อเรื่อง	ผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
ผู้วิจัย	ปรานวดี อุ่นญาติ
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อีรพงษ์ แสงประดิษฐ์

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษา (1) ผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (2) ความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ และกลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ (2) แบบวัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีผลต่อการจัดการเรียนรู้ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที่กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test for dependent sample) และค่าที่ที่กลุ่มตัวอย่างมีความเป็นอิสระจากกัน (t-test for independent samples) ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ พบว่า ก่อนเรียนกลุ่มที่ 1 และ 2 มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันในภาพรวมและรายองค์ประกอบ หลังเรียนในภาพรวมกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกัน ในรายองค์ประกอบ องค์ประกอบที่ 1 ไม่แตกต่างกัน ส่วนองค์ประกอบที่ 2 และ 3 แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์โดยภาพรวมและรายองค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ทั้งสองกลุ่มมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : ความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์, การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Title	EFFECTS OF STEM EDUCATION THROUGH ENGINEERING DESIGN PROCESS WITH SCAMPER TECHNIQUE ON CREATIVE PROBLEM- SOLVING ABILITY FOR EIGHTH GRADE STUDENTS
Author	PRANWADEE AUNYART
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Theerapong Sangpradit

The purposes of this research were as follows: (1) to study the effectiveness of STEM education through the engineering design process with the scamper technique and the STEM education through the engineering design process on creative problem-solving ability for eighth grade students; (2) to study the satisfaction of students STEM education through the engineering design process with the scamper technique and STEM education through the engineering design process. The quasi-experimental research was used in this research. The samples were divided into two groups. Experimental group one used STEM education through the engineering design process with the scamper technique and group two used STEM education through the engineering design process. The research instruments were comprised of creative problem-solving ability test; and (2) student satisfaction toward teaching and learning questionnaire. The statistics used for data analysis included mean, percentage, standard deviation, t-test for dependent sample and t-test for independent samples. The results showed as the following: (1) the students studied with STEM education through engineering design process with the scamper technique and STEM education through the engineering design process with a statistical significance of .05 level; both experiment groups had the pre-test mean scores of the creative problem-solving ability in overall and each component had not different ,post-test mean scores of the creative problem-solving ability in overall, finding solutions and problem solving planning abilities mean score had different ,and understanding the problem had not different. ; (2) both experiment groups had the post-test mean scores of the creative problem-solving ability in overall and each component higher than pre-test mean scores with a statistical significance of .05 level; and (3) student satisfaction towards learning after implementation was at a high level in both groups.

Keyword : Creative Problem-Solving, STEM Education, Engineering design process

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาต่าง ๆ ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกภูมิ จันทระขันตี อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พงษ์ประมุข สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้กรุณารับเป็นกรรมการสอบปากเปล่า พร้อมทั้งได้ให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโภค อาจารย์ ดร.ณวรา สีทีและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พงษ์ประมุข ที่ได้กรุณารับเป็นกรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ พร้อมทั้งได้ให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่ทำให้เค้าโครงปริญญานิพนธ์ มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาประเมินเครื่องมือวิจัยต่าง ๆ และให้ข้อเสนอแนะในการปรับแก้เครื่องมือวิจัยให้มีคุณภาพมากขึ้น

ขอขอบคุณคณะอาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการจัดงานวิจัยฉบับนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัว ที่เป็นกำลังใจสำคัญอย่างยิ่งและให้การสนับสนุนจนกระทั่งผู้วิจัยสำเร็จการศึกษา

ปรานวดี อุ่นญาติ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
ภูมิหลัง	1
คำถามของการวิจัย.....	6
ความมุ่งหมายของการวิจัย	7
ความสำคัญของการวิจัย	7
ขอบเขตของการวิจัย	8
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
กรอบแนวคิดในการวิจัย	12
สมมติฐานในการวิจัย.....	13
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	15
1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	15
1.2 ลักษณะของสะเต็มศึกษา	16
1.3 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	18
1.4 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	19
2. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	26

2.1 ความหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	26
2.2 ความสำคัญของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	27
2.3 องค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	27
2.4 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	34
2.5 เทคนิคพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	42
3. การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับ เทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์.....	46
4. หน่วยการเรียนรู้.....	47
4.1 ความหมายของหน่วยการเรียนรู้.....	47
4.2 องค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้.....	48
4.3 ขั้นตอนการสร้างหน่วยการเรียนรู้.....	49
5. ความพึงพอใจ.....	50
5.1 ความหมายของความพึงพอใจ.....	50
5.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ.....	51
5.3 การวัดและประเมินความพึงพอใจ.....	52
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	54
1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	54
2. แบบแผนการวิจัย.....	55
3. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน.....	56
4. การสร้างหน่วยการเรียนรู้.....	57
5. การพัฒนาเครื่องมือ.....	60
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	70
7. การกระทำข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล.....	71

8. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	71
9. จริยธรรมวิจัย.....	74
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	75
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	75
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	75
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	88
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	88
สมมติฐานการวิจัย.....	88
สรุปผลการวิจัย.....	89
อภิปรายผลการวิจัย	91
ข้อเสนอแนะ.....	96
บรรณานุกรม	98
ภาคผนวก.....	108
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ	109
ภาคผนวก ข การขอใบรับรองจริยธรรมในมนุษย์	111
ภาคผนวก ค ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	114
ภาคผนวก ง ตัวอย่างเครื่องมือในการวิจัย	135
ประวัติผู้เขียน.....	180

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้.....	24
ตาราง 2 แสดงองค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์.....	33
ตาราง 3 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดตามรูปแบบของดาร์วิน ชัยพิลา	39
ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์การพิจารณาคะแนนของแบบวัดตามรูปแบบของ ยุพาพันธ์ มินวงษ์	40
ตาราง 5 แสดงรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	47
ตาราง 6 โครงสร้างการบูรณาการหน่วยการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	58
ตาราง 7 หัวข้อการจัดการเรียนรู้และเวลาที่ใช้	61
ตาราง 8 เกณฑ์การพิจารณาคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	65
ตาราง 9 เปรียบเทียบภาพรวมของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ก่อนเรียน.....	77
ตาราง 10 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนใน รายองค์ประกอบ	77
ตาราง 11 เปรียบเทียบภาพรวมของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หลังเรียน	78
ตาราง 12 ตารางเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียน ในรายองค์ประกอบ	79
ตาราง 13 เปรียบเทียบภาพรวมของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนและ หลังเรียน	80
ตาราง 14 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนใน รายองค์ประกอบของกลุ่มทดลองที่ 1	81
ตาราง 15 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนใน รายองค์ประกอบของกลุ่มทดลองที่ 2.....	82

ตาราง 16 ความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ 1 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตาม แนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์.....	83
ตาราง 17 ความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตาม แนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	86
ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	115
ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	116
ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2.....	117
ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	118
ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3.....	119
ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	120
ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4.....	121
ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	122
ตาราง 26 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 1.....	123
ตาราง 27 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 2.....	124
ตาราง 28 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 3.....	125
ตาราง 29 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 4.....	126
ตาราง 30 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 5.....	127
ตาราง 31 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 6.....	128
ตาราง 32 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ ตอนที่ 1	129

ตาราง 33 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ ตอนที่ 2	129
ตาราง 34 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถามความพึงพอใจ	132



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดวิจัย	12
ภาพประกอบ 2 แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองแบบศึกษา 2 กลุ่มวัดสองครั้ง (Two group Pretest-Posttest Design)	55
ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดการบูรณาการองค์ความรู้.....	60



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การเปลี่ยนแปลงด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การแข่งขันเพื่อผลประโยชน์ทางการค้าทำให้ทุกประเทศเร่งพัฒนาประชากรให้มีคุณภาพ กลไกสำคัญที่ช่วยพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้าและสามารถแข่งขันกับนานาประเทศได้ คือ เยาวชนคนรุ่นใหม่ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 2) การจัดการศึกษาจึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อเตรียมความพร้อมของนักเรียน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิต ความมั่นคงของประเทศ และความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจได้ นั่นก็คือการจัดการศึกษาที่บูรณาการแบบสะเต็มศึกษา (STEM) (พรทิพย์ ศิริวัทราชัย, 2555, น. 16) สอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ยุทธศาสตร์ที่ 2 เป็นยุทธศาสตร์ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้กำลังคนที่มีสมรรถนะตามที่ต้องการ โดยได้ส่งเสริมการเรียนรู้ที่บูรณาการองค์ความรู้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น.150)

จากแผนการศึกษาแห่งชาติที่ส่งเสริมให้มีการบูรณาการความรู้ระหว่างสาขาวิชาทั้ง 4 สาขา นักเรียนจะได้ประยุกต์ใช้ความรู้ และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา (จรัส อินทลาภพร, 2558, น. 70) เมื่อเทียบกับปัญหาที่พบในปัจจุบันที่มีความซับซ้อนของปัญหามากยิ่งขึ้น การแก้ปัญหาแบบเดิม ๆ อาจไม่ได้ผล ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ที่สามารถช่วยให้แก้ปัญหาเดิมด้วยวิธีการใหม่ ทำให้ได้สิ่งที่ดีกว่า ความคิดสร้างสรรค์จึงนับว่าเป็นสิ่งจำเป็น (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2556, น. 23-31) ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาจะนำไปสู่การแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์นั่นเอง ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาและฝึกฝนให้กับนักเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนที่สามารถหาทางออกของปัญหาได้หลากหลาย จากความคิดสร้างสรรค์ที่ค้นหาทางออกของปัญหา และการใช้จินตนาการ (Osborn, 1963, p. 23) เป็นกระบวนการคิดที่ประกอบด้วยความคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) ที่อาศัยความรู้เดิมเพื่อสร้างแนวคิดการแก้ปัญหาที่หลากหลาย แปลกใหม่จากแนวคิดเดิมเพื่อสามารถนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องและจะมีการพิจารณาวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้และที่ดีที่สุดเพียงวิธีเดียวที่สามารถแก้ปัญหานั้นได้ที่ดีที่สุดซึ่งจะเป็นการคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) (Isaksen, 1995, pp. 52-53) ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการเรียนรู้ที่จะฝึกฝนให้ผู้เรียนสามารถดำรงชีวิตอยู่ในโลกปัจจุบันที่มีปัญหาซับซ้อนได้

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่นำความรู้ของแต่ละสาขาวิชามาสวมผสานเป็นหนึ่งเดียวกัน (Sanders, 21012, p. 2) เพื่อให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของสาขาวิชาทั้ง 4 สาขา นำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ (Cameron & Craig, 2016, p. 1; Yildirim, & Turk, 2018, pp. 259; วรณพงษ์ เติร์ยมโพธิ์ และอาทร นกแก้ว, 2559, Online ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558b, น. 7) เป็นกิจกรรมที่เป็นการท้าทายความคิดของนักเรียน (วารินทร์พร พันเพ็ญฟู, 2560, น. 17) มีการตั้งคำถามและตั้งปัญหาที่ทำให้ นักเรียนสนใจ ทำให้เกิดการเรียนรู้ในการแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัดและเงื่อนไขที่กำหนด เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น (วิจารณ์ พานิช, 2555, น. 69) ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ อีกทั้งยังส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

แนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีหลากหลายแนวทาง เช่น โครงการเป็นฐาน (ดาร์วิน ชัยพิลา, 2559, น. 78) การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น (สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์, 2559, น. 5) และอีกรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจ คือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) (ดวงพร สมจันทร์ตา, 2559; น.4-5, ภัสสร ติดมา, 2558, น. 8; อาทิตย์ ฉิมกุล, 2560, 10-12) ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน เช่น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ตามแนวทางของสเชชเตอร์ (Schachter, 2012, p.44) เหมาะกับสถานการณ์ที่มีโจทย์ปัญหาระบุอย่างชัดเจนและลักษณะกิจกรรมที่มีความต่อเนื่อง และผลที่ได้เป็นลักษณะวิธีการไม่ใช่สิ่งประดิษฐ์หรือชิ้นงาน กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 8 ขั้นตอน ตามแนวทางของ Billiar, Hubelban, Oliva and Camesano (2014, pp. 3-7) เหมาะกับการจัดการเรียนรู้ที่มีระยะเวลาในการทำกิจกรรมนานและเก็บวัดผลในระยะยาว กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 7 ขั้นตอน ตามแนวทางของ Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education (2016, p. 100) เหมาะกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ส่วนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ตามแนวทางของ NRC และ สสวท. (National Research Council, 2012, pp. 204-209; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 23-25) เหมาะกับงานวิจัยที่มีลักษณะการแก้ปัญหาในรูปของสิ่งประดิษฐ์หรือชิ้นงาน โดยอาศัยองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยจึงสนใจจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของ NRC และ สสวท. เนื่องจากเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาผ่านการออกแบบ

วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปรับปรุงและแก้ไขชิ้นงาน ผลที่ได้จะได้วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นอกจากนี้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะส่งเสริมมีผลต่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์, 2561, น. 122-124) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของ NRC และ สสวท. ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (NRC, 2012, pp. 204-209; สสวท., 2560, น. 23-25)

การจัดการเรียนการสอนในประเทศไทยในปัจจุบันยังไม่ได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อย่างชัดเจน จากการประเมิน พบว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อยู่ในระดับต่ำ ทั้งในภาพรวมของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (อาภรณ์ เพลินพนา, 2561, น. 83) และในระดับองค์ประกอบย่อย คือ การระบุปัญหา การแสวงหาแนวทางการแก้ปัญหา การทบทวนและเตรียมการ การวางแผน การแก้ปัญหา และการตรวจสอบการปฏิบัติ (ยุพาพันธ์ มินวงษ์, 2558, น. 138; สมเสมอ ทักสิน, 2560, น. 108) นอกจากนี้อนุสรฯ พุ่มพิกุล (2562, น. 89-91) ได้เปรียบเทียบความสามารถในการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามมาตรฐานสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากการวิเคราะห์แบบประเมินความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหานักเรียน พบว่า ก่อนเรียน นักเรียนยังไม่สามารถระบุปัญหาได้ตรงประเด็น หรือสามารถระบุปัญหาได้แต่ไม่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการระบุปัญหาของนักเรียนเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ การระบุแนวทางการแก้ปัญหา พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนสามารถระบุแนวทางการแก้ปัญหาได้ไม่หลากหลาย และเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขของสถานการณ์ ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการหาแนวทางการแก้ปัญหานักเรียน ในส่วนของ การออกแบบ นักเรียนสามารถสร้างแนวคิดออกมาเป็นภาพวาดได้แต่ยังขาดรายละเอียดในแต่ละส่วนของชิ้นงาน และนักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาโดยที่ไม่คิดอย่างรอบคอบ (Atman et.al, 2007, pp. 359-379) สะท้อนถึงความสามารถในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหานักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและสัมภาษณ์ครูผู้สอนที่มีประสบการณ์สอนวิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 4 ท่าน ในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง พบว่า จากการที่ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหา นักเรียนระบุปัญหาได้แต่ไม่ครอบคลุมปัญหาทั้งหมดในสถานการณ์ และนอกจากนี้วิธีการแก้ปัญหานักเรียนได้นำเสนอเป็นวิธีการ

แก้ปัญหาในรูปแบบเดิม ๆ เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเคยพบเห็นมาก่อน ไม่หลากหลายหรือแปลกใหม่ และตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาโดยไม่ได้พิจารณาถึงการแก้ปัญหาได้จริง ส่งผลทำให้การแก้ปัญหาไม่มีประสิทธิภาพและไม่มีความคิดสร้างสรรค์ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่ระบุปัญหาตามความสนใจของนักเรียนจากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวัน (นัสรินทร์ บือซา, 2558, น. 65-66) ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจและวิเคราะห์ในปัญหา (Rosson, & Carroll, 2019, pp. 155-169) ซึ่ง Anwari et.al (2016, p. 124) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาได้ให้ความรู้และหลักการที่มีความสัมพันธ์กับชีวิตประจำวัน ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดผ่านกระบวนการออกแบบวิศวกรรม บนพื้นฐานของความรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้และประสบการณ์เป็นส่วนสำคัญในการหาทางแก้ปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hiong and Osman (2015, p. 142) ที่ศึกษาการบูรณาการชีววิทยาเข้ากับ STEM โดยมีการบูรณาการระหว่างสาขาวิชาทั้ง 4 สาขา คือ ชีววิทยา เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น การออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ไขปัญหาได้ ส่วนการใช้เทคโนโลยีทำให้นักเรียนได้ข้อมูลต่าง ๆ และคณิตศาสตร์ใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบและการนำความรู้มาบูรณาการร่วมกันจึงจะสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยความรู้ด้านต่าง ๆ มาใช้ในการหาแนวทางหรือวิธีแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์และทำให้นักเรียนมีแนวทางการแก้ปัญหาอื่น ๆ อีกต่อไป (ดาร์รัตน์ ชัยพิลา, 2559, น. 82-83; อาภรณ์ เพลินพนา, 2561, น. 88)

รูปแบบของสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์มีหลากหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education (ดาร์รัตน์ ชัยพิลา, 2559, น. 82-83) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มโดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ (อาภรณ์ เพลินพนา, 2561, น. 88) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมกลุ่มสืบสอบร่วมกับเครื่องมือเรียนรู้ร่วมกันด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์, 2561, น. 121) เมื่อพิจารณาขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะพบว่ามีความสอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหา เนื่องจากในขั้นตอนของ

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะคล้ายคลึงกับขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ในการจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ จะต้องมีการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาควบคู่ไปกับการคิดสร้างสรรค์ตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องมีเครื่องมือหรือเทคนิคที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ในขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 23) ในระหว่างการเรียนรู้นักเรียนต้องการแก้ปัญหาหรือออกแบบงาน ให้ได้ในรูปแบบใหม่ ต่างจากเดิม จะต้องใช้เทคนิคที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน อย่างเช่น เทคนิคการระดมสมอง เทคนิคการสังเคราะห์ส่วนประกอบ และเทคนิคสแคมเปอร์ (Flannagan & Sawyer, 2015, p. 39) เทคนิคสแคมเปอร์หรือเรียกว่า เทคนิคการสร้างแนวคิดใหม่ เป็นแนวคิดของ Eberle (1996) ซึ่งเป็นการระดมสมองรูปแบบหนึ่งที่เป็นวิธีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนคิดหาวิธีการที่หลากหลาย การเปลี่ยนแปลงแนวคิดหรือการคิดนอกกรอบ เพื่อทำให้เกิดความคิดยืดหยุ่น คล่องแคล่ว และเป็นการคิดแบบอเนกนัย (Divergent) สร้างแนวคิดหรือวิธีการที่หลากหลาย (Ozyapark, 2016, p. 32) เป็นเทคนิคที่ทำให้ได้มาซึ่งการปรับปรุงให้เกิดทักษะใหม่ ๆ (Motyl & Filippi, 2014, p. 249) และความสามารถในการสร้างแนวคิดใหม่ ๆ โดย SCAMPER มาจากตัวแรกของวิธีที่จะนำมากระตุ้นความคิดให้เกิดความแปลกใหม่ S เป็นตัวย่อของ Substitute (การแทนที่) C เป็นตัวย่อของ Combine (การผสมผสาน) A เป็นตัวย่อของ Adapt (การปรับเอาสิ่งอื่นมาใช้) M เป็นตัวย่อของ Magnify (การปรับเปลี่ยน/ดัดแปลง) P เป็นตัวย่อของ Put to another Uses (การประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่น) E เป็นตัวย่อของ Eliminate (การกำจัดหรือตัดออก) R เป็นตัวย่อของ Reverse (การเรียบเรียงใหม่หรือย้อนกลับ) (Flannagan & Sawyer, 2015, p. 38) จากงานวิจัยของของชัชฎา ทรรณลักษณ์ (2560, น. 111) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนแบบโครงงาน โดยใช้เทคนิคสแคมเปอร์ด้วยคลาวด์เซอร์วิส เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในทุกขั้นตอนของการดำเนินกิจกรรมการเรียนแบบโครงงานผู้สอนได้ให้คำถามตามเทคนิคสแคมเปอร์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ พบว่า เทคนิคสแคมเปอร์ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ทำให้นักเรียนได้พบปัญหาและคิดประเด็นคำถามเพื่อได้มาซึ่งคำตอบใหม่ ด้วยเหตุนี้ จะเกิดการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gundogan (2019, pp. 315-326) ได้ศึกษาการเพิ่มความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในเด็ก โดยการจัดการเรียนรู้ตามเทคนิคสแคมเปอร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคสแคมเปอร์พบมิตีย่อยของความคิดสร้างสรรค์ คือ ความคิดคล่อง ซึ่งสามารถพัฒนาจินตนาการที่สร้างสรรค์

ในนักเรียนหากใช้เทคนิคแคมเปอ์ ซึ่งก็เป็นไปในแนวทางเดียวกับ Radziszewski (2017, pp. 1-7) ที่ได้นำเทคนิคแคมเปอ์ในการสร้างแนวคิดและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งจากการสำรวจสแคมเปอ์ช่วยให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่แปลกใหม่ ส่งเสริมความคิดที่หลากหลาย และการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เป็นเครื่องมือที่ผู้สอนใช้ในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจในการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยการจัดการเรียนรู้สู่ระดับมัธยมศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ และการจัดการเรียนรู้สู่ระดับมัธยมศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง เนื่องจากเป็นเนื้อหาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และมีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้มาใช้ในการออกแบบ โดยเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่ผู้เรียนสนใจ นักเรียนนำความรู้จากทั้ง 4 สาขาวิชามาใช้ในการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของ NRC และ สสวท. (NRC., 2012, pp. 204-209; สสวท, 2560, น. 23-25) 6 ขั้นตอน และได้มีการนำเทคนิคแคมเปอ์มาใช้ในขั้นตอนที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เพื่อให้นักเรียนสามารถออกแบบชิ้นงานได้หลากหลาย แปลกใหม่ โดยการใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการคิดออกจากกรอบแนวคิดแบบเดิม

คำถามของการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สู่ระดับมัธยมศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ กับการจัดการเรียนรู้สู่ระดับมัธยมศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทั้งภาพรวมและรายองค์ประกอบแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้สู่ระดับมัธยมศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ และการจัดการเรียนรู้สู่ระดับมัธยมศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หรือไม่ อย่างไร
3. ความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สู่ระดับมัธยมศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ และการจัดการเรียนรู้สู่ระดับมัธยมศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นอย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ กับได้รับการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ กับได้รับการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ความสำคัญของการวิจัย

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสำคัญดังนี้

1. ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ ซึ่งเป็นเทคนิคการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการระดมความคิดใหม่ ๆ ให้หลากหลาย โดยออกจากกรอบแนวคิดเดิม ๆ ที่เคยมีมา ซึ่งเมื่อมีการเพิ่มเทคนิคการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เข้าไปในการจัดการเรียนรู้ฯ แล้วจะทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

2. เป็นแนวทางให้ครูผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์หรือวิชาอื่นต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานครที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 มี 14 ห้องเรียน จำนวน 584 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) โดยเจาะจงห้องเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ใกล้เคียงกัน 2 ห้องเรียน จำนวน 56 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 27 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ และกลุ่มทดลองที่ 2 จำนวน 29 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ หมายถึง ขั้นตอนการเรียนการสอนที่มีการบูรณาการองค์ความรู้ โดยเริ่มจากนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ให้นักเรียนนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหาและเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา ระบุปัญหาเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการ ระบุข้อดีและข้อจำกัดของปัญหาคืออะไรเพื่อนำไปสู่การหาแนวทางการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ และระดมความคิดภายในกลุ่ม หลังจากนั้นวิเคราะห์แล้วหาวิธีการแก้ปัญหา แล้วพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหา ทฤษฎีการ ข้อจำกัดและเงื่อนไขที่พบในสถานการณ์

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ นักเรียนนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาในขั้นตอนที่ 2 มาใช้ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการโดยใช้วิธีการร่างภาพและการระบุขั้นตอนการดำเนินการ รวมถึงระบุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างละเอียด ครูผู้สอนใช้ชุดคำถามจากเทคนิคสแคมเปอร์ ที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ โดยคำถามมาจากตัวอักษรตัวแรกของ SCAMPER คือ

S = Substitute (การแทนที่) คำถามเช่น มีวัสดุหรือวิธีการใดที่สามารถนำมาใช้แทนที่เพื่อพัฒนาชิ้นงานให้ดีขึ้น

C = Combine (การผสมผสาน) คำถามเช่น จะเกิดอะไรขึ้นหากผสมผสานวิธีการแก้ปัญหานี้กับวิธีการอื่น ๆ อีก

A = Adapt (การปรับเอาสิ่งอื่นมาใช้) คำถามเช่น มีวิธีการหรือวัสดุอื่น ๆ อีกหรือไม่ที่สามารถนำมาปรับใช้ได้

M = Magnify (การปรับเปลี่ยน/ดัดแปลง) คำถามเช่น จะสามารถดัดแปลงวิธีการแก้ปัญหาหรือวัสดุอุปกรณ์เป็นวิธีการอื่นอีกได้หรือไม่

P = Put to another Uses (การประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่น) คำถามเช่น วิธีการแก้ปัญหานี้เหมือนหรือต่างจากสิ่งอื่น ๆ หรือไม่ แล้วสามารถนำมาปรับใช้ได้หรือไม่

E = Eliminate (การกำจัดหรือตัดออก) คำถามเช่น สามารถปรับหรือลดความซับซ้อนของวิธีการแก้ปัญหาหรือวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เป็นแบบอื่นได้หรือไม่

R = Reverse (การเรียงเรียงใหม่หรือย้อนกลับ) คำถามเช่น หากมีการเปลี่ยนลำดับขั้นตอนจะเป็นอย่างไร

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการวางแผนลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน แล้วลงมือสร้างหรือหาวิธีการภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนตรวจสอบและประเมินชิ้นงานวิธีการที่สร้างขึ้นว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ ค้นพบข้อบกพร่องอย่างไร และควรปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือแบบจำลองอย่างไร แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนแต่ละกลุ่ม คิดวิธีการนำเสนอชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา นำเสนอชิ้นงานที่สร้างขึ้น ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับ ข้อเสนอแนะในชิ้นงานเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 การระบุปัญหา และเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ เนื่องจากอยู่ในช่วงของสถานการณ์โควิด-19 ทำให้ไม่สามารถดำเนินการจัดกิจกรรมได้ครบทุกขั้นตอน

2. การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง ขั้นตอนการเรียนการสอนที่ต้องอาศัยบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชาเพื่อใช้ในการ แก้ปัญหาในสถานการณ์ โดยนักเรียนวิเคราะห์ปัญหา รวบรวมข้อมูลและหาวิธีการแก้ปัญหานั้น เป็นไปได้ ซึ่งมี 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหาและเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาให้ เข้าใจ ระบุปัญหา ข้อจำกัดและเงื่อนไขที่พบเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาดังเหมาะสม

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนรวบรวมแนวคิด และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง แล้วจัดทำเป็นสารสนเทศในกลุ่มแล้วพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหานั้น คำนี้ถึงความเป็นไปได้และข้อจำกัดในสถานการณ์

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหานักเรียนนำข้อมูลที่ได้รวบรวมมาในขั้นตอนที่ 2 มาออกแบบวิธีการ หรือชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยการระบุขั้นตอนหรือการร่างภาพ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาเป็นลำดับ ขั้นตอน หลังจากนั้นลงมือสร้างชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหหรือชิ้นงาน นักเรียนทดสอบและประเมินชิ้นงานหรือวิธีการที่ดำเนินการสร้างว่าประสบความสำเร็จหรือไม่ หากไม่สามารถแก้ปัญหานำไปปรับปรุงชิ้นงานหรือวิธีการจนได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญห ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนนำเสนอ ชิ้นงานที่สร้างขึ้นมา แต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การพัฒนาในครั้งต่อไป

โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมตามแนวทาง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในขั้นที่ 1 การระบุปัญหาและเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญห

ร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ เนื่องจากอยู่ในช่วงของสถานการณ์โควิด-19 ทำให้ไม่สามารถดำเนินการจัดกิจกรรมได้ครบทุกขั้นตอน

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง พฤติกรรมของนักเรียนที่เกิดจากการแก้ไขปัญหา โดยอาศัยความคิดสร้างสรรค์ร่วมความคิดแบบมีวิจารณญาณในการทำ ความเข้าใจปัญหา หาวิธีการแก้ปัญหาให้ได้จำนวนมาก หลายประเภท แปลกใหม่ และพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อนักเรียนมีความสามารถในการประ ดึงต่อไปนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการระบุปัญหา ที่มีอยู่ในสถานการณ์ การค้นหาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา การตัดสินใจเลือกปัญหาที่ ต้องการแก้ไขได้ และแสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนการตัดสินใจเลือกได้อย่างเหมาะสม

2. การหาแนวทางการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถของนักเรียนที่สามารถหา วิธีการแก้ปัญหาได้มากมายในเวลาที่กำหนด หาคำตอบได้หลายประเภท หาแนวทางการ แก้ปัญหาได้แปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร และการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมพร้อม บอเหตุผลสนับสนุนการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา

3. การวางแผนการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการหาแนวทางปฏิบัติใน การแก้ปัญหาได้หลากหลายแนวทาง และการตัดสินใจเลือกแนวทางการปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม ที่สุดพร้อมแสดงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนได้อย่างสมเหตุสมผล

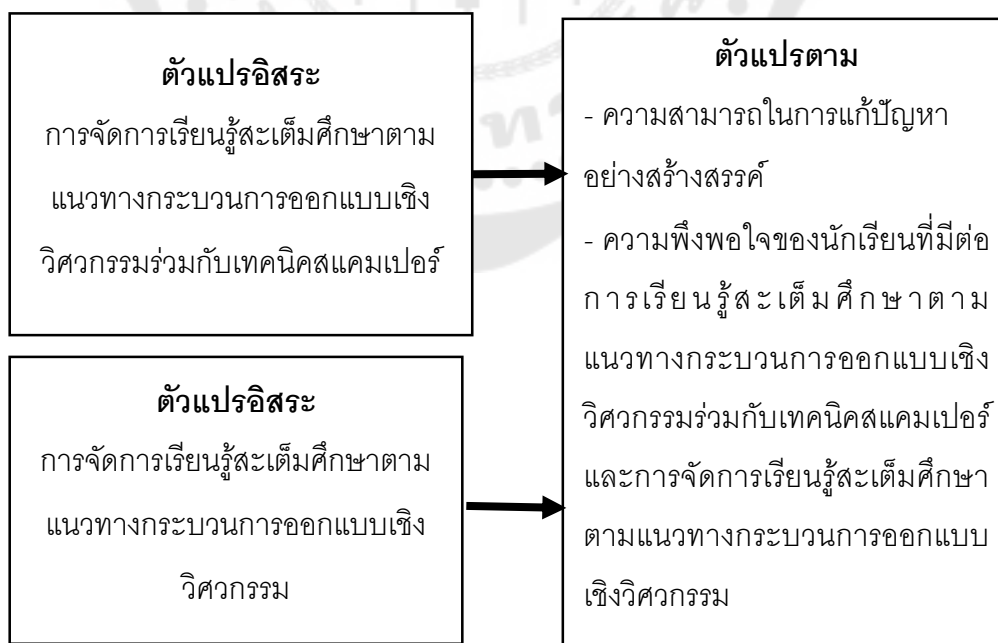
ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สามารถวัดได้จากแบบทดสอบแบบ อัตนัยที่เป็นคำถามปลายเปิด ประกอบด้วยสถานการณ์จำนวน 2 สถานการณ์ ในแต่ละ สถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ ที่ครอบคลุมถึงองค์ประกอบหลักของการแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์จำนวน 3 องค์ประกอบ คือ 1.การทำความเข้าใจปัญหา 2.การหาแนวทางการแก้ปัญหา 3.การวางแผนการแก้ปัญหา ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อตามแนวคิดของชาร์ลส์และ คณะ (1987) ในพัฒนาแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ตามแนวคิดของ ยูพาพันธ์ มินวงษ์ (2558, น. 29-32)

4. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียน ที่รู้สึกพอใจหรือไม่พอใจ รู้สึกชอบหรือไม่ชอบ ซึ่งนักเรียนแสดงออกมาเมื่อมีการจัดการเรียนรู้ วัด ได้จากแบบวัดความพึงพอใจ แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีการวัดของ ลิเคอร์ท์ (Likert) เพื่อวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา/

สาระการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 20 ข้อ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์และจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง นักเรียนได้ฝึกฝนการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยการวิเคราะห์ปัญหา เงื่อนไขของปัญหา นำองค์ความรู้มาใช้ในการหาวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งจะส่งผลให้กลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ นอกจากนี้การใช้เทคนิคแคมเปอ์ร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะทำให้ให้นักเรียนให้เกิดทักษะทางด้านความคิดสร้างสรรค์ ผลการวิจัยพบว่า เทคนิคแคมเปอ์ช่วยให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่แปลกใหม่ ส่งเสริมความคิดที่หลากหลาย และการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เป็นเครื่องมือที่ผู้สอนใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ (Ozyapark, 2016, pp. 31-40; Radziszewski, 2017, pp. 1-7) ทำให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ๔ ซึ่งความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามแสดงดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในระดับมากขึ้นไป



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 1.2 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 1.3 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 1.4 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
 - 2.1 ความหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
 - 2.2 ความสำคัญของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
 - 2.3 องค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
 - 2.4 การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
 - 2.5 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
3. การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
4. หน่วยการเรียนรู้
 - 4.1 ความหมายของหน่วยการเรียนรู้
 - 4.2 องค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้
 - 4.3 ขั้นตอนการสร้างหน่วยการเรียนรู้
5. ความพึงพอใจ
 - 5.1 ความหมายของความพึงพอใจ
 - 5.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ
 - 5.3 การวัดและประเมินความพึงพอใจ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา หรือ “STEM” มาจากตัวอักษรตัวแรกของวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) (Ozturk, 2021, p. 71) ซึ่งนักวิชาการได้สรุปความหมายไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการของ 4 ศาสตร์สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เน้นการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (Cameron, & Craig, 2016. pp. 1 ; Yildirim & Turk, 2018, pp. 259-274) วิทยาศาสตร์ (Science: S) เป็นการทำความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ บนโลกด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (Technology: T) เป็นกระบวนการแก้ปัญหาการพัฒนาหรือปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) เป็นการออกแบบการวางแผนการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลงานหรือนวัตกรรมภายใต้ข้อจำกัดที่มี ส่วนคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เป็นวิชาที่ว่าด้วยจำนวน กระบวนการวัด การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (White, 2014, p. 4; ชลาธิป สมานิติ, 2560, น. 103-105; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2555, น. 50; สุทธิดา จำรัส, 2560, น. 16-17) สะเต็มศึกษาเป็นการฝึกฝนให้นักเรียนรู้วิเคราะห์ หาวิธีการการแก้ปัญหา การสืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูล (กนกทิพย์ ยาทองไชย, 2559, น. 32; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2555, น. 50; รัชศิริ จิตอารี, 2560, น. 50; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558a, น. 4) นักเรียนลงมือปฏิบัติหรือแก้ไขปัญหาที่เป็นกิจกรรมที่ทำทนายและน่าสนใจ ซึ่งนักเรียนได้ทำงานกลุ่ม อภิปราย และสื่อสารเพื่อนำเสนอผลงานตนเอง (สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์, 2559, น. 12) นอกจากนี้สะเต็มยังเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะที่นำไปใช้ในการดำรงชีวิตอยู่ในโลกศตวรรษที่ 21 (รักษพล รัตนวงษ์, 2558, น. 1)

จากข้อความข้างต้น ผู้วิจัยได้สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการของสาขาวิชา 4 สาขา เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงโดยการประยุกต์ใช้องค์ความรู้จากทั้ง 4 สาขาวิชา เป็นกิจกรรมปัญหาหรือสถานการณ์ที่ทำทนาย นักเรียนมีส่วนร่วมในการหาวิธีการแก้ปัญหา ได้ทำงานกลุ่ม อภิปรายและสื่อสารผลงานตนเอง

1.2 ลักษณะของสะเต็มศึกษา

มีนักการศึกษาหลาย ๆ ได้นำเสนอลักษณะของสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ 5 ลักษณะ ดังนี้

1. เป็นการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชามาใช้ในการแก้ปัญหาที่มีรายละเอียดต่อไปนี (ชลาริป สมาหิโต, 2560, น. 2; พรทิพย์ ศิริภักตราชัย, 2555, น. 50; สุทธิดา จำรัส, 2560, น. 16)

วิทยาศาสตร์ (Science) หมายถึง การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโลก ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้ (1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยสาระต่อไปนี สาระวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระวิทยาศาสตร์กายภาพ สาระวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระเทคโนโลยี (สสวท., 2560, น. 16) (2) ทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (สสวท., 2560, น. 42) วิทยาศาสตร์ จะทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น รู้ลึก ทำทหาย รู้ลึกสนใจจึงส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น

เทคโนโลยี (Technology) หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหา การพัฒนาปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ ที่ตอบสนองความต้องการของมนุษย์ เทคโนโลยี จึงไม่ได้หมายถึงคอมพิวเตอร์ กล้องถ่ายภาพ โทรศัพท์มือถือเพียงเท่านั้น แต่ยังหมายถึง กระบวนการแก้ปัญหาอีกด้วย โดยเทคโนโลยี มี 3 ประการคือ (1) เทคโนโลยีในฐานะศาสตร์แขนงหนึ่งที่เป็นความรู้และแนวปฏิบัติเพื่อการออกแบบ (2) เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเฉพาะ และ (3) เทคโนโลยีด้านการจัดการเรียนการสอน

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) หมายถึง การออกแบบ วางแผนการแก้ปัญหา โดยใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ออกแบบผลงานหรือพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข นักเรียนจะได้ใช้ความรู้ในแต่ละสาขาวิชามาใช้ในการคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล และส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

คณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึง เป็นวิชาที่วัดด้วยเรื่องจำนวน กระบวนการวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น การเรียนรู้คณิตศาสตร์ มี 3 ประการคือ (1) กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2) ภาษาคณิตศาสตร์ การถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจรวบยอดโดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ (3) การส่งเสริมการ

คิดเชิงคณิตศาสตร์ขั้นสูง คณิตศาสตร์ จะทำให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดแก้ปัญหา การคิดเป็นเหตุเป็นผล การนำเสนอและสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ

2. สะเต็มเป็นการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชา จะมีการบูรณาการด้านเนื้อหา หรือการทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถปฏิบัติได้ทั้งแบบแยกรายวิชา และแบบรวม (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558, น. 155) สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558b, น. 4-5) ดังนี้

2.1 การบูรณาการแบบภายในวิชา (Disciplinary integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนในแต่ละรายวิชาให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและฝึกปฏิบัติแยกกันตามรายวิชาของตนเอง

2.2 การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary integration) มีการกำหนดหัวข้อหลัก (Theme) นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและปฏิบัติกิจกรรมของแต่ละสาขาวิชาแยกกัน ซึ่งครูผู้สอนจะกำหนดหัวข้อร่วมกันและการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงในแต่ละวิชา เพื่อแสดงให้นักเรียนเห็นถึงความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ

2.3 การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) นักเรียนได้เรียนเนื้อหาอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน ซึ่งครูผู้สอนในแต่ละวิชาได้ออกแบบกิจกรรมโดยคำนึงถึงเนื้อหาและตัวชี้วัด ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแต่ละสาขาวิชาเข้าด้วยกัน นำไปสู่การแก้ปัญหาและนำไปปฏิบัติจริง (Lesseig, Slavit & Holmlund, 2017, pp. 15-24)

2.4 การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Trans disciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนมีการกำหนดหัวข้อหลัก แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ ระบุปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา โดยครูกำหนดปัญหาที่นักเรียนสนใจ คำนึงถึงความรู้เดิมของนักเรียนและตัวชี้วัดในรายวิชาต่างๆ ด้วย จะทำให้นักเรียนเห็นถึงความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของแต่ละสาขาวิชา กับบริบทในชีวิตจริง

3. สะเต็มเป็นการบูรณาการความรู้จากทั้ง 4 สาขาวิชาซึ่งเน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (วารินทร์พร พันเพ็ญฟู, 2560, น. 17) นำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ นักเรียนสามารถความรู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม (พรทิพย์ ศิริภทราชย์, 2555, น. 50) เพื่อส่งเสริมการคิดขั้นสูง ซึ่งการคิดขั้นสูงนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหา การคิดอย่างสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (สสวท., 2557b, น. 7) นักเรียนเกิดทักษะการกระบวนการกลุ่ม ทักษะสื่อสาร การเป็นผู้นำตลอดจนยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของคนอื่น (ปาริชาติ ประเสริฐสังข์, 2559, น. 10)

4. การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (Zeng et al, 2018, pp. 5) มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ท้าทายความคิดของนักเรียน (วารินทร์พร พันเพ็ญฟู, 2560, น. 17) เพราะกระบวนการเรียนมีการตั้งคำถามและตั้งปัญหาที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียน บรรยากาศของการตั้งคำถามหรือตั้งปัญหา จะทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกสนาน ตื่นเต้น กระตุ้นจินตนาการ ทำให้เกิดการค้นคว้าและเรียนรู้ นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ (วิจารณ์ พานิช, 2555, น. 69-70)

สรุปลักษณะของสะเต็มได้ ได้ว่า เป็นการจัดกิจกรรมเชื่อมโยงองค์ความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชามาใช้ในการแก้ปัญหาและการบูรณาการความรู้ เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมที่ท้าทายความสามารถและเป็นกิจกรรมที่สนใจ ซึ่งผู้วิจัยได้บูรณาการภายในวิชา (Disciplinary integration) ดำเนินการสอนเองโดยเน้นเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์เป็นหลัก และใช้การบูรณาการในรายวิชาอื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด

1.3 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สภาพปัญหาด้านการศึกษาศาสตร์และเทคโนโลยีในประเทศไทยมีหลายประการสำคัญ เช่น จำนวนนักเรียนสายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีลดลงทุกระดับ การประเมินผลทั้งในระดับนานาชาติและระดับประเทศ แสดงให้เห็นว่าวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนมีคุณภาพโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำ การจัดการศึกษาไม่ตอบสนองต่อความต้องการในการพัฒนาเศรษฐกิจทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ (สสวท., 2558b, น. 1) เพื่อที่จะสามารถแข่งขันกับระบบเศรษฐกิจของโลกในศตวรรษที่ 21 จึงต้องมีการจัดการศึกษาที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ (STEM) (Akgunduz, 2016, p. 1365; Breiner, Johnson, Harkness, & Koehler, 2012, pp. 3-11) สะเต็มศึกษาจึงเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่เหมาะสม เพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนสามารถเผชิญหน้ากับการแข่งขัน (Gulen & Yaman, 2019, pp. 216-225) จึงต้องมีการปรับหลักสูตรโดยการบูรณาการเพื่อให้มีความรู้ในการประกอบอาชีพในอนาคตได้ (สสวท., 2560, น. 1)

สะเต็มศึกษาเป็นการเชื่อมโยงองค์ความรู้จากในห้องเรียนไปสู่ชีวิตจริง เสริมสร้างประสบการณ์ ความคิดสร้างสรรค์ที่มีความสำคัญต่อนักเรียน ตอบสนองต่อโจทย์ด้านผลการจัดการศึกษาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทย (รักษศิริ จิตอารี, 2560, น. 56) สะเต็มศึกษาทำให้เกิดพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ทักษะที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน นวัตกรรมความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาพัฒนาทักษะเหล่านั้น (Hofstein & Lunetta, 2004, p. 28) และพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving Thinking) สามารถฝึกฝนให้เกิดกับนักเรียนผ่านการทำกิจกรรมสะเต็ม (สสวท., 2557a, น. 7) การเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา มีการจัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ทำงานร่วมกัน ฝึกคิดวิเคราะห์ เสนอวิธีการใหม่ ฝึกคิดเชิงสร้างสรรค์ โดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ (สสวท., 2558a, น. 3)

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบการสอนที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาด้านการศึกษา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในประเทศไทย ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงองค์ความรู้จากในเนื้อหาบทเรียนเข้ามาสู่สถานการณ์ปัญหา และยังตอบโจทย์ปัญหาด้านการศึกษาศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยในการส่งเสริมการคิดขั้นสูง

1.4 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งนักเรียนนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับมาแก้ปัญหาในสถานการณ์

1.4.1 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหา ซึ่งมีหลายรูปแบบ และมีหลายขั้นตอน ดังนี้

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแบบ 6 ขั้นตอน (National Research Council, 2012, pp. 204-209; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 23-25) มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การระบุปัญหาและเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Defining and delimiting engineering problem) นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา ระบุปัญหาเพื่อแก้ไขและกำหนดเป้าหมายให้ชัดเจนเพื่อให้ได้วิธีการแก้ไขปัญหามือหรือสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ เกิดขึ้น ระบุเงื่อนไขหรือข้อจำกัดอะไรบางอย่างที่เป็นกรอบเงื่อนไขของการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูล เช่น สืบค้นหรือสำรวจจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ แล้วรวบรวมเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา และคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การวาดภาพร่าง และการเขียนอธิบาย

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) นักเรียนลำดับขั้นตอนการทำงาน แล้วลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างหรือพัฒนาชิ้นงาน โดยคำนึงถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดที่พบ

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement) นักเรียนตรวจสอบและประเมินชิ้นงานวิธีการว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่ หากไม่สำเร็จควรปรับปรุงแก้ไขส่วนใด แล้วจึงแก้ไขในส่วนที่บกพร่องให้สามารถนำไปแก้ปัญหาได้จริง

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) นักเรียนคิดวิธีการนำเสนอชิ้นงานหรือวิธีการ หลังจากนั้นนักเรียนนำเสนอชิ้นงานที่สร้างขึ้น และแต่ละกลุ่มร่วมกันให้ข้อเสนอแนะในชิ้นงานเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแบบ 6 ขั้นตอน มีข้อดี คือ มีการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานโดยประยุกต์ใช้องค์ความรู้มาแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้สามารถแก้ปัญหาได้ ซึ่งเหมาะกับงานวิจัยที่มีลักษณะการแก้ปัญหาในรูปของสิ่งประดิษฐ์หรือชิ้นงาน ดังเช่นงานวิจัยของณัฐวุฒิ อรุณรัตน์ (2561, น. 121) ได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยกิจกรรมการใช้กลุ่มสืบสอบร่วมกับเครื่องมือเรียนรู้ร่วมกันออนไลน์ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม พบว่ากระบวนการสืบสอบร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

สเชชเตอร์ (Schachter, 2012, p. 44) ได้กำหนดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ 5 ขั้น เป็นการนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาสร้างเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสิ่งของตามความต้องการอย่างเป็นขั้นตอน มี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การตั้งคำถาม (ASK) เป็นการเริ่มต้นหน่วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาที่ไม่หนักเกินไปสำหรับนักเรียนที่ค้นหาปัญหาเพื่อแก้ปัญหาฟังบทสนทนาของนักเรียนและยึดความสนใจของนักเรียนเป็นหลัก

2. จินตนาการ (IMAGINE) เมื่อนักเรียนพบปัญหาที่ต้องการตรวจสอบหรือแก้ไขส่งเสริมให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาให้ได้จำนวนมากที่สุด

3. การวางแผน (PLAN) เป็นขั้นตอนของการวางแผนเพื่อนำไปปฏิบัติจริง นักเรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มเล็ก ๆ เพื่อระดมสมองให้การแก้ปัญหาที่จะเป็นไปได้และจดบันทึกวางแผนขั้นตอนการทำงาน

4. การสร้างและดำเนินการแก้ไขปัญหา (CREATE) นักเรียนสามารถเลือกอุปกรณ์ไปใช้ในการปฏิบัติจริงและลงมือปฏิบัติ

5. การปรับปรุง (IMPROVE) หากวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานไม่ประสบความสำเร็จ ให้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน เหมาะกับงานวิจัยที่มีปัญหาที่โจทย์ระบุอย่างชัดเจนเนื่องจากไม่มีขั้นตอนการระบุปัญหา ซึ่งเหมาะกับงานวิจัยที่มีลักษณะกิจกรรมที่มีความต่อเนื่อง ผลที่ได้เป็นลักษณะวิธีการไม่ใช่สิ่งประดิษฐ์หรือชิ้นงานที่มีความแปลกใหม่ เนื่องจากไม่มีการออกแบบและการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน อย่างเช่นงานวิจัยของภัสสร ติดมา (2558, น. 66-67) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นตอนตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในเรื่อง ระบบร่างกาย จะทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์

นอกจากนี้ Billiar, Hubelban, Oliva and Camesano (2014, pp. 3-7) ได้ระบุขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Design Process) ไว้ 8 ขั้นตอน

1. ระบุปัญหาและความต้องการ (Identify the Problem/Need) ระบุหัวข้อที่น่าสนใจสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้และระบุวัตถุประสงค์การเรียนรู้
2. ศึกษาวิจัย จัดอันดับ เป้าหมายและข้อจำกัด (Research and Rank Objectives and Constraints) ศึกษาค้นคว้าหาเทคนิคการจัดการเรียนรู้ โดยการพิจารณาบริบทของการจัดการเรียนรู้ (เช่น นักเรียน โรงเรียน) ข้อจำกัด จัดลำดับจุดประสงค์การเรียนรู้และวิเคราะห์ข้อจำกัดที่พบ
3. หาวิธีแก้ปัญหที่เป็นไปได้ (Develop Possible Solutions) หาแนวคิดการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายและเหมาะสมกับสภาพจริง
4. เลือกวิธีแก้ปัญหภายในข้อจำกัด (Select the Best Solution within Constraints) เลือกแนวคิดที่เหมาะสมกับจุดประสงค์ บริบท และข้อจำกัด
5. สร้างโมเดล (Construct a Prototype/Model Solution) สร้างหน่วยการเรียนรู้

6. ทดสอบ/ประเมินผลการใช้รูปแบบ (Test/Evaluate the Solution) ทดสอบ
หน่วยการใช้หน่วยการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

7. นำเสนอ/สื่อสารผลการประเมิน (Present/Communicate the Results)
นำเสนอและอภิปรายผลการใช้หน่วยการเรียนรู้

8. ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบของการแก้ปัญหา (Redesign and Revise)
ปรับปรุงแก้ไข หน่วยการเรียนรู้ ตามผลการประเมิน

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 8 ขั้นตอน มีลักษณะของการจัดกิจกรรมใน
ระยะยาวและใช้เวลานาน เป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ละเอียด เหมาะกับการจัดกิจกรรมที่มี
ระยะเวลาในการทำกิจกรรมนานและเก็บผลในระยะยาว ดังเช่นงานวิจัยของ Billiar, Hubelban,
Oliva and Camesano (2014, p. 17) ที่ได้นำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในสร้างหน่วยการ
เรียนรู้หรือหลักสูตรโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education
(2016, p. 100) ได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ด้วยกัน 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) การระบุความต้องการหรือปัญหา คือ ระบุความต้องการหรือระบุปัญหาที่จะ
พยายามแก้ไข

2) การศึกษาค้นคว้า คือ ค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา สืบค้นแนวคิด
หรือทางเลือก ในการแก้ปัญหาโดยการสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต ห้องสมุด หรือการสัมภาษณ์ เป็น
ต้น

3) การออกแบบ คือ ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือแบบจำลองจากข้อมูลที่ได้
รวบรวมไว้ในขั้นตอนที่ 2 ออกแบบจำลองที่เป็นไปได้มากที่สุด เลือกที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับ
ปัญหา

4) การสร้างต้นแบบ คือ ลงมือสร้างต้นแบบซึ่งอาจเป็นชิ้นงานหรือลงมือสร้าง
วิธีการแก้ปัญหาจากแบบแผนที่เลือกไว้ เพื่อใช้ทดสอบการแก้ปัญหา

5) การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) คือ ประเมินและทดสอบ
ประสิทธิภาพของชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา การประเมินเมื่อเทียบกับปัญหาและข้อจำกัด

6) การเสนอแนะ คือ ให้ข้อเสนอแนะ ความคิดเห็น เพื่อนำไปปรับปรุงวิธีการ
แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งการให้ข้อเสนอแนะสามารถทำได้ในระหว่างการออกแบบทางวิศวกรรม

7) การนำเสนอ คือ การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและการออกแบบชิ้นงาน

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 7 ขั้น เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีความยืดหยุ่นของขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในขั้นตอนเสนอแนะครูผู้สอนสามารถเสนอแนะได้ตลอดเวลาของการทำกิจกรรม และนักเรียนเองก็นำเสนอวิธีการในระหว่างการออกแบบและการทดสอบชิ้นงาน ซึ่งเหมาะกับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร พบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีหลากหลายขั้นตอน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของ NRC และ สสวท (NRC., 2012, pp. 204-209; สสวท, 2560, น. 23-25) เนื่องจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแบบ 6 ขั้นตอน เป็นกระบวนการที่นักเรียนนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือชิ้นงาน ซึ่งเหมาะสมกับเนื้อหาเรื่อง การเคลื่อนที่และแรง นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้

1.4.2 บทบาทของนักเรียนและผู้สอนในการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558a)

บทบาทของครู

1. ครูต้องออกแบบกิจกรรมให้มีความน่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ
2. ครูต้องเตรียมพร้อมล่วงหน้า ในเรื่องความรู้ที่นำมาสอน ลำดับการถ่ายทอดความรู้ และเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ
3. ครูอาจจะต้องมีการตั้งคำถามที่เหมาะสมกับวัยของนักเรียนเพื่อสร้างความสนใจให้กับนักเรียน และนำไปสู่การอภิปรายข้อมูลได้
4. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนคิด วิเคราะห์ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหา และสร้างชิ้นงาน
5. ครูมีความเข้าใจและความรู้ ในเนื้อหาของแต่ละวิชาที่นำมาบูรณาการเข้าด้วยกัน

บทบาทของนักเรียน

1. นักเรียนต้องทำงานร่วมกันเป็นทีม
2. นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความคิดเห็นกลุ่มใหญ่ ร่วมกันระดมความคิดและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
3. ในระหว่างทำกิจกรรม นักเรียนต้องวิเคราะห์ปัญหา ฝึกฝนการแก้ปัญหา การวางแผน การศึกษาข้อมูล และการออกแบบ การคำนวณ

4. นักเรียนต้องลงมือสืบค้นข้อมูล ปฏิบัติกิจกรรม และนำความรู้ มาพิจารณา
คัดเลือกแนวทางการแก้ปัญหา

5. นักเรียนต้องฝึกสังเกต ตั้งคำถาม ประเมินและปรับปรุงผลงาน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัย
สามารถสรุปบทบาทของครูและนักเรียน ได้ดังตารางที่ 1

ตาราง 1 แสดงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	1. กำหนดสถานการณ์ ปัญหาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียน เกิดความสนใจ	1. วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ และระบุปัญหาที่จะต้องได้รับการ แก้ไข
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหา	1. พิจารณาข้อมูลที่จะต้อง ศึกษาเพื่อแก้ไขปัญหาและ แนะนำแหล่งข้อมูล 2. ตรวจสอบความครบถ้วน และความถูกต้องของข้อมูล	1. สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่ง ต่าง ๆ ของข้อมูล 2. ระดมสมองแลกเปลี่ยน ประสบการณ์รวบรวมข้อมูลและ เชื่อมโยงความรู้จากการแลกเปลี่ยน การเรียนรู้เพื่อหาแนวทางการ แก้ปัญหา 3. กำหนดวิธีการแก้ปัญหาและ คัดเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา	1. ให้คำแนะนำอภิปราย วิธีการแก้ปัญหาของแต่ละ กลุ่ม	1. ออกแบบผลงานที่ใช้ในการ แก้ปัญหาโดยใช้หลักทาง วิทยาศาสตร์ ทำได้โดยการวาดภาพ ร่างหรือเขียนเป็นขั้นตอน
ขั้นที่ 4 วางแผนและ ดำเนินการแก้ปัญหา	1. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน ของนักเรียน ให้ความรู้และ คำปรึกษา	1. ปฏิบัติงานตามแผนงานที่วางไว้ 2. สร้างชิ้นงาน

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุง แก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหา หรือชิ้นงาน	1. ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับการ ออกแบบการทำกิจกรรม และสรุปผลที่ได้จากการ แก้ปัญหาที่กำหนด	1. ร่วมกันทดสอบและประเมิน ชิ้นงาน 2. ร่วมกันวิพากษ์ชิ้นงานของกลุ่ม ตนเองเพื่อหาข้อบกพร่องและ ดำเนินการแก้ไข
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	1. ประเมินผลงานแต่ละกลุ่ม 2. ให้ข้อเสนอแนะผลงาน ของนักเรียน เพื่อเป็น แนวทางในการพัฒนาต่อไป	1. นำเสนอและอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจ ในผลงาน และผลการแก้ปัญหา 2. ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับ ข้อเสนอแนะในผลงาน

1.4.3 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

Museum of Science (2007: Online) ได้กล่าวถึงประโยชน์การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

1. ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิศวกรรม
2. ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติด้วยการสืบสอบ และค้นหาความรู้ด้วยตนเอง
3. เพิ่มความสนใจและความมั่นใจในการประกอบอาชีพวิศวกร นักประดิษฐ์และนักนวัตกรรมในอนาคตให้กับนักเรียน
4. ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาที่ตนเองสนใจ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้หาคำตอบในสิ่งที่สงสัยหรือที่เป็นปัญหา โดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในหลายรูปแบบ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ NRC และ สสวท. เนื่องจากมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แก้ไขและปรับปรุงชิ้นงานให้สามารถแก้ปัญหาได้จริง และนักเรียนสามารถออกแบบด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ และนำไปสู่การแก้ปัญหาด้วยการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือชิ้นงาน

2. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

2.1 ความหมายของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

อเล็กซ์ ออสบอร์น (Osborn, 1963, p. 23) เป็นผู้เริ่มต้นแนวคิดการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยมีแนวคิดที่ว่า บุคคลแต่ละบุคคลสามารถหาทางออกของปัญหาได้หลากหลาย จากความคิดสร้างสรรค์ที่ค้นหาทางออกของปัญหา และการใช้จินตนาการ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เป็นวิธีการ กระบวนการหรือระบบของการแก้ปัญหาที่อาศัยวิธีการจินตนาการและผลจากการแก้ปัญหาสามารถพิสูจน์ได้จากการกระทำ (Mitchell & Kowalik, 1999, p. 4) กระบวนการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่มุ่งหาคำตอบที่มีความซับซ้อน ซึ่งไอแซกแซน (Isaksen, 1995, pp. 52-53) กล่าวว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการคิดที่ประกอบด้วยความคิดแบบอนกนัย (Divergent Thinking) ที่อาศัยความรู้เดิมเพื่อสร้างแนวคิดการแก้ปัญหาที่หลากหลาย แปลกใหม่จากแนวคิดเดิมเพื่อสามารถนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องและจะมีการพิจารณาวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดและมีความเป็นไปได้เพียงวิธีเดียวที่สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุดซึ่งจะเป็นการคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) ในขั้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จะมีความซับซ้อน ดังนั้นจึงต้องใช้การคิดขั้นสูงซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างการคิดแบบอนกนัยและการคิดเอกนัยเพื่อให้ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ยุพาพันธ์ มินวงษ์, ศิริพร แก้วอ่อนและสิทธิชัย ชมพูพาทย์ (ยุพาพันธ์ มินวงษ์, 2558, น. 15; ศิริพร แก้วอ่อน, 2557, น. 15; สิทธิชัย ชมพูพาทย์, 2554, น. 13) ได้ให้ความหมายตรงกันว่า เป็นกระบวนการมุ่งหาคำตอบ โดยอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างความคิดสร้างสรรค์และการคิดแบบมีจรรยาบรรณ การคิดสร้างสรรค์เป็นการหาแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่จากเดิมและหลากหลาย โดยที่ปราศจากการตัดสินใจว่าดีหรือไม่ดี แล้วตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่สามารถแก้ปัญหาและเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดโดยใช้การคิดแบบมีจรรยาบรรณ โดยการประเมินวิธีการแก้ปัญหาเชื่อมโยงเหตุและผลของแต่ละวิธี หลังจากนั้นเลือกวิธีที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา และนำไปแก้ปัญหา นอกจากนี้กัญญารัตน์ โคจร (Kanyarat Cojorn, 2011, p. 38) ได้ให้ความหมายไว้ว่าเป็นกรอบความคิดที่ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหา คิดหาวิธีการแก้ปัญหา และการประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือการทดสอบ โดยกระบวนการแก้ปัญหาเป็นการแก้ปัญหาด้วยทางออกรูปแบบใหม่ โดยอาศัยความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ การคิดวิเคราะห์ การวินิจฉัย การตัดสินใจ การจัดทำแผนอย่างเป็นระบบ และมีการระดมสมองที่เน้นการคิดเชิงบวกเพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางที่ดีที่สุดมาแก้ปัญหาได้ ทั้งนี้ในกระบวนการแก้ปัญหาก็จะต้องมีความยืดหยุ่นในกระบวนการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน จนทำให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ (ดารารัตน์ ชัยพิลา, 2559, น. 45-46)

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการหาคำตอบของปัญหาที่มีความซับซ้อน เป็นกระบวนการคิดที่ประกอบด้วยการคิดแบบอเนกนัย ที่อาศัยความรู้เดิมเพื่อสร้างแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย แปลกใหม่จากแนวคิดเดิมเพื่อสามารถนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องและจะมีการพิจารณาวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดและมีความเป็นไปได้เพียงวิธีเดียวที่สามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด ซึ่งจะเป็นการคิดแบบอเนกนัย

2.2 ความสำคัญของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์

ปัญหาที่เล็ก ๆ สามารถคลี่คลายได้ทันที ตามธรรมชาติคนทั่วไปสามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้ประสบการณ์เข้าช่วย แต่ตามจริงแล้วการแก้ปัญหาทุกปัญหาล้วนจะต้องผ่านกระบวนการคิด โดยเฉพาะปัญหาที่ซับซ้อนหรือปัญหาสังคม มักต้องใช้เวลาและกระบวนการคิดที่ซับซ้อนในการทำให้ปัญหากระจ่างและการแก้ปัญหา เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อพิจารณาสถานการณ์ที่เป็นปัญหาร่วมกับข้อมูลที่แท้จริง (มนัส บุญประกอบ, 2546, น. 13-14) ปัญหาในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากขึ้น การแก้ปัญหาเดิม ๆ อาจจะใช้ไม่ได้ผล ความคิดสร้างสรรค์จึงเข้ามามีบทบาทในการแก้ปัญหาเดิมด้วยวิธีการใหม่ ทำให้ได้สิ่งที่ดีกว่า ความคิดสร้างสรรค์จึงมีความสำคัญ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2553, น. 29-31) ดังนั้นเราจำเป็นต้องฝึกฝนหรือเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ด้วยการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์นั่นเอง

สรุปได้ว่า การแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์มีความสำคัญในสถานการณ์ปัจจุบัน เนื่องจากสภาพปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น การแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเดิมบางทีไม่สามารถที่จะแก้ปัญหามาได้จึงต้องมีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหามาในรูปแบบใหม่ด้วยคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการเรียนรู้เพื่อฝึกให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ได้

2.3 องค์ประกอบของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์

กระบวนการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์เริ่มต้นจากแนวคิดของอเล็กซ์ ออสบอร์น (Osborn, 1963, p. 23) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ที่จะหาวิธีการใหม่ ๆ เป็นเครื่องมือสำหรับการสร้างความคิด โดยมีความเชื่อว่าทุกคนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์จินตนาการและตัดสินใจ หลังจากนั้นก็ได้มีนักการศึกษาหลาย ๆ ท่านที่ได้ทำการศึกษา ผู้วิจัยสามารถสรุปองค์ประกอบของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ได้ดังนี้

ไอแซกเซน; ดอร์วอล และ เทรฟฟิงเกอร์ (Isaksen, & Treffinger, 2004, pp. 19-20) ได้เสนอองค์ประกอบของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ โดยแบ่งเป็น 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ทำความเข้าใจกับปัญหาและความท้าทาย เป็นการพยายามในการทำความเข้าใจปัญหา โดยจะแบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 การสร้างโอกาส (Constructing Opportunities) เป็นหลักสำคัญที่กำหนดแนวทางการแก้ปัญหา

1.2 การค้นหาข้อมูล (Exploring Data) เป็นการค้นหาข้อมูลที่จะนำไปแก้ปัญหา ทำความเข้าใจปัญหาจะสามารถแก้ปัญหาได้

1.3 การระบุกรอบปัญหา (Framing Problem) เป็นการระบุปัญหาหรือเป้าหมายให้ชัดเจน

2. การสร้างความคิด ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย ดังนี้

2.1 การสร้างความคิด (Generating ideas) การสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย รวมไปถึงการจัดลำดับของวิธีการปัญหาที่แสดงถึงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการเตรียมการในการตัดสินใจเลือกทางเลือกในการแก้ปัญหาที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ

3. การเตรียมการสำหรับกระทำ มีขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

3.1 การเลือกทางเลือกที่เหมาะสม (Developing Solution) การวิเคราะห์การคัดกรอง การจัดลำดับและพัฒนาตัวเลือกของการแก้ปัญหา

3.2 การค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ (Building Acceptance) การนำวิธีที่ได้เลือกไว้ไปใช้ในการแก้ปัญหา

4. การวางแผนการปฏิบัติ (Planning Your Approach)

4.1 การประเมินงาน (Appraising Tasks) การประเมินวิธีการแก้ปัญหา พิจารณาข้อจำกัด หรือเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับวิธีการแก้ปัญหา การประเมินทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง

4.2 การออกแบบกระบวนการ (Designing Process) การวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้หรือเครื่องมือในการช่วยให้ประสบผลสำเร็จ

สมปอง เพชรโรจน์ (2549, น. 107) ได้เสนอองค์ประกอบของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ 5 องค์ประกอบตามแนวคิดของ ออสบอร์นและพาร์น (Osborn and Parnes, 1996) ดังนี้

ขั้นที่ 1 การค้นหาความจริง (Fact finding) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นจากการตั้งคำถามขึ้นต้นด้วย ใคร อะไร เมื่อไหร่ ทำไม และอย่างไร

ขั้นที่ 2 การค้นหาปัญหา (Problem finding) เป็นขั้นการพิจารณาเปรียบเทียบปัญหา แล้วจัดลำดับเพื่อเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดไปค้นหาวิธีการแก้ปัญหาต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การค้นหาความคิด (Idea finding) เป็นขั้นการระดมสมองเพื่อหาวิธีแก้ปัญหาให้ได้หลากหลาย อย่างอิสระ โดยไม่มีประเมินถึงความเป็นไปได้ของวิธีการ

ขั้นตอนที่ 4 การค้นหาคำตอบ (Solution finding) เป็นการพิจารณาคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เกณฑ์พิจารณาคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสม

ขั้นที่ 5 การค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ (Acceptance finding) เป็นการพิสูจน์วิธีการที่เลือกไว้ โดยการแสดงขั้นตอนของการแก้ปัญหา และผลที่เกิดขึ้นจริง

หลังจากนั้นลิตทิสัย ชมพูพาทย์ (2554, น. 44-47) เสนอรูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยกล่าวว่าการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเข้าใจปัญหา (Understanding the Challenge) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาที่พบ กำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา หาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ กำหนดกรอบปัญหา

1.1 เห็นความสำคัญ (Mess Finding) การระบุและอธิบายถึงความสำคัญของปัญหาและมีความคิดที่เหมาะสมต่อปัญหา

1.2 การสำรวจข้อมูล (Fact Finding) การทำความเข้าใจปัญหา การสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ

1.3 การระบุปัญหา (Problem Finding) การระบุปัญหาที่ต้องแก้ไข อาจจะใช้เกณฑ์ในการเลือก พร้อมทั้งกำหนดเป้าหมาย

2. การคิดวิธีการแก้ปัญหา (Idea Finding) การคิดหาแนวทางแก้ปัญหาให้มากมายที่สุด รวมถึงบูรณาการวิธีแก้ปัญหามาจากแนวคิดผู้อื่น เช่น การอยู่ร่วมกัน การแทนที่

3. การเตรียมการ (Preparing for Action) การทำให้วิธีแก้ปัญหชัดเจนในการปฏิบัติ จัดทำเกณฑ์การประเมินวิธีการแก้ปัญหา คัดเลือกวิธีที่เหมาะสมโดยพิจารณาปัจจัยที่สนับสนุนและอุปสรรคที่จะเกิดขึ้น

3.1 การเลือกวิธีการแก้ปัญหา (Solution Finding) การออกแบบและเลือกวิธีการแก้ปัญหา นำเกณฑ์ไปคัดเลือกวิธีที่ดีที่สุด แสดงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหา ใช้ความคิดเอกชนในการพิจารณาเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญ เพื่อเลือกเกณฑ์และแปลงไปสู่วิธีการแก้ปัญหา

3.2 คาดเดาผลกระทบ (Building Acceptance) การระบุสิ่งสนับสนุนและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นในการแก้ปัญหา ระบุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา

4. การวางแผนการแก้ปัญหา (Planning) การตรวจสอบ ปรับปรุงกิจกรรมการแก้ปัญหา วางแผนโดยพิจารณาบริบท เจื่อนไข ทรัพยากรและอุปสรรค

4.1 การประเมินงาน (Appraising Tasks) การประเมินทรัพยากรในการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไข บริบท หรือสิ่งสนับสนุนในการแก้ปัญหา

4.2 การออกแบบกระบวนการ (Designing Process) การวางแผนและกิจกรรมการแก้ปัญหา แบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม

5. การลงมือปฏิบัติ (Solution Implementation) การติดตามการแก้ปัญหา เปรียบเทียบกับเป้าหมาย เมื่อเป็นไปตามที่วางแผนไว้ก็ให้รางวัลตนเอง

5.1 การลงมือปฏิบัติ ปฏิบัติตามแผน สังเกต ให้ข้อมูลย้อนกลับและปรับปรุงการแก้ปัญหา

5.2 การเผชิญปัญหา การจัดการกับความรู้สึกตนเองระหว่างการแก้ปัญหา ประกอบด้วย การสังเกตและบันทึกพฤติกรรมตนเอง

Morton (1997, pp. 7-9) ได้เสนอองค์ประกอบของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identifying the Problem) การระบุปัญหาที่พบในสถานการณ์ โดยอาจจะใช้คำถามดังต่อไปนี้เพื่อระบุปัญหา อะไรคือปัญหา มีปัญห่อื่นอีกหรือไม่ อะไรเป็นปัญหาที่สนใจจะแก้ไข ปัญหาที่พบเป็นปัญหาที่เล็กหรือใหญ่ ใครที่ได้รับผลกระทบจากปัญหานี้บ้าง อะไรคืออุปสรรค

2. การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) การทำความเข้าใจปัญหาให้ดีขึ้น ความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะใช้คำถามดังต่อไปนี้ ใครมีหน้าที่ในการรับผิดชอบปัญหา มีวิธีการป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นอย่างไรบ้าง อะไรที่เป็นอุปสรรค ใครที่สามารถช่วยแก้ปัญหา

3. การตั้งคำถามเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา (Posing Solution) การตั้งคำถามเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา ตัวอย่างคำถาม เช่น มีวิธีการแก้ปัญหายังไร ใครที่มีส่วนเกี่ยวข้องในวิธีการแก้ปัญหา เมื่อไหร่ที่ควรจะเริ่มแก้ปัญหาและสรุป ควรตัดสินใจอย่างไร

4. การเลือกวิธีการแก้ปัญหา (Choosing solutions) การเปรียบเทียบและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ซึ่งอาจจะใช้คำถามดังต่อไปนี้ ใครบ้างที่ได้ประโยชน์และได้ประโยชน์

อย่างไร อะไรที่เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด มีวัตถุประสงค์เพื่ออะไร ขึ้นอยู่กับความสนใจของใคร ใครควรเลือกวิธีแก้ปัญหา วิธีการแก้ไขควรนำมาใช้อย่างไร

5. การดำเนินการแก้ปัญหา (Implementing Solutions) การเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดมา 1 วิธีดำเนินการแก้ไขปัญหา โดยอาจจะใช้คำถามต่อไปนี้ อะไรเป็นผลกระทบหากเลือกวิธีแก้ปัญหานี้ อะไรจะเกิดขึ้น มีเกณฑ์การเลือกอย่างไร มีประโยชน์และค่าใช้จ่าย

6. การวิเคราะห์ขั้นสุดท้าย (Final Analysis) การวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาในขั้นตอนสุดท้ายและดำเนินการแก้ไขปัญหให้สอดคล้องกับปัญหาตามที่ระบุไว้ โดยอาจจะใช้คำถามดังต่อไปนี้ การแก้ปัญหของเราแก้ปัญหาได้หรือไม่ หากไม่สามารถแก้ปัญหได้อาจต้องมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมหรือทางเลือกอื่นในคำอื่น ๆ หลังจากการแก้ปัญหาคิดว่าเดิมหรือไม่

นอกจากนี้ ศศิธร ศรีวงษ์ญาติดี (2560, น. 74-76) ได้สรุปองค์ประกอบของการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์โดยประกอบด้วย 4 องค์ประกอบดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา รับรู้สาเหตุของปัญหาและสามารถระบุได้ว่าปัญหาในสถานการณ์นั้นคืออะไร
2. จำลองความคิด นำเสนอแนวทางวิธีในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ คำตอบจากคำถามที่มีความแปลกใหม่ มีความหลากหลายและแตกต่างจากคนอื่น
3. ตัดสินใจเพื่อดำเนินการ ตัดสินใจเลือกแนวทาง มีขั้นตอน และมีเหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหานั้น
4. สนับสนุนคำตอบ เป็นการนำเสนอคำตอบ โดยคำตอบนั้นต้องมีการสนับสนุน มีการยอมรับคำตอบที่ได้รับการพิสูจน์เรียบร้อยแล้วที่จะสามารถแก้ปัญหให้สำเร็จอย่างไร อันจะนำไปสู่หนทางที่จะเกิดแนวคิดหรือสิ่งใหม่ต่อไป

Nazzal and Kaufman (2020, pp. 2-3) ได้มีการศึกษาขั้นตอนของการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ของนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ โดยได้แบ่งองค์ประกอบของการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ออกเป็น 4 องค์ประกอบ คือ

1. การรับรู้ปัญหา (Problem recognition) การระบุปัญหาได้อย่างหลากหลาย สามารถระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข การทำความเข้าใจปัญหนำไปสู่การแก้ปัญหที่ดี
2. การสร้างแนวคิด (Idea generation) การเสนอวิธีการแก้ปัญหต่าง ๆ การเสนอแนวคิดต่าง ๆ อย่างหลากหลายเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหให้ได้มากที่สุด

3. การประเมินแนวคิด (Idea evaluation) การสร้างเกณฑ์สำหรับคัดเลือกแนวทางการแก้ปัญหา โดยพิจารณาถึงเงื่อนไขและทรัพยากร เพื่อเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ให้ได้แนวทางแก้ปัญหาเพียงแนวทางเดียว

4. การตรวจสอบความถูกต้องของการแก้ปัญหา (Solution validation) การตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหาให้ได้แนวทางที่ดีที่สุดเพื่อนำไปปฏิบัติ เพื่อเป็นการยืนยันว่าแนวทางการแก้ปัญหานี้จะสามารถนำไปแก้ปัญหาได้จริง

Hooijdonk et al (2020, pp. 4-5) ได้สำรวจบทบาทของการค้นหาข้อเท็จจริง การระบุปัญหา และการค้นหาวิธีการแก้ปัญหาในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ในเด็กประถมศึกษา ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact finding) การระบอบองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการค้นหาข้อเท็จจริงจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการคิดหลาย ๆ แนวทาง (ความคิดคล่องแคล่ว)

2. การค้นหาปัญหา (Problem finding) การคิดเกี่ยวกับปัญหาและอธิบายขั้นตอนของการแก้ปัญหา

3. การค้นหาความคิด (Idea finding) การหาแนวทางการแก้ปัญหาให้หลากหลายที่สุด แปลกใหม่และสมบูรณ์ที่สุด หลังจากนั้นประเมินวิธีการแก้ปัญหาและการนำไปปฏิบัติได้

4. การหาวิธีการแก้ปัญหา (Solution finding) เป็นการหาวิธีการแก้ปัญหาที่สมบูรณ์และนำไปใช้ได้จริง

ผู้วิจัยสามารถสรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการแก้ปัญหาที่ประกอบไปด้วยการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดสร้างสรรค์ ที่สามารถทำงานร่วมกันอย่างลงตัว ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 2 แสดงองค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ไอแซกเซ็น; ดอร์ วอล และ เทรฟ ฟิงเกอร์	สมองเพชร โรจน์	สิทธิชัย ชุมพุกพาท ตามแนวคิดของ เทอร์ฟิงเกอร์และ คณะ	Morton	ศศิธร ศรีวงษ์ ญาติดี	Nazzal and Kaufman	Hoojdonk et al	ผู้วิจัย
1. การเข้าถึง ปัญหา	ขั้นที่ 1 การ ค้นหาความจริง	1. การเข้าถึงปัญหา	1. การระบุ ปัญหา	1. ทำความ เข้าใจปัญหา	1. การรับรู้ปัญหา	1. การค้นหา ข้อเท็จจริง	1. การทำความเข้าใจ ปัญหา
	ขั้นที่ 2 การ ค้นหาปัญหา		2. การทำความเข้าใจ ปัญหา			2. การค้นหา ปัญหา	
			3. การตั้ง คำถามเพื่อหา วิธีการแก้ปัญหา				
2. การคิดวิธีการ แก้ปัญหา	ขั้นตอนที่ 3 การ ค้นหาความคิด	2. การคิดวิธีการ แก้ปัญหา	4. การเลือก วิธีการแก้ปัญหา	2. จำลอง ความคิด	2. การสร้างแนวคิด	3. การค้นหา ความคิด	2. การหาแนวทาง แก้ปัญหา
3. การเตรียมการ	ขั้นตอนที่ 4 การ ค้นหาคำตอบ	3. การเตรียมการ	5. การ ดำเนินการ	3. ตัดสินใจเพื่อ ดำเนินการ	3. การประเมิน แนวคิด	4. การหาวิธีการ แก้ปัญหา	3. การวางแผนการ แก้ปัญหา
4. การวางแผน การแก้ปัญหา	ขั้นที่ 5 การ ค้นหาคำตอบที่ เป็นที่ยอมรับ	4. การวางแผนการ แก้ปัญหา	6. การวิเคราะห์ ขั้นสุดท้าย	4. สนับสนุน คำตอบ	4. การตรวจสอบ ความถูกต้องของ การแก้ปัญหา		
		5. การลงมือปฏิบัติ					

จากขั้นตอนการสังเคราะห์องค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของ นักวิชาการดังกล่าว สามารถสรุปองค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ 3 องค์ประกอบโดยครอบคลุมถึงการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ดังนี้ 1. การทำความเข้าใจปัญหา โดยการพิจารณาปัญหา พิจารณาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือก แนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย และตัดสินใจเลือกปัญหา 2. การหาแนวทางการ แก้ปัญหา โดยสามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้หลากหลาย หลายประเภทและแปลกใหม่ที่สุด และตัดสินใจเลือกแนวทางการแก้ปัญหา 3. การวางแผนการแก้ปัญหา โดยสามารถวางแผนการ แก้ปัญหาได้จากวิธีการแก้ปัญหาที่ได้คัดเลือกและตัดสินใจเลือกแผนการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

2.4 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยสรุปได้ดังนี้

1. แบบประเมินพฤติกรรม

เป็นแบบประเมินพฤติกรรมในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยเริ่มตั้งแต่ การระบุปัญหาจากสถานการณ์ การตั้งสมมติฐาน การออกแบบและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ ถูกต้องโดยมีสร้างแบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างเรียน ซึ่งนนุช เอกตระกูล (2560, น. 28-29) โดยประเมิน 4 ขั้นตอน คือ

1.1 การระบุปัญหาและสาเหตุ วัดจากการค้นหาปัญหา ระบุสาเหตุของ ปัญหา นำปัญหามาจัดเรียงแล้วเลือกปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขมากที่สุด

1.2 การหาแนวทางการแก้ไขปัญหา วัดจากความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดอย่างมีเหตุผล

1.3 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา วัดจากการวางแผนการแก้ปัญหา ตัดสินใจเลือกแผนการแก้ปัญหา และดำเนินงานตามแผนการแก้ปัญหาที่ได้วางไว้

1.4 ประเมินผล วัดจากคุณภาพของชิ้นงาน ตามวัตถุประสงค์ในการสร้าง ชิ้นงานและการนำเสนอ โดยวัดจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์จาก เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด

2. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มักจะใช้แบบทดสอบแบบ อัตนัยเขียนตอบในการวัด เนื่องจากแบบทดสอบแบบปรนัยมีข้อจำกัด ซึ่งชิงเลย์และทัฟท์ ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของแบบทดสอบแบบปรนัยไว้ดังนี้ 1. มีความเชื่อมั่นต่ำ เนื่องจากนักเรียนมี การคาดเดาคำตอบ ๆ ได้จากตัวเลือกที่ให้มา 2. มีความเที่ยงตรงต่ำ เนื่องจากตัวเลือกแบบปรนัย

บางตัวอาจจะคำไปซึ่งทำให้สามารถเลือกตอบได้ การเลือกตอบเป็นการวัดเฉพาะด้าน (ศิริพร แก้วอ่อน, 2547: น. 33-41) วิธีการที่เหมาะสมควรจะเป็นคำถามปลายเปิดมากกว่าการเลือกตอบ การใช้คำถามปลายเปิดสามารถกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างคำตอบอย่างอิสระในการคิดหาเหตุผลด้วยตนเอง (สมปอง เพชรโรจน์, 2549, น. 60-61)

การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์จะมีการให้คะแนนโดยการวิเคราะห์ เป็นการกำหนดระดับคะแนนแยกแยะลงไปในช่วงตอนของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และการให้คะแนนแบบองค์รวม เป็นการกำหนดคะแนนโดยพิจารณาที่ภาพรวมของคำตอบ

การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนจึงต้องมีการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา ดังนั้นจึงมีการวัดความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละขั้นตอน ซึ่งสมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2534, น. 51) ได้เสนอเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ โดยดัดแปลงมาจากหลักการให้คะแนนของทอแรนซ์ มีการตรวจให้คะแนน ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ดังนี้

1. การให้คะแนนความคิดคล่อง พิจารณาตามปริมาณคำตอบที่ไม่ซ้ำกันและที่เป็นไปได้ ให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน
2. การให้คะแนนความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากประเภทคำตอบที่เป็นไปได้ของนักเรียน โดยคะแนนคำตอบประเภทละ 1 คะแนน
3. การให้คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่เป็นคำตอบที่แปลกแตกต่างไปจากธรรมดา การพิจารณาความคิดริเริ่มตามวิธีการของครอปเพย์ (Cropley, 1966) มีเกณฑ์การให้คะแนนมีหลักการดังนี้

คำตอบซ้ำ	12%	ขึ้นไปให้	0	คะแนน
คำตอบซ้ำ	6-11%	ขึ้นไปให้	1	คะแนน
คำตอบซ้ำ	3-5%	ขึ้นไปให้	2	คะแนน
คำตอบซ้ำ	2%	ขึ้นไปให้	3	คะแนน
คำตอบซ้ำกันไม่เกิน 1%		ขึ้นไปให้	4	คะแนน

แบบทดสอบมีการกำหนดคะแนนไว้ในแต่ละองค์ประกอบ และแปลผลคะแนนออกมาแบบองค์รวม อย่างเช่น การทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนางนุช เอกตระกูล (2560, น. 28-29) ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็นแบบแยกองค์ประกอบ ให้ครอบคลุม

องค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในแต่ละขั้นตอน โดยจะบรรยายคุณลักษณะและพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกในแต่ละด้านออกเป็นระดับคุณภาพคะแนน 4 ระดับ คือ

- 3 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก
- 2 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดี
- 1 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับ พอใช้
- 0 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับ ปรับปรุง

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักวิชาการหลาย ๆ ท่าน สามารถสรุปได้ดังนี้

สมปอง เพชรโรจน์ (2549, น. 107) ได้พัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ โดยเป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบ เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ 5 ทักษะ คือ การค้นหาความจริง การค้นหาปัญหา การค้นหาความคิด การค้นหาคำตอบ และการค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ โดยได้พัฒนาแบบทดสอบจากสรวงสุดา ปานสกุล (2545) ได้แบบทดสอบ 1 ฉบับ แบบเขียนตอบ จำนวน 5 ข้อ คะแนนเต็ม 50 คะแนน ในแต่ละขั้นจะมีการให้คะแนนแบบองค์รวมไม่ได้แยกการให้คะแนนคิดสร้างสรรค์ มีค่าความเที่ยงตรงเท่ากับ 0.8689

ตัวอย่างแบบวัดตามแนวคิดของสมปอง เพชรโรจน์

ข้อที่ 1 การค้นหาความจริง รวม 12 คะแนน ให้ค่าคะแนน ดังนี้

จำนวนคำถาม	คะแนน
1-4	2
5-8	4
9-12	6
13-16	8
17-20	10

สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554, น. 94) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เป็นการให้สถานการณ์ที่เป็นปัญหากับนักเรียน เป็นแบบสอบถามชนิดเขียนตอบ ไม่เป็นแบบตัวเลือก ให้คะแนนโดยการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ทั้ง 11 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การระบุและบอกความสำคัญของปัญหา 2. ความคิดที่เหมาะสมต่อปัญหา 3. สำรวจและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 4. ระบุปัญหาที่แท้จริง 5. คิดวิธีการแก้ไขปัญหา 6. ประเมินวิธีการแก้ไขปัญหา 7. ระบุปัจจัยสนับสนุน 8. วางแนวทาง

และระบุทรัพยากรที่ต้องใช้จริง 9. วางแผนการแก้ไขปัญหา 10. ปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ สะท้อนผล และพัฒนาวิธีการแก้ไขปัญหา และ 11. จัดการควบคุมตนเอง ประเมิน และเสริมแรงตนเอง ระหว่างการแก้ไขปัญหา

กัญญารัตน์ โคจร (2554, น. 81-83) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยวัดพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกใน 4 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดอย่างมีเหตุผล เป็นแบบเขียนตอบปลายเปิด (Written Open-Ended) โดยกำหนดสถานการณ์ และให้นักเรียนตอบคำถามจำนวน 5 ข้อที่ครอบคลุมถึงการสำรวจทำความเข้าใจปัญหา สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ตรวจสอบยอมรับและขยายองค์ความรู้ ตรวจสอบให้คะแนนโดยการกำหนดเกณฑ์การประเมิน (Rubric) มีแบบทดสอบค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง >0.20

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดตามรูปแบบของกัญญารัตน์ โคจร ข้อที่ 1-4 เป็นการคิดให้คะแนนจากผลรวมของความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม รวมทั้งคำตอบและการให้เหตุผลประกอบ

1. ความคิดคล่อง ได้จากการนับจำนวนคำตอบทั้งหมด โดยไม่คำนึงว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับคนอื่นหรือไม่ ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนนที่ได้
- ไม่ตอบหรือไม่มีคำตอบที่เป็นไปได้	0 คะแนน
- คำตอบเป็นไปได้อาจมีจำนวน 1-2 คำตอบ	1 คะแนน
- คำตอบเป็นไปได้อาจมีจำนวน 3-5 คำตอบ	2 คะแนน
- คำตอบเป็นไปได้อาจมีจำนวนมากกว่า 5 คำตอบ	3 คะแนน

สุลีพร ปิ่นธนาสุวรรณ (2556, น. 86-87) ได้สร้างแบบวัดแบบเขียนตอบตามขั้นตอนของการคิดแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของ Osborn and Parnes (1966) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การค้นหาความจริง ขั้นที่ 3 การค้นหาปัญหา ขั้นที่ 3 การค้นหาความคิด ขั้นที่ 4 การค้นหาคำตอบ ขั้นที่ 5 การค้นหาคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ โดยให้คะแนนข้อละ 8 คะแนน รวมทั้งหมด 40 คะแนน

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดตามแนวคิดของซูลีพร ปิ่นธน์
สุวรรณ

ข้อที่ 1 การค้นหาความจริง มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

จำนวนคำถาม	คะแนน
1-4	2
5-8	4
9-12	6
มากกว่า 12 คำถาม	8

ข้อที่ 2 การค้นหาปัญหา มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

จำแนกปัญหาใหญ่-ย่อย	2 คะแนน
จัดลำดับความสำคัญ	2 คะแนน
เลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขเป็นอันดับแรก	2 คะแนน
แสดงเหตุผลในการเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไข	2 คะแนน

ศิริพร แก้วอ่อน (2557, น. 33-41) ได้พัฒนาแบบวัดตามแนวคิดของสมปอง เพชรโรจน์ (2549) และสิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554) จำนวนข้อคำถาม 1 สถานการณ์ โดยมีข้อคำถาม 11 ข้อ ที่วัดตามขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 5 ขั้นตอน คือ การเข้าถึงปัญหา การคิดวิธีการแก้ปัญหา การเลือกและเตรียมการ การวางแผนการแก้ปัญหาและการลงมือปฏิบัติ การให้คะแนนในแต่ละขั้นตอนจะประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

दारาร์ตัน ชัยพิลา (2558, น. 66) ได้พัฒนาแบบวัดตามแนวคิดของชะลอ จินตุง (2552) และ Tseng, et al. (2013) เป็นแบบวัดแบบอัตนัย จำนวน 3 ฉบับ กำหนดสถานการณ์ปัญหา 3 สถานการณ์ แบ่งเป็นตอนที่ 1 มีข้อสอบจำนวน 6 ข้อซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 5 องค์ประกอบตามแนวคิดของ Torrance and Myers (1972 อ้างถึงใน อารี พันธุ์มณี, 2543, น. 7) ได้แก่ การพบความจริง การค้นพบปัญหา การตั้งสมมติฐาน การค้นพบคำตอบและการยอมรับการค้นพบ จำนวน 14 คะแนน และตอนที่ 2 เป็นแบบเติมลงในตาราง โดยให้นักเรียนระบุองค์ความรู้ในเรื่องของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้องจำนวน 16 คะแนน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.84 ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.57-0.75 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.50

ตาราง 3 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดตามรูปแบบของดรรชนี ชัยพิลา

คำถาม	คะแนน	ลักษณะคำตอบ
1. ปัญหาที่เกิดขึ้น คืออะไร	1	ระบุปัญหาไม่ตรงกับสถานการณ์
	2	ระบุปัญหาได้ตรงกับสถานการณ์
2. ปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุมาจากอะไร	1	ระบุสาเหตุของปัญหาไม่ตรงและไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ค้นพบ
	2	ระบุสาเหตุของปัญหาได้ตรงและสอดคล้องกับปัญหาที่ค้นพบ

ยุพาพันธ์ มินวงษ์ (2558, น. 29-32) ได้พัฒนาเครื่องมือการประเมินการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ตามแนวคิดของกัญญารัตน์ โคจร (2554, น. 81-83) แนวคิดของ วาง ชาง และลี (Wang, Chang; & Li. 2008, pp. 450-1466) และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ แบบวัดจะเป็นคำถามปลายเปิด การกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนหาคำตอบและหาเหตุผล จำนวน 3 สถานการณ์ และให้นักเรียนเขียนคำตอบ โดยมีข้อคำถามครอบคลุมองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ การระบุปัญหา การแสวงหาและคัดสรรแนวทางการแก้ปัญหา และการวางแผนแก้ปัญหา มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็นรูบรีค (Rubric Scoring) ครอบคลุมการคิด 3 ด้าน คือ ความคิดยืดหยุ่น ความคิดคล่อง และความคิดริเริ่ม ให้คะแนนตามรูบรีคที่จะเปลี่ยนไปตามขั้นตอนของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.77 ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.47-0.55 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.40-0.46

ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์การพิจารณาคะแนนของแบบวัดตามรูปแบบของ ยูพาพันธ์ มินวงษ์

ประเด็นการพิจารณา	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
.1 การระบุปัญหา					
1.1 ค้นหาปัญหา	ระบุปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดมากกว่า 3 ปัญหา	ระบุปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด 3 ปัญหา	ระบุปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด 2 ปัญหา	ระบุปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด 1 ปัญหา	ไม่ระบุปัญหาหรือระบุปัญหาที่มีอยู่ในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด

นางนุช เอกตระกูล (2560, น. 28-29) ได้สร้างแบบวัดตามแนวคิดของกัญญารัตน์ โคจร (2554, น. 147-149) และยูพาพันธ์ มินวงษ์ (2557, น. 9-10) ได้แบบทดสอบวัดจำนวน 4 สถานการณ์ ซึ่งคำถามของแต่ละสถานการณ์จะครอบคลุมองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ การระบุปัญหา การแสวงหาและคิดสรรทางเลือกในการแก้ปัญหา และการวางแผนการแก้ปัญหา โดยแต่ละสถานการณ์มีข้อความแบบเขียนตอบจำนวน จำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 39 คะแนน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22-0.79 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21-0.76 โดยจะบรรยายคุณลักษณะและพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกในแต่ละด้านออกเป็นระดับคุณภาพ

สมเสมอ ทักษิณ (2560, น. 28-29) ได้พัฒนาแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยพัฒนาตามแนวคิดของของสมปอง เพชรโรจน์ (2549) สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2554) และกัญญารัตน์ โคจร (2554) โดยใช้แนวคิดการประเมินของวาง ชางและลี (Wang, Chang; & Li, 2008) และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ เป็นแบบทดสอบชนิด

อัตรันย กำหนดสถานการณ์ 2 สถานการณ์ และมีข้อคำถาม 9 ข้อในแต่ละสถานการณ์ คะแนนเต็ม 84 คะแนน ซึ่งการประเมินจากองค์ประกอบ 5 ด้าน ดังนี้ 1)การเข้าถึงปัญหา 2)การคิดและแสวงหาวิธีการแก้ปัญหา 3)การทบทวนและเตรียมการ 4)การวางแผนแก้ปัญหา และ 5)การตรวจสอบการปฏิบัติ ในแต่ละด้านจะพิจารณาคำตอบที่สอดคล้องกับความคิดสร้างสรรค์ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดอย่างมีเหตุผล แบบทดสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.25-0.75 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25-0.63 และมีค่าความเชื่อมั่น 0.76

ศศิธร ศรีวงษ์ญาติดี (2560, น. 73-78) ได้พัฒนาแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มาจากการงานวิจัยของศศิธร ศรีรักษานนท์ (2540) และศิริพร แก้วอ่อน คุชฎี โยเหลา และกมลวรรณ คารมปราชญ์คล้ายแก้ว (2558) เป็นแบบทดสอบข้อเขียน จำนวน 1 ฉบับ คะแนนเต็ม 75 คะแนน จำนวน 3 ข้อ เป็นสถานการณ์ให้นักเรียนอ่านเนื้อเรื่อง แล้วแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ อันได้แก่ 1. เข้าใจปัญหาสามารถระบุปัญหาได้ 2. จำลองความคิดในการแก้ปัญหา 3. ตัดสินใจเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้ 4. สนับสนุนคำตอบ มีเกณฑ์การให้คะแนนโดยยึดหลักการให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของ Torrance (1974) โดยแบบทดสอบมีค่าความเที่ยง 0.81

Hooijdonk et al. (2020, pp. 4-5) ได้พัฒนาแบบวัดตามขั้นตอนของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 4 ขั้นตอน คือ

1. การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact finding) การค้นหาองค์ความรู้ต่าง ๆ ซึ่งวัดได้จากจำนวนองค์ความรู้ที่ระบุ
2. การค้นหาปัญหา (Problem finding) การระบุคุณภาพของการระบุปัญหา โดยให้คะแนนพิจารณาจากการระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์
3. การค้นหาความคิด (Idea finding) การประเมินความคิดคล่อง คิดคิดริเริ่ม ความสมบูรณ์และการปฏิบัติ

การประเมินความคิดคล่อง โดยการให้คะแนนความคิดที่แตกต่างกัน ระดับคะแนนตามจำนวนแนวคิดที่แสดงออกมา และไม่ให้คะแนนเมื่อไม่สามารถตีความหรือระบุแนวคิด

การประเมินความคิดริเริ่ม โดยใช้การวัดของลิเคิร์ต (Likert) 5 ระดับ หากเป็นความคิดที่คาดเดาได้และเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปให้ 0 คะแนน และหากเป็นแนวคิดที่สะท้อนให้เห็นถึงจินตนาการอย่างชัดเจนและเป็นมิติใหม่ให้ 4 คะแนน

การประเมินความสมบูรณ์ โดยใช้การวัดของลิเคอร์ท (Likert) 5 ระดับ ถ้าปัญหาไม่ถูกดำเนินการแก้ปัญหา ให้ 0 คะแนน และมีหลายขั้นตอนในการแก้ปัญหาให้ 4 คะแนน

การประเมินการปฏิบัติ โดยใช้การวัดของลิเคอร์ท (Likert) 5 ระดับ ถ้าวิธีการแก้ปัญหาเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติให้ 0 คะแนน สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ถูกต้องให้ 5 คะแนน

4.การหาวิธีการแก้ปัญหา (Solution finding) โดยเฉลี่ยคะแนนจากความคิดริเริ่ม ความสมบูรณ์และการปฏิบัติ

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยและการวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การประเมินมีหลากหลายวิธีการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์โดยการให้คะแนนกำหนดคะแนนไปในขั้นตอนและการให้คะแนนแบบองค์รวม เครื่องมือที่นิยมใช้ คือ แบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เป็นแบบอัตนัยที่เป็นคำถามปลายเปิด ไม่เป็นแบบเลือกตอบ การกำหนดสถานการณ์ และมีข้อความที่ครอบคลุมองค์ประกอบของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ และประเมินความคิด 4 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น และความคิดอย่างมีเหตุผล กำหนดรูปรีคะแนนในแต่ละขั้นตอน สำหรับแบบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของผู้วิจัยนั้นได้ปรับใช้แนวคิดแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ของยูพาพันธ์ มินวงษ์ (2558, น. 29-32) Hooijdonk et al (2020, pp. 4-5) มาสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ตามองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ คือ 1. การทำความเข้าใจปัญหา 2. การหาแนวทางการแก้ปัญหา 3. การวางแผนการแก้ปัญหา และใช้แนวคิดของชาร์ลส์ และคณะ (1987) การให้คะแนนโดยการวิเคราะห์ การกำหนดคะแนนตามขั้นตอนการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ โดยครอบคลุมถึงความคิดทั้ง 3 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดริเริ่ม และความคิดอย่างมีเหตุผล

2.5 เทคนิคพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์

เทคนิคพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์มีหลากหลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. เทคนิค SCAMPER

เทคนิคสแคมเปอร์ เป็นแนวคิดของ Bob Eberle ซึ่งเป็นการระดมสมองรูปแบบหนึ่ง เป็นวิธีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนคิดหาวิธีการใหม่ๆ ที่หลากหลาย โดยการใช้คำถามให้นักเรียนเกิดการระดมความคิดเพื่อเปลี่ยนแปลงหรือดัดแปลงให้เกิดความหลากหลาย (Flannagan & Sawyer, 2015, p. 38)

โดยตัวอักษรแต่ละตัวมาจากตัวแรกของวิธีที่จะใช้กระตุ้นให้เกิดแนวคิดใหม่ ประกอบด้วย (Flannagan & Sawyer, 2015, p. 38; ชัชฎา ทรรณลักษณ์, 2560, น. 28-29),

1. S ย่อมาจาก Substitute หมายถึง การแทนที่ เป็นการตั้งคำถามเพื่อหาวิธีการหรือสิ่งที่จะมาทดแทนสิ่งเดิมที่มีอยู่หรือปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ ทำให้เกิดวิธีการใหม่ ๆ เมื่อมองหาสิ่งใหม่ ๆ มาทดแทน ตัวอย่างการตั้งคำถาม

มีวัสดุหรืออุปกรณ์อะไรหรือไม่ที่สามารถนำมาแทนที่เพื่อพัฒนาชิ้นงานให้ดีขึ้น

วัสดุหรืออุปกรณ์อะไรที่สามารถนำมาใช้แทนที่ในการพัฒนาชิ้นงาน

มีวัสดุหรือผลิตภัณฑ์อื่นที่สามารถใช้แทนที่ได้หรือไม่

กฎอะไรที่สามารถใช้แทนที่ได้

สามารถใช้ผลิตภัณฑ์อื่นหรือทดแทนสิ่งอื่นได้หรือไม่

จะเกิดอะไรขึ้นถ้าคุณเปลี่ยนความรู้สึกหรือทัศนคติที่มีต่อชิ้นงาน

2. C ย่อมาจาก Combine หมายถึง การผสมผสาน เป็นการผสมผสานสิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่ออกมาให้เกิดสิ่งใหม่ ตัวอย่างการตั้งคำถาม

จะเกิดอะไรขึ้นถ้าคุณรวมผลิตภัณฑ์นี้เข้าด้วยกันเพื่อสร้างสิ่งใหม่

จะเกิดอะไรขึ้นถ้าหากว่ารวมวัตถุดิบ

อะไรที่สามารถนำมารวมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของชิ้นงานนี้

สามารถรวมความรู้และทรัพยากรเข้าด้วยกันเพื่อสร้างแนวคิดใหม่ให้ชิ้นงานได้อย่างไร

3. A ย่อมาจาก Adapt หมายถึง การปรับเอาสิ่งอื่นมาใช้ สิ่งของหรือแนวคิดใหม่ทั้งหมดโดยส่วนมากแล้วมาจากแนวคิดเดิมที่มีอยู่เพราะฉะนั้นการปรับสิ่งอื่นมาใช้ ตัวอย่างการตั้งคำถาม

คุณจะปรับวัสดุหรือกระบวนการนี้เพื่อตอบสนองวัตถุดิบหรือการใช้งานอื่นได้อย่างไร

ใครหรืออะไรคือสิ่งที่คุณสามารถเลียนแบบเพื่อปรับชิ้นงาน

มีอะไรอีกบ้างที่เหมือนชิ้นงานของคุณ

บริบทอื่นที่คุณสามารถนำปรับใช้กับชิ้นงานของคุณ

ชิ้นงานหรือแนวคิดอื่นใดที่คุณสามารถใช้เป็นแรงบันดาลใจ

4. M ย่อมาจาก Modify หมายถึง การปรับเปลี่ยน/ดัดแปลง ในขั้นนี้เป็นการเพิ่มเติมแนวคิดหรือขยายแนวคิดที่มีอยู่ การตั้งคำถาม จะทำให้นักเรียนเกิดจินตนาการ ไม่มีกรอบมากำหนดความคิด ตัวอย่างการตั้งคำถาม

คุณจะเปลี่ยนรูปร่างรูปลักษณะหรือความรู้สึกของชิ้นงานนี้ได้อย่างไร
 คุณสามารถเพิ่มอะไรเพื่อแก้ไขชิ้นงานนี้
 คุณสามารถเพิ่มหรือให้ความสำคัญกับอะไรเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม
 องค์ประกอบใดที่สามารถสร้างแนวคิดหรือวิธีการใหม่ ๆ

5. P ย่อมาจาก Put to another use หมายถึง การประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่น เป็นการนำคำถามมากระตุ้นให้คิดต่อว่าสิ่งที่มีอยู่นั้นจะนำไปใช้กับสิ่งอื่นได้หรือไม่ ตัวอย่างการตั้งคำถาม

สามารถใช้ชิ้นงานนี้กับสิ่งอื่นได้หรือไม่
 ใครสามารถใช้ชิ้นงานนี้
 ชิ้นงานนี้มีวิธีการเหมือนหรือแตกต่างกันสิ่งอื่นหรือไม่
 สามารถนำสิ่งที่เหลือไปใช้ไหมได้อีกหรือไม่

6. E ย่อมาจาก Eliminate หมายถึง การกำจัดหรือตัดออก นวัตกรรมอาจไม่ได้เกิดจากการสร้างเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการกำจัดได้อีกด้วย ตัวอย่างการตั้งคำถาม

คุณจะปรับปรุงหรือลดความซับซ้อนของชิ้นงานนี้ได้อย่างไร
 คุณจะสามารกำจัดลักษณะหรือส่วนอื่นได้หรือไม่
 สิ่งใดที่สามารถลดน้อยลงได้บ้าง
 สามารถทำให้เล็กลงหรือเบาลงได้อย่างไร
 จะเกิดอะไรขึ้นถ้าเอาบางส่วนออกไป
 มีอะไรที่อยู่นั้น

7. R ย่อมาจาก Reverse หมายถึง การเรียงเรียงใหม่หรือย้อนกลับ การเรียงเรียงใหม่สามารถสร้างนวัตกรรมได้ ซึ่งเราจะเห็นได้ชัดเจนอยู่แล้วจากวงดนตรี ศิลปะ เพียงการเอาเรื่องเก่ามาเล่าในมุมมองที่แตกต่างย่อมเกิดประเด็นความคิดสร้างสรรค์ใหม่ ๆ ขึ้น ตัวอย่างการตั้งคำถาม

จะเกิดอะไรขึ้นหากคุณย้อนกลับกระบวนการนี้หรือเปลี่ยนแปลงลำดับขั้นตอนของกระบวนการ

ส่วนประกอบใดที่คุณสามารถแทนที่เพื่อเปลี่ยนลำดับของชิ้นงานนี้

บทบาทใดที่คุณสามารถสลับได้

คุณจะทำระเบียบชิ้นงานนี้ใหม่ได้อย่างไร

2. เทคนิคการระดมสมอง (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2556, น. 108-154)

หาความคิดใหม่ที่หลากหลายด้วยการระดมสมอง (Brainstorming) เมื่อมีปัญหที่ต้องการหาคำตอบใหม่ ๆ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาให้ดีขึ้น การใช้วิธีการเดิม ๆ หรือการคิดเพียงคนเดียวอาจไม่ทำให้เกิดคำตอบที่ดีที่สุด หากใช้วิธีการระดมสมองจะได้ความคิดใหม่ที่หลากหลาย เนื่องจากความคิดของคน ๆ หนึ่งจะไปกระตุ้นให้ผู้อื่นเกิดความคิดใหม่ ๆ แนวทางการระดมสมองให้มีประสิทธิภาพ มีข้อแนะนำ ดังนี้

1.1.1 กำหนดกลุ่มคนที่ จะเข้าร่วมการระดมสมอง ควรเลือกคนที่มีความหลากหลาย เพราะความหลากหลายจะช่วยให้เกิดมุมมองใหม่ ๆ มากขึ้น

1.1.2 จำนวนคนควรไม่มากเกินไป อาจอยู่ระหว่าง 7-12 คน

1.1.3 ควรใช้ระยะเวลาไม่นานนัก ประมาณ 15-20 นาที หรือครั้งละ 10 นาที แล้วพัก 3 นาทีแล้วค่อยเริ่มใหม่ เพื่อให้คนได้เปลี่ยนอิริยาบถและเพื่อป้องกันไม่ให้ความคิดริเริ่มวนเวียนอยู่ที่เดิมหรือล้าจนคิดอะไรไม่ออก

1.1.4 เขียนหัวข้อ หรือปัญหาที่ต้องการคำตอบไว้บนกระดานให้ชัดและเริ่มให้ทุกคนแสดงความคิดเห็น

1.1.5 จดทุก ๆ ความคิดเห็นไว้บนกระดาน และห้ามทุกคนวิพากษ์วิจารณ์แม้กระทั่งหัวเราะเยาะความคิดเห็นของผู้อื่น

3. เทคนิคการสังเคราะห์ส่วนประกอบ (Morphological Synthesis) เทคนิคนี้คิดขึ้นโดยสวิกกี (Zwicky, 1969) สามารถทำได้โดยการเขียนรายงานของแนวคิดที่เกี่ยวกับลักษณะหรือแง่มุมหนึ่งของสิ่งที่ต้องการตอบออกมาแล้วเขียนไว้ในแกนหนึ่ง และเขียนรายการของแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับอีกลักษณะหรืออีกแง่มุมหนึ่งของสิ่งที่ต้องการคำตอบออกมาแล้วเขียนไว้ในอีกแกนหนึ่ง ผลที่ได้คือช่วงตัด (Matrix) ระหว่างรายการของแนวคิดทั้งสอง หากเราเพิ่มลักษณะของมิติที่พิจารณาเพิ่มไปอีกเป็น 3 มิติ 4 มิติ จะช่วยให้เราได้รูปแบบใหม่ ๆ เพิ่มทวีคูณ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2556, น. 108-154)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า เทคนิคการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีหลากหลายซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยใช้เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) เนื่องจากเป็นเทคนิคช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดโดยใช้การ

ตั้งคำถามให้สามารถคิดนอกกรอบจากแนวคิดเดิม ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงกระบวนการแก้ปัญหาด้วย

3. การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

สะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนบูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์วิชาในการแก้ปัญหา ผ่านการจัดประสบการณ์เรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ NRC และ สสวท จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า รูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่วนใหญ่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหา ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้หลากหลาย และมีแนวคิดใหม่

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำรูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม NRC และ สสวท. ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาคือขั้นตอน และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน มาร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ ตามแนวทางของ Flannagan and Sawyer และชัชฎา ทรรณลักษณ์ (Flannagan & Sawyer, 2015, p. 38; ชัชฎา ทรรณลักษณ์, 2560, น. 28-29) สำนักงานส่งเสริมวิทย์ศาสตร์และเทคโนโลยี (2559, Online) ให้ข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ จะต้องใช้เทคนิคหรือเครื่องมือที่จะช่วยให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และความคิดที่หลากหลาย ซึ่งความคิดที่หลากหลายแนวทางและความคิดริเริ่มมีความสำคัญต่อทักษะกระบวนการทางวิศวกรรม นอกจากนี้ไตรรงค์ เมธีผาติกุล (2556, น. 141-142) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าในขั้นตอนของการออกแบบวิธีแก้ปัญหาผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดออกมา จะสามารถพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ได้โดยใช้เทคนิควิธีการสร้างแนวคิด

ดังนั้นผู้วิจัยได้นำเทคนิคแคมเปอร์มาใช้ร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดในมุมมองใหม่ ๆ คิดออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ หลากหลาย และคิดนอกกรอบจากแนวความคิดเดิม ๆ โดยมีชุดคำถามตามเทคนิคแคมเปอร์ ดังตาราง

ตาราง 5 แสดงรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ขั้นการดำเนินกิจกรรมตามแนวทาง กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	คำถามจากเทคนิคสแคมเปอร์
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียน เขียนลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือร่างภาพ ชิ้นงานที่จะดำเนินการสร้าง หลังจากนั้นตอบ คำถามตามเทคนิคสแคมเปอร์	S = มีวิธีการอื่นอีกหรือไม่ที่สามารถใช้ในการ แก้ปัญหาได้ C = จะเกิดอะไรขึ้นหากผสมผสานวิธีการ แก้ปัญหากับวิธีการอื่น ๆ อีก A = มีวิธีการแก้ปัญหาอื่น ๆ อีกหรือไม่ที่ เหมาะสม M = จะสามารถดัดแปลงวิธีการแก้ปัญหาเป็น วิธีการอื่นอีกได้หรือไม่ P = วิธีการแก้ปัญหานี้เหมือนหรือต่างจากสิ่ง อื่น ๆ หรือไม่ E = สามารถปรับหรือลดความซับซ้อนของ วิธีการการแก้ปัญหาเป็นแบบอื่นได้หรือไม่ R = หากมีการเปลี่ยนแปลงลำดับขั้นตอนของ วิธีการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร

4. หน่วยการเรียนรู้

4.1 ความหมายของหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ หมายถึง การจัดมวลประสบการณ์ให้กับนักเรียนโดยจัดเป็นเนื้อหาสาระตามกลุ่มสาระการเรียนรู้หรือจัดกลุ่มเนื้อหาที่มีความเชื่อมโยงกันเข้าด้วยกันภายใต้หัวข้อเรื่องเดียวกัน (กุลนิสากาญจน์ รัตนรักษ์, 2560, น. 9; จาริพร ผลมูล, 2558, น. 15; นฤมล การชัยศรี, 2560, น. 15) โดยการออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้เนื้อหาและกิจกรรมมีความสอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษา (กุลนิสากาญจน์ รัตนรักษ์, 2560, น. 9) และสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ หน่วยการเรียนรู้ยังเป็นองค์ความรู้ที่ครบวงจรในเรื่องหนึ่ง ๆ ซึ่งเกิดจากการจำแนกเนื้อหาของแต่ละสาระการเรียนรู้หรือรายวิชาออกเป็นเรื่องหนึ่ง ๆ (วัฒนาพร ระงับทุกข์, 2545, น. 130) ซึ่งอาจจะมีมากกว่า 1 บทเรียนและมีแบบฝึกหัดแบบทดสอบประกอบการเรียนรู้ (เบญจมาศ

อยู่เป็นแก้ว, 2548) โดยระยะเวลาที่ใช้ ทำให้นักเรียนมีการเรียนรู้ในด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ ในขณะเดียวกันสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2549, น. 11) ได้กล่าวว่า หน่วย การเรียนรู้เป็นแผนหรือแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ครูจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วยประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายปี หรือรายภาค สารซึ่งเป็นองค์ความรู้ ทักษะ/ กระบวนการ กิจกรรมการเรียนการสอน ชิ้นงานหรือภาระงานที่ให้นักเรียนปฏิบัติ การวัดผลและประเมินผล

จากการศึกษาหน่วยการเรียนรู้ คือ การจัดกลุ่มเนื้อหาที่มีความเชื่อมโยงกันอยู่ ภายใต้เรื่องเดียวกัน โดยการออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเนื้อหาให้สอดคล้องกับหลักสูตร สถานศึกษา เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ ทักษะกระบวนการ และเจตคติตามจุดประสงค์ในแต่ละเรื่อง

4.2 องค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้

การจัดทำหน่วยการเรียนรู้ตามหลักสูตร ซึ่งมีมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดเป็น ตัวกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ มีการออกแบบเนื้อหาและกิจกรรมให้สอดคล้องกับหลักสูตร เพื่อนำไปพัฒนานักเรียนให้เหมาะสมกับบริบท ซึ่งองค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้มีดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 62; รุจิรุ ภู่อาระ, 2545, น. 10)

1. ชื่อหน่วยการเรียนรู้หรือหัวเรื่อง แสดงให้เห็นถึงเป้าหมาย สารสำคัญ และ ความคิดรวบยอด ดังนั้นชื่อหน่วยควรมีความน่าสนใจ เหมาะสมกับวัย มาตรฐานการเรียนรู้และ ตัวชี้วัด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ กล่าวถึงเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนจะ ได้รับเมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้แล้ว ซึ่งจุดประสงค์การเรียนรู้จะสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ ตัวชี้วัด
3. เนื้อหาสาระ ต้องมีความสอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของ นักเรียน
4. กิจกรรมการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เกิด ความรู้และทักษะกระบวนการ
5. การวัดและประเมินผล เป็นการบรรยายถึงประสิทธิภาพการสอนหรือหน่วย การเรียนรู้ มีวิธีการวัดผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ อาจจะวัดระหว่างการจัดกิจกรรม การเรียนรู้หรือเมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการศึกษาองค์ประกอบของหน่วยการเรียนรู้ พบว่า ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้ ชื่อหน่วยการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล

4.3 ขั้นตอนการสร้างหน่วยการเรียนรู้

นักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้เสนอขั้นตอนของการสร้างหน่วยการเรียนรู้ไว้ดังนี้

สุวรรณ จัษฎทอง (2560, น. 145-146) ได้เสนอการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ที่มีมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดเป็นเป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้ซึ่งมี 3 ขั้นตอนหลัก (Wiggins & McTghe, 2005) โดยมีรายละเอียด

ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ เป็นการตั้งเป้าหมายของการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ชื่อหน่วย 2) เป้าหมายการเรียนรู้ 3)สาระสำคัญ 4) มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดและ 5) คุณลักษณะที่สำคัญ

ขั้นที่ 2 กำหนดหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยกำหนดเป็นภาระงานที่ต้องทำเมื่อเรียนจบในหน่วยนี้

ขั้นที่ 3 ออกแบบการจัดการเรียนรู้ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับหลักฐานการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และบรรลุเป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้

อึ้ง บั้วศรี (2531, น. 255-256) ได้กำหนดขั้นตอนการจัดหน่วยการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

1. คำนำ การอธิบายหลักการและเหตุผลในการจัดทำหน่วยการเรียนรู้ โดยอธิบายให้เห็นถึงความสำคัญของหน่วยการเรียนรู้

2. กำหนดรายการหัวข้อย่อย โดยการระบุหัวข้อทั้งหมดที่นักเรียนจะได้เรียนรู้

3. กำหนดจุดประสงค์ มีทั้งจุดประสงค์ทั่วไป และจุดประสงค์เฉพาะ จุดประสงค์ที่กำหนดขึ้นมานั้นจะต้องครอบคลุมพัฒนาต่าง ๆ

4. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน โดยการเลือกวิธีการที่เหมาะสม ในการจัดกิจกรรมอาจจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นที่จะนำเข้าสู่หน่วย ขั้นดำเนินการและขั้นสรุปผล

5. กำหนดการประเมินผล การประเมินผลการเรียนรู้ ตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้เมื่อนักเรียนได้กระทำสิ่งต่าง ๆ ครบถ้วนตามหัวข้อกำหนดหรือเรียนจบหน่วยแล้ว

6. กำหนดการบรรณานุกรม เป็นรายการหนังสือต่าง ๆ ที่ผู้สอนใช้ประกอบการสอน

นอกจากนี้จารีพร ผลมูล (2558 , น. 4) ได้เสนอกระบวนการสร้างหน่วยการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. สร้างหน่วยการเรียนรู้ ตามรูปแบบการบูรณาการ แบบสอดแทรกเนื้อหาโดยยึดองค์ความรู้วิทยาศาสตร์เป็นแกนหลักโดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ
2. หาคุณภาพหน่วยการเรียนรู้ โดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อปรับปรุง แก้ไข ให้เหมาะสมกับบริบทของนักเรียน
3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
4. ประเมินผลการใช้หน่วยการเรียนรู้

จากการศึกษาขั้นตอนการสร้างหน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สรุปการสร้างหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งเป็นขั้นตอนการสร้างหน่วยการเรียนรู้ตามแนวทางของ อารัง บัวศรี (2531: น. 255-256) ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการสร้างหน่วยการเรียนรู้ ดังนี้ 1.กำหนดชื่อหน่วยการเรียนรู้ 2.กำหนดคำนำ 3.กำหนดหัวข้อย่อยที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้ 4.กำหนดจุดประสงค์ 5.กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ 6.กำหนดการวัดและประเมินผล 7.กำหนดบรรณานุกรม หลังจากดำเนินการสร้างหน่วยการเรียนรู้ แล้วนำหน่วยการเรียนรู้ไปหาคุณภาพ โดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ และทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาปรับปรุงให้เหมาะสม เมื่อปรับปรุงเรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปนำไปดำเนินการจัดการเรียนรู้และประเมินผลการใช้หน่วยการเรียนรู้ (จารีพร ผลมูล, 2558, น. 4)

5. ความพึงพอใจ

5.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่แสดงออกมาจากภายในของบุคคลแต่ละบุคคล (จารีพร ผลมูล, 2558, น. 61; ยูพาพันธ์ มินวงษ์, 2558, น. 108) ความพอใจ รู้สึกชอบและไม่ชอบของบุคคลที่แสดงออก (วิลาวัดย์ อินตะเชื่อน, 2558, น. 64) ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่บุคคลได้รับอาจจะเป็นความรู้สึกทางบวกหรือทางลบก็ได้ (จารีพร ผลมูล, 2558, น. 61) ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่แสดงออกในทางที่ดีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ๆ จะเกิดได้ก็ต่อเมื่อมีสิ่งมากระตุ้นในการเรียนการสอน ความพึงพอใจเป็นสิ่งที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความตั้งใจ และสามารถทำงานได้รับมอบหมายให้ประสบผลสำเร็จ (สุรจิรา บุญเลิศ, 2556, น. 30) วัดได้จากการสังเกตลักษณะที่แสดงออก การแสดงออกทางพฤติกรรม การประเมินผลอาจใช้การตอบแบบสอบถามวัด

ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ (ภูวกฤต ใจหอม, 2560, น. 109; หนึ่งฤทัย ชูแก้ว, 2556, น. 79) ซึ่งสอดคล้องกับ สุรุจิรา บุญเลิศ (2556, น. 30) ที่กล่าวว่า ความพึงพอใจสามารถวัดได้จากการใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ การสังเกต เป็นต้น

ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า เป็นความรู้สึกของบุคคล รู้สึกชอบไม่ชอบที่บุคคลแสดงออกมาเมื่อมีสิ่งมากระตุ้น สามารถวัดได้จากแบบวัดความพึงพอใจ

5.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

นักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้เสนอไว้ ดังนี้

1. ทฤษฎีลำดับขั้นความต้องการของอับราฮัม มาสโลว์ (Abraham Maslow) ได้ตั้งทฤษฎีโดยมีแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับพฤติกรรมของมนุษย์ไว้ (Maslow, 1954 อ้างถึงใน ทิศนา แหมมณี, 2556, น. 69) ดังนี้

1) ลักษณะความต้องการของมนุษย์ ประกอบด้วย โดยเริ่มจากระดับความต้องการขั้นต่ำไปสู่ระดับความต้องการขั้นสูง มนุษย์มีความต้องการอยู่เสมอ

2) ลำดับความต้องการของมนุษย์ (Hierarchy of Need) ความต้องการของมนุษย์มี 5 ระดับ คือ ความต้องการด้านกายภาพ เพื่อความดำรงชีวิต เช่น ต้องการอาหารที่อยู่อาศัย และความต้องการทางเพศ ความต้องการทางด้านร่างกายจะมีส่งผลต่อพฤติกรรมของมนุษย์ ความต้องการเพื่อให้เกิดความปลอดภัยจากสิ่งต่าง ๆ ความต้องการความรักและความต้องการทางด้านสังคมในการอยู่ร่วมกันและการได้รับการยอมรับจากบุคคลอื่น

2. ทฤษฎีการจูงใจการบำรุงรักษาของ Herzberg ได้กล่าวถึงปัจจัยการจูงใจซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้ปฏิบัติงานด้านความพึงพอใจ ได้แก่ โอกาส ความรับผิดชอบ การยอมรับความสำเร็จ ความเจริญก้าวหน้า และปัจจัยการบำรุงรักษา ตัวขัดขวางความพึงพอใจ ได้แก่ นโยบายขององค์กร สภาพการทำงาน ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (ไพฑูรย์ เรืองมกล, 2540, น. 16-20)

3. ทฤษฎีแรงจูงใจของ Mc Celland ซึ่งแบ่งความต้องการของมนุษย์เป็น 3 ประการ คือ ความต้องการความสำเร็จ ความต้องการมีอำนาจ และความต้องการความสัมพันธ์ โดยความต้องการความสำเร็จหรือที่เรียกว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์นั้น ถ้าบุคคลใดมีสูงจะมีความปรารถนาที่จะทำสิ่งหนึ่งให้ลุล่วงไปด้วยดี และแข่งขันกันมาตรฐานอันดีเยี่ยม (ไพฑูรย์ เรืองมกล, 2540, น. 16-20)

4. ทฤษฎีการคาดหวังของ Vroom ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับแรงจูงใจในการทำงานของบุคคล จะประเมินความเป็นไปได้ของผลที่กำลังเกิดขึ้นแล้ว จึงดำเนินการปฏิบัติที่ตน

คาดหวังไว้ การจูงใจขึ้นอยู่กับความคาดหวังของมนุษย์ บุคคลจะร่วมกิจกรรมที่เขาคาดหวังว่าจะได้รับรางวัลหรือสิ่งต่าง ๆ ที่เขาปรารถนา (ไพฑูรย์ เริงกมล, 2540, น. 16-20)

โดยสรุปแล้วทฤษฎีที่เกี่ยวกับความพึงพอใจ คือ ความต้องการของบุคคลมีความต้องการไม่เท่ากันเนื่องจากบริบทหรือสภาพแวดล้อมของบุคคลแตกต่างกัน ความต้องการจะขึ้นอยู่กับความพึงพอใจที่ได้รับการตอบสนองความต้องการ หากได้รับการตอบสนองให้เกิดความพึงพอใจในระดับหนึ่งก็จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน

5.3 การวัดและประเมินความพึงพอใจ

วิธีการวัดความพึงพอใจจะเลือกใช้วิธีการใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ความสะดวก และจุดมุ่งหมายรวมไปถึงกลุ่มตัวอย่างที่จะวัด หากต้องการได้ข้อมูลจำนวนมาก สะดวกในการวิเคราะห์ และกลุ่มตัวอย่างสามารถอ่านและเข้าใจข้อคำถามได้ ก็อาจจะเลือกใช้แบบสอบถาม เพราะนอกจากจะช่วยประหยัดเวลาแล้วผู้ตอบยังมีอิสระในการตอบคำถาม แต่ถ้ากลุ่มตัวอย่างไม่สามารถอ่านข้อความอาจจะต้องเลือกใช้การสัมภาษณ์ หรือการสังเกต (ยุพาพันธ์ มินวงษ์, 2558, น. 110) ซึ่งวิธีวัดความพึงพอใจสามารถทำได้หลายวิธี (หนึ่งฤทัย ชูแก้ว, 2558, น. 85) ดังนี้

1. การสังเกต (Observation) สังเกตการณ์จากการแสดงออกของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ครูต้องการวัด
2. การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นการสอบถามนักเรียนในประเด็นที่ต้องการเพื่อนำสิ่งที่นักเรียนพูดออกมาแปลความหมาย
3. การใช้แบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็นการสร้างเครื่องมือขึ้นมาเพื่อวัดความสนใจ คุณธรรมจริยธรรมและทัศนคติ

ในการวัดความพึงพอใจนักวิชาการหลาย ๆ ท่านใช้แบบสอบถามวัดความพึงพอใจ อาทิเช่น จาริพร ผลมูล (2558, น. 66) ที่ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยบูรณาการแบบ STEAM โดยใช้แบบวัดความพึงพอใจ ซึ่งเป็นแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ โดยวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่จำนวน 5 ด้าน คือ 1) เนื้อหาสาระของวิชา 2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) สื่อการเรียนรู้ 4) บรรยากาศเพื่อการเรียนรู้ 5) บุคลิกภาพครู

ยุพาพันธ์ มินวงษ์ (2558, น. 11) ได้วัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เป็นความรู้สึกละเอียดของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น จำนวน 20 ข้อ โดยประกอบด้วย 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 เตรียมความพร้อม ระยะที่ 2 สร้างสรรค์โครงการ ระยะที่ 3 นำเสนอผลงาน โดยประเมินจากแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ ซึ่งเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย พึงพอใจน้อยที่สุด และข้อเสนอแนะปลายเปิดให้นักเรียนแสดงความรู้สึกเพิ่มเติมที่มีต่อรูปแบบการสอน

วิลาวัณย์ อินตะเขื่อน (2558, น. 8) ได้ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนของนักเรียน ที่เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้แบบคละชั้นวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 เรื่อง พืชในท้องถิ่น โดยแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราวัดการประเมินค่ามี 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด จำนวน 13 ข้อ พิจารณาโดยรวมใน 3 ด้าน คือ ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการสอน และแหล่งเรียนรู้ในโรงเรียน ด้านการวัดผลและประเมินผล โดยมีเกณฑ์เปรียบเทียบความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการให้หน่วยการเรียนรู้แบบคละชั้น วิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5

สมควร ไช้แก้ว (2558, น.13) ได้ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นแหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียน ซึ่งพิจารณาตามคะแนนที่ได้จากการตอบแบบวัดความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา/สาระการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล ซึ่งเป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า(Rating Scale) ตามวิธีการวัดของลิเคอร์ท (Likert) 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง จำนวน 26 ข้อ

ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวัดและประเมินความพึงพอใจมีหลากหลายวิธี ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกวิธีการวัดและประเมินผลวิจัยแบบการใช้แบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีการวัดของลิเคอร์ท (Likert) เพื่อวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา/สาระการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 20 ข้อ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน
4. การสร้างหน่วยการเรียนรู้
5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การกระทำข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
8. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
9. จริยธรรมวิจัย

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสำนักงานเขตพื้นที่มัธยมศึกษาเขต 1 เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 มีจำนวน 584 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) โดยเจาะจงห้องเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ใกล้เคียงกัน 2 ห้องเรียน จำนวน 56 คน เป็นกลุ่มทดลอง 2 ห้องเรียน กลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 27 คน และกลุ่มทดลองที่ 2 จำนวน 29 คน มีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์

กลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการทดลอง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 โดยใช้เวลาในการทดลอง 15 คาบ คาบละ 50 นาที โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนเองทั้ง 2 กลุ่ม

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

รายวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง

2. แบบแผนการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ที่มีแบบแผนการวิจัยแบบศึกษา 2 กลุ่มวัดสองครั้ง (Two group Pretest-Posttest Design) (วรณี แกมเกตุ, 2555) มีกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม โดยมีการเก็บข้อมูลทั้งสองกลุ่มก่อนทดลองและหลังทดลอง (Pretest – Posttest) ดังภาพที่ 3

E_1	O_1	X_1	O_2
E_2	O_3	X_2	O_4

ภาพประกอบ 2 แบบแผนการวิจัยกึ่งทดลองแบบศึกษา 2 กลุ่มวัดสองครั้ง

(Two group Pretest-Posttest Design)

โดยที่

E_1 แทน กลุ่มทดลองที่ 1

E_2 แทน กลุ่มทดลองที่ 2

O_1, O_3 แทน แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ก่อนเรียน

O_2, O_4 แทน แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หลังเรียน

X_1 แทน การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปออร์

X₂ แทน การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ในการดำเนินการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และความพึงพอใจโดยรวมและศึกษาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัย

ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์เอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผู้วิจัยทำการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของสะเต็มศึกษา ลักษณะ ความสำคัญ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประโยชน์ ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ พบว่า การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชา นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรม นำองค์ความรู้ไปเชื่อมโยงและประยุกต์ในการแก้ปัญหาในชีวิต โดยเป็นการท้าทายความสามารถของนักเรียน เพราะเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนมีการตั้งคำถามและตั้งปัญหาที่ไปกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้และแสดงความคิดเห็นเพื่อให้สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ได้ ซึ่งในงานวิจัยผู้วิจัยจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary integration) จำนวน 4 สัปดาห์ (15 ชั่วโมง) โดยใช้หน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการจัดการเรียนรู้

3.1.2 ศึกษาและวิเคราะห์เอกสารเกี่ยวกับเทคนิคสแคมเปอร์

จากศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับเทคนิคการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยพบว่า เทคนิคสแคมเปอร์เป็นเทคนิคที่ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้โดยการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการระดมสมอง กระตุ้นให้นักเรียนคิดหาแนวทางหรือวิธีการที่หลากหลาย และแตกต่างออกไปจากเดิม และส่งเสริมให้นักเรียนคิดได้หลากหลาย ซึ่งในงานวิจัยนำเทคนิคสแคมเปอร์มาใช้ในขั้นการจัดการเรียนรู้ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ

3.1.3 ศึกษาและวิเคราะห์เอกสารเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยทำการศึกษาความหมาย ความสำคัญ องค์ประกอบ การวัดและประเมินผล ผู้วิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เป็นความสามารถของบุคคลที่สามารถแก้ไข ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหา โดยใช้ความคิดแบบอเนกนัย และการคิดแบบเอกนัยเพื่อให้ สร้างแนวคิดการแก้ปัญหาที่หลากหลาย แปลงใหม่จากแนวคิดเดิม ความสามารถในการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ คือ 1. การทำความเข้าใจปัญหา 2. การ หาแนวทางการแก้ปัญหา 3. การวางแผนการแก้ปัญหา

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มทดลองกลุ่มที่ 1 เป็นการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิค สแคมเปอร์ ส่วนกลุ่มทดลองกลุ่มที่ 2 เป็นการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 4 กิจกรรม และมีแผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที

4. การสร้างหน่วยการเรียนรู้

การจัดทำโครงร่างหน่วยการเรียนรู้

จากข้อมูลที่ได้จากบทที่ 2 นำมาเป็นองค์ประกอบในการสร้างโครงร่างหน่วยการ เรียนรู้ โดยประกอบด้วยองค์ประกอบ ดังนี้

1. ชื่อหน่วยการเรียนรู้ คือ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง โดยการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิค สแคมเปอร์และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2. จุดมุ่งหมายของหน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยสร้างหน่วยการเรียนรู้ เพื่อพัฒนา ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

3. โครงสร้างการบูรณาการหน่วยการเรียนรู้และโครงสร้างเวลาของหน่วยการ เรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เชื่อมโยงความรู้ทักษะจาก 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มาสร้างหน่วยการเรียนรู้สะเต็ม ศึกษา เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง โดยประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 4 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 อยู่ใกล้หรือไกลจะไปในไหว กิจกรรมที่ 2 เร็วสู้พัด กิจกรรมที่ 3 ล่องลอยในสายน้ำ กิจกรรมที่ 4

สะพานหรรษา โดยแต่ละกิจกรรมนักเรียนในแต่ละกลุ่มจะได้ดำเนินการตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใช้เวลาสัปดาห์ละ 3 คาบ รวมทั้งสิ้น 15 คาบ ซึ่งการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ครั้งนี้มีโครงสร้างเนื้อหาและโครงสร้างเวลา ดังตารางที่ 6

ตาราง 6 โครงสร้างการบูรณาการหน่วยการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

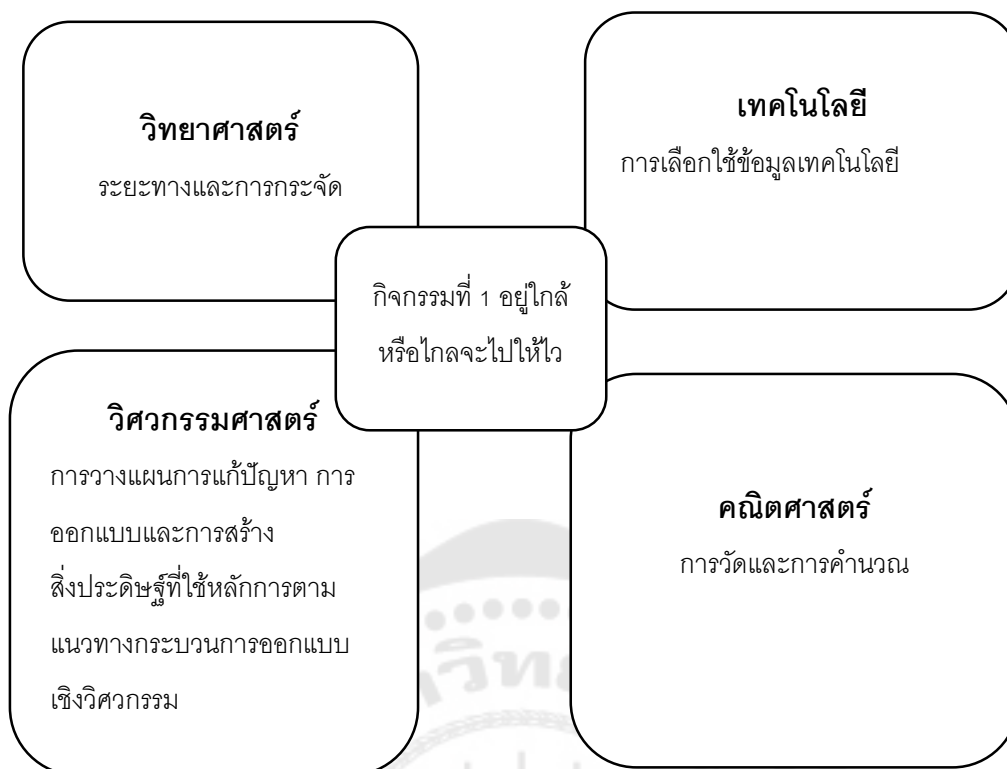
แผนการจัด กิจกรรม	สถานการณ์ ปัญหา	การบูรณาการเนื้อหา				เวลาที่ ใช้ (คาบ)
		วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	
แผนการจัด การเรียนรู้ที่ 1 อยู่ใกล้หรือ ไกลจะไปที่ไหน	ให้นักเรียน ออกแบบเส้นทาง ที่สามารถเดินทาง มาถึงโรงเรียนได้ เร็วที่สุด (โดยใช้ Google map แล้ว สร้างเป็นโมเดล)	ระยะทางและ การกระจัด	การวัดและ การคำนวณ	การเลือกใช้ ข้อมูล เทคโนโลยี	การวางแผนการ แก้ปัญหา การ ออกแบบและการ สร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ หลักการตามแนวทาง กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม	3
แผนการจัด การเรียนรู้ที่ 2 เร็วสุด ที่สุด	ให้นักเรียน ออกแบบรถที่ สามารถวิ่งได้เร็ว ที่สุด	ความเร็ว อัตราเร็ว และแรง เสียดทาน	การวัดและ การคำนวณ	การเลือกใช้ ข้อมูล เทคโนโลยี	การวางแผนการ แก้ปัญหา การ ออกแบบและการ สร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ หลักการตามแนวทาง กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม	6
แผนการจัด การเรียนรู้ที่ 3 ล่องลอยใน สายน้ำ	ให้นักเรียน ออกแบบเรือให้ สามารถบรรทุก ผู้โดยสารให้ ได้มากที่สุด	แรงและความ ดันของ ของเหลว แรง พยุงของ ของเหลว	การหา ปริมาตรและ การคำนวณ	การเลือกใช้ ข้อมูล เทคโนโลยี	การวางแผนการ แก้ปัญหา การ ออกแบบและการ สร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ หลักการตามแนวทาง กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม	3

ตารางที่ 6 (ต่อ)

แผนการจัด กิจกรรม	สถานการณ์ ปัญหา	การบูรณาการเนื้อหา				เวลาที่ ใช้ (คาบ)
		วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	
แผนการจัด การเรียนรู้ที่ 4 สะพาน หรรษา	ให้นักเรียน ออกแบบสะพานที่ สามารถรองรับ น้ำหนักได้มาก ที่สุด	โมเมนต์ของ แรง	การวัดและ การคำนวณ	การเลือกใช้ ข้อมูล เทคโนโลยี	การวางแผนการ แก้ปัญหา การ ออกแบบและการ สร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ หลักการตามแนวทาง กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม	3

4. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์จริง ทำทายความสามารถของนักเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น เพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเชื่อมโยงความรู้ทักษะจาก 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้มาเพื่อนำมาแก้ปัญหาในสถานการณ์ สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้น ซึ่งในการจัดการเรียนรู้ได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 3 เนื่องจากอยู่ในช่วงของสถานการณ์โควิด-19 ทำให้ไม่สามารถดำเนินการจัดกิจกรรมได้ครบทุกขั้นตอน

ตัวอย่างกรอบแนวคิดการบูรณาการองค์ความรู้ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดการบูรณาการองค์ความรู้

5. สื่อและแหล่งการเรียนรู้ ระบุแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น กิจกรรมที่ 1 อยู่ใกล้หรือไกลจะไปที่ไหน แหล่งเรียนรู้คือ แผนที่จาก Google Map วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น ไม้บรรทัด กล้อง กระดาษ เป็นต้น

6. การวัดและประเมินผล หน่วยการเรียนรู้สะสมเต็มศึกษาจะพิจารณาผลจาก 2 ประเด็น ดังนี้ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 2) ความพึงพอใจของนักเรียน

5. การพัฒนาเครื่องมือ

5.1 เครื่องมือในการวิจัย

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 4 หน่วยย่อย ประกอบด้วย 4 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ 4 หน่วยย่อย ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 อยู่ใกล้หรือไกลจะไปที่ไหน กิจกรรมที่ 2 เร็วสุดกี่วินาที กิจกรรมที่ 3 ล่องลอยในสายน้ำ กิจกรรมที่ 4 สะพานหรรษา

การสร้างเครื่องมือในการวิจัยมีวิธีการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือตามลำดับดังนี้

5.1 แผนการจัดการเรียนรู้

เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยการจัดการเรียนรู้สะสมเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์และการจัดการเรียนรู้สะสมเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วม เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยดำเนินการดังนี้

5.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ศึกษาคำอธิบายรายวิชา เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม

5.1.2 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

1. มาตรฐานและตัวชี้วัด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้
3. สาระสำคัญ
4. กิจกรรมการเรียนรู้
5. สื่อ อุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้
6. การวัดและประเมินผล
7. บันทึกหลังการสอน

ผู้วิจัยได้สรุปหัวข้อการจัดการเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ได้ดังตารางที่ 7

ตาราง 7 หัวข้อการจัดการเรียนรู้และเวลาที่ใช้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	หัวข้อการจัดการเรียนรู้	เวลาที่ใช้(คาบ)
1	กิจกรรมที่ 1 อยู่ใกล้หรือไกลจะไปให้ไว	3
2	กิจกรรมที่ 2 เร็วสู้พัด	6
3	กิจกรรมที่ 3 ล่องลอยในสายน้ำ	3
4	กิจกรรมที่ 4 สะพานหรรษา	3

5.1.3 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัย ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เสนอแผนการจัดการเรียนรู้ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการเรียน สื่อการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2. เสนอแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ด้านศาสตร์ศึกษา ด้านสะเต็มศึกษาและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ จำนวน 3 ท่าน โดยพิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ พิจารณาความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับนิยามศัพท์เฉพาะ ใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ (Rowinelli and Hambleton 1977 อ้างถึงใน ล้วน สายยศและ อังคณา สายยศ. 2539, น. 249) ดังนี้

ดังนี้

- +1 คือ แน่ใจว่าข้อความในแบบประเมินสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ
- 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อความในแบบประเมินสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ
- 1 คือ แน่ใจว่าข้อความในแบบประเมินไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

การพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัย สร้างแบบประเมินในลักษณะมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยกำหนดคะแนนของระดับความคิดเห็น ดังนี้

- 5 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด
- 4 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มาก
- 3 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ ปานกลาง
- 2 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อย
- 1 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแปลผลระดับของความเหมาะสม จากค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ของเบสท์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2549, น. 135) ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายความว่า มีความเหมาะสมมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายความว่า มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายความว่า มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายความว่า มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายความว่า มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (ดังภาคผนวก ค) และมีค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยของทุกแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ระหว่าง 4.33-5.00 อยู่ในระดับความเหมาะสมมาก (ภาคผนวก ข)

ผู้วิจัยได้ปรับแก้ตามข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญในประเด็น ดังนี้

1) ผู้เชี่ยวชาญแนะนำว่า สถานการณ์ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตประจำวันได้ ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยการออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันให้ได้มากที่สุด

2) ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะว่า ระยะเวลาในการทำกิจกรรมไม่สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญโดยแก้ไขระยะเวลาในการทำกิจกรรมและปรับปรุงรูปแบบของกิจกรรมให้มีความเหมาะสมกับเวลามากขึ้น

3) ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะว่า ควรแนบเกณฑ์การประเมินชิ้นงานในแต่ละกิจกรรม ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน

6. ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทำการศึกษานำร่อง (Try Out) กับนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ปีการศึกษา 1/2564 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 24 คน จากนั้นปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ในประเด็น ดังนี้

1) ผู้วิจัยได้ปรับแก้ข้อคำถามของเทคนิคสแคมเปอร์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจข้อคำถามมากขึ้น

2) ผู้วิจัยได้ปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ในกิจกรรมที่ 1 อยู่ใกล้หรือไกลจะไปให้ไว เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจสถานการณ์เนื่องจากมีเงื่อนไขและข้อจำกัดหลายข้อ ผู้วิจัยจึงได้ปรับแก้สถานการณ์ให้เหมาะสมมากขึ้น

5.2 เครื่องมือในการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูล จำนวน 2 ฉบับ ดังนี้

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
2. แบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ฯ

การสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลแต่ละประเภทมีวิธีการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือตามลำดับ ดังนี้

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

เป็นแบบทดสอบข้อเขียน จำนวน 2 ฉบับ คะแนนเต็มฉบับละ 52 คะแนน โจทย์ปัญหาเป็นสถานการณ์ให้นักเรียนตอบคำถาม 3 ข้อตามองค์ประกอบของความสามารถในการการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทั้ง 3 องค์ประกอบ ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้นักเรียนอ่านเนื้อเรื่อง แล้วแสดงความสามารถในการแก้ปัญหา อันได้แก่

1. การทำความเข้าใจปัญหา
2. การหาแนวทางการแก้ปัญหา
3. การวางแผนการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ จากงานวิจัยของยุพาพันธ์ มินวงษ์ (2558, น. 29-32) และ Hooijdonk (2020, pp. 4-5) และใช้แนวคิดของชาร์ลส์และคณะ (1987) ในการให้คะแนนโดยการวิเคราะห์ การกำหนดคะแนนตามขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

รายละเอียดในการสร้างแบบวัดมีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ วิธีการวัดและประเมินผล และลักษณะเกณฑ์การให้คะแนน ดังที่เขียนไว้ในบทที่ 2 จากนั้นนำมาเขียนนิยามศัพท์เฉพาะของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ

2. สร้างแบบวัดความสามารถในการปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยแบบวัดมีลักษณะเป็นอัตนัย ซึ่งผู้วิจัยกำหนดเป็นสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับ เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง จำนวน 6 สถานการณ์ และร่างข้อคำถามให้ครอบคลุมประเด็น การเข้าใจปัญหา การหาแนวทางการแก้ปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนรูปวัดให้ครอบคลุมถึงองค์ประกอบของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ดังตารางที่ 8

ตาราง 8 เกณฑ์การพิจารณาคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

องค์ประกอบ	ระดับการประเมิน				
	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
1. การทำความเข้าใจปัญหา (12 คะแนน)	ระบุปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนดมากกว่า 3 ปัญหา	ระบุปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด 3 ปัญหา	ระบุปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด 2 ปัญหา	ระบุปัญหาในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด 1 ปัญหา	ไม่ระบุปัญหาหรือระบุปัญหาที่มีอยู่ในขอบเขตของข้อเท็จจริงจากสถานการณ์ที่กำหนด
	ระบุจำนวนองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้มากกว่า 3 องค์ความรู้	ระบุจำนวนองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ 3 องค์ความรู้	ระบุจำนวนองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ 2 องค์ความรู้	ระบุจำนวนองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ 1 องค์ความรู้	ไม่ระบุองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
	ตัดสินใจเลือกปัญหาได้ และแสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนอย่างสมเหตุสมผล	ตัดสินใจเลือกปัญหาได้และแสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนไม่สมเหตุสมผล	ตัดสินใจเลือกปัญหาได้แต่แสดงเหตุผลที่ไม่ใช่เชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุน	ตัดสินใจเลือกปัญหาได้ แต่ไม่แสดงเหตุผลสนับสนุนหรือเหตุผลไม่สมเหตุสมผล	ไม่ตัดสินใจเลือกปัญหา หรือเลือกปัญหาที่ไม่อยู่ในขอบเขตของข้อเท็จจริงของสถานการณ์ที่กำหนด
2. การหาแนวทางการแก้ปัญหา (32 คะแนน)	บอกวิธีแก้ปัญหที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากกว่า 3 วิธี	บอกวิธีแก้ปัญหที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ 3 วิธี	บอกวิธีแก้ปัญหที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ 2 วิธี	บอกวิธีแก้ปัญหที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ 1 วิธี	ไม่บอกวิธีแก้ปัญหหรือบอกวิธีแก้ปัญหที่เป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ
	มีประเภทของวิธีการแก้ปัญหที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากกว่า 3 กลุ่ม	มีประเภทของวิธีการแก้ปัญหที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ 3 กลุ่ม	มีประเภทของวิธีการแก้ปัญหที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ 2 กลุ่ม	มีประเภทของวิธีการแก้ปัญหที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ 1 กลุ่ม	ไม่บอกวิธีแก้ปัญหหรือบอกวิธีแก้ปัญหที่เป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ

ตาราง 8 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับการประเมิน				
	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
	บอกวิธี แก้ปัญหาที่มี ความถี่ไม่เกิน 5% จากคำตอบ ทั้งหมด	บอกวิธี แก้ปัญหาที่มี ความถี่ 6-10 % จากคำตอบ ทั้งหมด	บอกวิธี แก้ปัญหาที่มี ความถี่ 11-15 % จากคำตอบ ทั้งหมด	บอกวิธีแก้ปัญหา ที่มีความถี่ 16-20 % จากคำตอบ ทั้งหมด	บอกวิธีแก้ปัญหาที่ มีความถี่มากกว่า 20% จากคำตอบ ทั้งหมด
*หมายเหตุ : ในการให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จะพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนตามเกณฑ์ และพบว่านักเรียนตอบมากที่สุด 5 คำตอบ จึงทำให้คะแนนเต็มในข้อนี้เท่ากับ 20 คะแนน					
	เลือกวิธีแก้ปัญหา ที่ใช้ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์และ แสดงเหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์ สนับสนุนการ ตัดสินใจเลือก วิธีการแก้ปัญหา	เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่ใช้ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์แต่ แสดงเหตุผลที่ ไม่ใช่เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์ สนับสนุนการ ตัดสินใจเลือกวิธี แก้ปัญหา	เลือกวิธีแก้ปัญหา ที่ใช้หรือไม่ใช้ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์และ แสดงเหตุผลที่ ไม่ใช่เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์ สนับสนุนการ ตัดสินใจเลือกวิธี แก้ปัญหา	เลือกวิธีการ แก้ปัญหาที่ใช้หรือไม่ ใช้ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์แต่ไม่ แสดงเหตุผล สนับสนุนการ ตัดสินใจเลือกวิธี แก้ปัญหาหรือเหตุผล ไม่สมเหตุสมผล	ไม่เลือกวิธีการ แก้ปัญหาและไม่ แสดงเหตุผล
3. การ วางแผน การ แก้ปัญหา (8 คะแนน)	บอกแผนการ แก้ปัญหาที่ เป็นไปได้ในทาง ปฏิบัติมากกว่า 3 วิธี	บอกแผนการ แก้ปัญหาที่ เป็นไปได้ในทาง ปฏิบัติ 3 วิธี	บอกแผนการ แก้ปัญหาที่ เป็นไปได้ในทาง ปฏิบัติ 2 วิธี	บอกแผนการ แก้ปัญหาที่ เป็นไปได้ในทาง ปฏิบัติ 1 วิธี	ไม่บอกแผนการ แก้ปัญหาหรือบอก แผนการแก้ปัญหา ที่เป็นไปไม่ได้ ในทางปฏิบัติ
	ตัดสินใจเลือก แผนการ แก้ปัญหาที่ สามารถปฏิบัติ ได้จริงและแสดง เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์ สนับสนุนอย่าง สมเหตุสมผล	ตัดสินใจเลือก แผนการ แก้ปัญหา สามารถปฏิบัติ ได้จริง แต่แสดง เหตุผลที่ไม่ใช่ เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์ สนับสนุน	ตัดสินใจเลือก แผนการ แก้ปัญหาที่ สามารถปฏิบัติ ได้จริง แต่ไม่ แสดงเหตุผล สนับสนุน หรือ แสดงเหตุผล สนับสนุนที่ไม่ สมเหตุสมผล	ตัดสินใจเลือก แผนการแก้ปัญหา ที่สามารถปฏิบัติได้ จริงบางส่วนแต่ไม่ แสดงเหตุผล สนับสนุน	ไม่เลือกแผนการ แก้ปัญหาหรือเลือก แผนการที่ไม่ สามารถปฏิบัติได้ จริงและไม่แสดง เหตุผล

3. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้น
เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาสถานการณ์และข้อคำถาม พิจารณาความเหมาะสมของ
เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัด แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำให้เหมาะสม

4. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้น
เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หรือหรือมีวุฒิการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต
ขึ้นไป จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบลักษณะการใช้คำ ความถูกต้องทางด้านภาษา ความชัดเจน
ของคำถามสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยใช้วิธีการหาค่า
ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) คัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป กำหนดเกณฑ์
การพิจารณาความสอดคล้อง ดังนี้

+1 หมายถึง สถานการณ์และข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ
ของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าสถานการณ์และข้อคำถามสอดคล้องกับนิยาม
ศัพท์เฉพาะของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

-1 หมายถึง สถานการณ์และข้อคำถามไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์
เฉพาะของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

โดยผลการตรวจสอบความสอดคล้องของสถานการณ์และข้อคำถามกับ
นิยามศัพท์เฉพาะและเกณฑ์การให้คะแนน พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00
ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์นำไปใช้ได้ทุกข้อ (ภาคผนวก ค)

ผู้วิจัยได้ปรับแก้ตามข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญในประเด็น ดังนี้

1) ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้ปรับแก้สถานการณ์ปัญหาให้มีความน่าสนใจ
มากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงโดยแก้ไขสถานการณ์ปัญหาให้มีความเหมาะสมมากขึ้นและน่าสนใจ
มากขึ้น

2) ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้เพิ่มการระบุเงื่อนไขหรือข้อจำกัดใน
สถานการณ์ปัญหาวัย ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงโดยเพิ่มให้นักเรียนระบุเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของ
ปัญหาที่พบ

5. นำแบบทดสอบที่ผ่านแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 24 คน พบว่า แบบทดสอบชุดที่ 1 และแบบทดสอบ
ชุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.21 และ 37.37 ตามลำดับ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดที่ 1
และชุดที่ 2 เท่ากับ 7.23 และ 8.80 ตามลำดับ มีค่าความยากง่ายมีค่าระหว่าง 0.5 และค่าอำนาจ

จำแนกมีค่าระหว่าง 0.7 และ ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.7 จากนั้นหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ของแบบทดสอบทั้ง 2 ชุด ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่า .76 ซึ่งแสดงว่าแบบทดสอบทั้ง 2 ชุดมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางและในทิศทางเดียวกัน (Best, 1977) สามารถนำไปใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ โดยชุดที่ 1 เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน และชุดที่ 2 เป็นแบบทดสอบหลังเรียน

6. เมื่อได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แล้ว คัดเลือกแบบทดสอบจำนวน 2 สถานการณ์ แล้วนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ

2. ศึกษาองค์ประกอบของการวัดความพึงพอใจในแบบสอบถามความพึงพอใจ

3. สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีการจัดการเรียนรู้ โดยเป็นแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีการวัดของลิเคิร์ต (Likert) เพื่อวัดความพึงพอใจของนักเรียน 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา/สาระการเรียนรู้ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และข้อเสนอแนะปลายเปิดให้นักเรียนแสดงความรู้สึกเพิ่มเติมที่มีต่อรูปแบบการเรียนการสอน จำนวน 20 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ให้คะแนน ตามรูปแบบของ บุญชม ศรีสะอาด (2554, น. 121) ดังนี้

ระดับการรับรู้/ความรู้สึกรับรู้/การปฏิบัติ	ข้อความเชิงบวก	ข้อความเชิงลบ
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง/ไม่ปฏิบัติเลย	ให้ 1 คะแนน	ให้ 5 คะแนน
ไม่เห็นด้วย/ปฏิบัติน้อยครั้ง	ให้ 2 คะแนน	ให้ 4 คะแนน
ไม่แน่ใจ/ปฏิบัติบางครั้ง	ให้ 3 คะแนน	ให้ 3 คะแนน
เห็นด้วย/ปฏิบัติเกือบทุกครั้ง	ให้ 4 คะแนน	ให้ 2 คะแนน
เห็นด้วยอย่างยิ่ง/ปฏิบัติทุกครั้ง	ให้ 5 คะแนน	ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์เปรียบเทียบความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2549, น. 135) ดังนี้

ระดับคุณภาพ	ช่วงคะแนน
มากที่สุด	4.51-5.00
มาก	3.51-4.50
ปานกลาง	2.51-3.50
น้อย	1.51-2.50
น้อยที่สุด	1.00-1.50

4. นำแบบวัดความพึงพอใจที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถาม ภาษาที่ใช้ และพฤติกรรมที่ต้องการวัด แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5. นำแบบวัดความพึงพอใจผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 3 คน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถาม ภาษาที่ใช้และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

กำหนดเกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมด้านภาษาและข้อคำถาม ในแบบสอบถามความพึงพอใจ ดังนี้

- 5 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด
- 4 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ มาก
- 3 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ ปานกลาง
- 2 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อย
- 1 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

การแปลผลของระดับความเหมาะสมพิจารณาจากค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ของเบสท์ (Best.1981, p. 82) มีรายละเอียด ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.50 - 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.50 - 4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก
- ค่าเฉลี่ย 2.50 - 3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.50 - 2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยผลการตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของแบบสอบถามความพึงพอใจพบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (ภาคผนวก ค) และความเหมาะสมของแบบสอบถามความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 อยู่ในระดับมากที่สุด (ภาคผนวก ค)

6. นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผู้วิจัยประสานงานกับโรงเรียนแห่งหนึ่งเพื่อดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย และชี้แจงกับนักเรียนทั้งสองกลุ่มว่าการเข้าร่วมโครงการวิจัยครั้งนี้ไม่มีผลต่อการตัดสินผลการเรียนและขอความยินยอมของนักเรียนและผู้ปกครอง

2. ทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง แล้วนำแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน

3. ดำเนินการทดลองกับกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนเอง กลุ่มละ 15 คาบ คาบละ 50 นาที ดังนี้

3.1 กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์

3.2 กลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

4. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ ทำการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง และทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

5. ทำการตรวจให้คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และแบบสอบถามความพึงพอใจ ทั้ง 2 กลุ่มทดลอง แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

7. การกระทำข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำคะแนนจากแบบวัดของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มาวิเคราะห์ และแปลค่าความหมายของระดับความพึงพอใจ ดังนี้

1. วิเคราะห์ความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของทั้งสองกลุ่ม ใช้สถิติทดสอบค่าที ที่กลุ่มตัวอย่างมีความเป็นอิสระจากกัน (t-test for independent samples) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิเคราะห์ในภาพรวมและรายองค์ประกอบ

2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีการทางสถิติทดสอบค่าที ที่กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test for dependent sample) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในระดับภาพรวม และรายองค์ประกอบ

3. วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ฯ โดยวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ย ซึ่งเปรียบเทียบกับเกณฑ์เฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ ใช้ค่าเฉลี่ยเป็นระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับมากขึ้นไป

8. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือและวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ประกอบด้วย 3 ส่วนย่อย ดังนี้

1.1 หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างระหว่างจุดประสงค์กับแบบทดสอบ (IOC) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, น. 117) เพื่อประเมินความสอดคล้องของ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 3) แบบวัดความพึงพอใจ โดยใช้สูตรของ โรวินELLI และแฮมเบิลตัน ดังนี้ (Rowinelli & Hambleton 1977 อ้างถึงใน ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2539, น. 249)

$$IOC = \frac{R}{N}$$

เมื่อ	IOC แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
	R แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	N แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่สร้างเป็นรายข้อโดยใช้การวิเคราะห์เป็นรายข้อ (Item-Analysis) โดยใช้เทคนิค 25% ในการแบ่งกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน แล้วนำไปคำนวณตามสูตรของตามสูตรของ ดี อาร์ วิทนี และดีแอล ซาเบอส์ (D.R.Whitney; & D.L.Sabers, 1970 อ้างถึงใน ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2539, น. 214-215) ดังนี้

ดัชนีค่าความง่าย (P_E) จากสูตร

$$P_E = \frac{S_u + S_L - (2N \times X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

ดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D) คำนวณจากสูตร

$$D = \frac{S_u - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	P_E	แทน	ดัชนีค่าความง่าย
	D	แทน	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
	S_u	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนสูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนต่ำสุด

1.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) (สายยศและอังคณา สายยศ, 2539, น. 200)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	N	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	s_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนรายข้อของแบบทดสอบ
	s_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

2. สถิติพื้นฐาน ประกอบด้วย 2 ส่วนย่อย ดังนี้

2.1 หาค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนน โดยคำนวณจากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย
 $\sum_{i=1}^n X_i$ แทน ผลรวมของคะแนนทุกกลุ่มในกลุ่ม
 n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่ม

2.2 หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 66-67)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}$$

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X แทน คะแนนแต่ละตัว
 $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่มตัวอย่าง
 $\sum (X - \bar{X})^2$ แทน ผลรวมของค่าเบี่ยงเบนของคะแนนแต่ละตัว
 จากค่าเฉลี่ย
 n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

3. สถิติสำหรับทดสอบสมมติฐาน ประกอบด้วย 2 ส่วนย่อย ดังนี้

3.1 สถิติทดสอบค่าที่ที่กลุ่มตัวอย่างมีความเป็นอิสระจากกัน (Independent Sample t-test) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 171)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \right)}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบค่าวิกฤตจากการแจกแจงแบบ t เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

$\bar{X}_1, \bar{X}_2$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

S_1^2, S_2^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ

n_1, n_2 แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

3.2 สถิติทดสอบค่าที่ที่กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test for dependent sample) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 179)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{(n-1)}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับวิกฤตจากการแจกแจงแบบ t เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D แทน ผลต่างระหว่างคู่คะแนน

n แทน จำนวนสมาชิกกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

9. จริยธรรมวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ปฏิบัติตามจริยธรรมในการวิจัย ตามหลักการ 3 ประการ 1)หลักความเคารพในบุคคล 2)หลักคุณประโยชน์ไม่ก่อให้เกิดอันตราย 3)หลักความยุติธรรม โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัยให้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างชัดเจนและมีการลงนามยินยอมให้ข้อมูลเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ชี้แจงสาระสำคัญสำหรับการเก็บข้อมูลวิจัยแก่ผู้ให้ข้อมูล และพิทักษ์สิทธิของผู้ให้ข้อมูล โดยใช้รหัสหรือขึ้นแทนข้อมูลจริงของกลุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้โครงการวิจัยที่ผู้วิจัยศึกษาครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งมีใบรับรองจริยธรรมการวิจัยจากโครงการวิจัยหมายเลขรับ SWUEC-G-207/2564E เมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2564 (ภาคผนวก ข) โดยได้ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัยในวันที่ 1 มิถุนายน 2564 -15 กรกฎาคม 2564 อีกทั้งได้ทำการชี้แจงรายละเอียดของการวิจัยกับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยก่อนทำการเก็บข้อมูล พร้อมทั้งให้ผู้ปกครองลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมในงานวิจัยครั้งนี้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ ผลการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยพิจารณาจาก 2 ประเด็นดังต่อไปนี้

- 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และ
- 2) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้การนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสะดวกยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกำหนดสัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

n	แทน จำนวนนักเรียนที่เป็นแหล่งข้อมูล
k	แทน คะแนนเต็ม
$\bar{X}$	แทน ค่าเฉลี่ย (Mean)
S.D.	แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
t	แทน ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบค่าที (t-test)
p	แทน ค่าความน่าจะเป็น (Probability)
Max	แทน คะแนนสูงสุด
Min	แทน คะแนนต่ำสุด

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำเสนอได้ดังนี้

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ ไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 56 คน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ 3 แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 27 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ และกลุ่มทดลองที่ 2 จำนวน 29 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลได้ผลการวิจัย โดยทำการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม อยู่ในระดับมากขึ้นไป

สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผู้วิจัยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ฉบับเดียวกัน จำนวน 2 ชุด ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน โดยชุดที่ 1 เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 2 เป็นแบบทดสอบหลังเรียน โดยแต่ละชุดคำถามเป็นข้อสอบข้อเขียนจำนวน 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อคำถาม ซึ่งประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในภาพรวมและรายองค์ประกอบ แบ่งการวิเคราะห์ผลเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 วิเคราะห์ความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียน และตอนที่ 2 วิเคราะห์ความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียน

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียน

การวิเคราะห์ความแตกต่างของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มก่อนเรียน วิเคราะห์โดยใช้ค่าที ที่กลุ่มตัวอย่างมีความเป็นอิสระจากกัน (Independent Sample t-test) ซึ่งจะแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในภาพรวมก่อนเรียน ได้ผลดังตารางที่ 9 และเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในรายองค์ประกอบก่อนเรียน ได้ผลดังตารางที่ 10

ตาราง 9 เปรียบเทียบภาพรวมของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียน

การทดสอบก่อนเรียน	n	k	Max	Min	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	t	p
กลุ่มทดลองที่ 1	27	76	48	30	39.52	7.35	37.99	-0.177	0.43
กลุ่มทดลองที่ 2	29	76	51	24	39.86	7.15	38.33		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 9 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยค่าที่ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 39.52 (S.D. =7.35) และคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 2 เท่ากับ 39.86 (S.D. =7.15)

ตาราง 10 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนในรายองค์ประกอบ

การทดสอบก่อนเรียน	k	กลุ่มทดลองที่ 1			กลุ่มทดลองที่ 2			t	p
		$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ		
1. การทำความเข้าใจปัญหา	24	13.70	3.27	57.10	14.31	1.95	59.63	-0.85	0.19
2. การหาแนวทางการแก้ปัญหา	64	17.37	4.19	27.14	17.72	5.08	27.69	-0.28	0.39
3. การวางแผนการแก้ปัญหา	16	8.44	2.17	52.78	7.82	2.21	48.92	1.05	0.14

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 10 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยค่าที่ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่า ในรายองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ การทำความเข้าใจปัญหา การหาแนวทางการแก้ปัญหา และการวางแผนการแก้ปัญหา กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไม่แตกต่างกัน

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียน

วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม วิเคราะห์โดยใช้ค่าที่ ที่กลุ่มตัวอย่างมีความเป็นอิสระจากกัน (Independent Sample t-test) ซึ่งจะเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในภาพรวม ได้ผลดังตารางที่ 11 และเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในรายองค์ประกอบ ได้ผลดังตารางที่ 12

ตาราง 11 เปรียบเทียบภาพรวมของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียน

การทดสอบหลังเรียน	n	k	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	t	p
กลุ่มทดลองที่ 1	27	76	67.41	14.10	64.45	2.50*	.01
กลุ่มทดลองที่ 2	29	76	58.48	11.09	56.23		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 11 วิเคราะห์ความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของทั้งสองกลุ่ม พบว่า โดยภาพรวมของคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนของกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มทดลองที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 67.41 (S.D. =14.10) และกลุ่มทดลองที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 58.48 (S.D. =11.09)

ตาราง 12 ตารางเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียน
ในรายองค์ประกอบ

การทดสอบ หลังเรียน	k	กลุ่มทดลองที่ 1			กลุ่มทดลองที่ 2			t	p
		$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ		
1. การทำความเข้าใจปัญหา	24	19.25	3.09	80.25	18.31	2.41	76.29	1.28	.10
2. การหาแนวทางการแก้ปัญหา	64	35.26	11.29	55.09	30.17	8.07	47.14	1.94*	.02
3. การวางแผนการแก้ปัญหา	16	12.52	3.23	78.24	10	2.84	62.5	3.10*	.01

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 12 วิเคราะห์ความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลอง ในรายองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหากกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ส่วนองค์ประกอบที่ 2 การหาแนวทางการแก้ปัญหาและองค์ประกอบที่ 3 การวางแผนการแก้ปัญหากกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ผู้วิจัยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มทดลองโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ จำนวน 2 ชุดซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน โดยชุดที่ 1 เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน ชุดที่ 2 เป็นแบบทดสอบหลังเรียน โดยแต่ละชุดคำถามเป็นข้อสอบข้อเขียน จำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อคำถาม เพื่อประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบ ประกอบด้วย 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2) การหาแนวทางการแก้ปัญหา และ 3) การวางแผนการแก้ปัญหา จากนั้นนำคะแนนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าที เพื่อทำการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 โดยแสดงผลการวิเคราะห์เป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนในภาพรวม และ ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนในรายองค์ประกอบ

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนในภาพรวม

ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง โดยใช้ค่าที ที่กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน (t-test for dependent sample) ได้ผลดังตารางที่ 13

ตาราง 13 เปรียบเทียบภาพรวมของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	n	k	ก่อนเรียน			หลังเรียน			t	p
			$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ		
กลุ่มทดลองที่ 1	27	76	39.52	7.35	37.99	67.03	14.35	64.45	-9.08*	.00
กลุ่มทดลองที่ 2	29	76	39.86	7.15	38.33	58.48	11.09	56.23	-8.30*	.00

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 13 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยค่าที่ ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่า โดยภาพรวมของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มทดลองที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนเท่ากับ 39.52 (S.D. =14.35) และ 67.03 (S.D. =7.35) ตามลำดับ และกลุ่มทดลองที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนเท่ากับ 39.86 (S.D. =11.09) และ 58.48(S.D. =7.15) ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนในรายองค์ประกอบ

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนในรายองค์ประกอบของกลุ่มทดลองที่ 1 โดยใช้ค่าที่ ที่กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน ได้ผลดังตารางที่ 14

ตาราง 14 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนในรายองค์ประกอบของกลุ่มทดลองที่ 1

การทดสอบ			ก่อนเรียน			หลังเรียน			t	p
	n	k	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ		
1. การทำความเข้าใจปัญหา	27	24	13.70	3.27	57.10	19.25	3.09	80.25	-8.11	.00
2. การหาแนวทางการแก้ปัญหา	27	64	17.37	4.19	27.14	35.26	11.29	55.09	-7.30	.00
3. การวางแผนการแก้ปัญหา	27	16	8.44	2.17	52.78	12.52	3.23	78.24	-6.62	.00

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 14 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยค่าที่ ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทั้ง 3 องค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนในรายองค์ประกอบของกลุ่มทดลองที่ 2 โดยใช้ค่าที ที่กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน ได้ผลดังตารางที่ 15

ตาราง 15 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนในรายองค์ประกอบของกลุ่มทดลองที่ 2

การทดสอบ	n	k	ก่อนเรียน			หลังเรียน			t	p
			$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ		
1. การทำความเข้าใจปัญหา	29	24	14.31	1.94	59.63	18.31	2.40	76.29	-7.152*	.00
2. การหาแนวทางการแก้ปัญหา	29	64	17.72	5.07	27.69	30.17	8.06	47.14	-7.65*	.00
3. การวางแผนการแก้ปัญหา	29	16	7.82	2.20	48.92	10.00	2.84	62.50	-3.72*	.00

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 15 ผลการทดสอบสมมติฐานด้วยค่าที ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทั้ง 3 องค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม อยู่ในระดับมากขึ้นไป

ผู้วิจัยประเมินความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กับกลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 27 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย 12 คน คิดเป็นร้อยละ 44.4 และเพศหญิง 15 คน คิดเป็นร้อยละ 55.9 และกลุ่มทดลองที่ 2 จำนวน 29 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย 13 คน คิดเป็นร้อยละ 44.8 และเพศหญิง 16 คน คิดเป็นร้อยละ 55.17 จากผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ ซึ่งพิจารณา 4 ด้าน จำนวน 20 ข้อ ประกอบด้วย 1)ด้านเนื้อหา จำนวน 5 ข้อ 2)ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 7 ข้อ 3)ด้านสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้ จำนวน 4 ข้อ และ 4)ด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 4 ข้อ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อยและพึงพอใจน้อยที่สุด ได้ผลดังตาราง

ตาราง 16 ความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ 1 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านเนื้อหา				
1.1	เนื้อหาที่เรียนมีความน่าสนใจ สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันหรือบริบทรอบตัว	3.76	0.65	พึงพอใจมาก
1.2	เนื้อหาที่เรียนส่งเสริมการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม	4.08	0.71	พึงพอใจมาก
1.3	เนื้อหาตรงกับความสนใจและความต้องการของนักเรียน	3.52	0.66	พึงพอใจมาก
1.4	เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	3.91	0.83	พึงพอใจมาก
1.5	เนื้อหาที่เรียนตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4.15	0.73	พึงพอใจมาก
รวม		3.89	0.45	พึงพอใจมาก

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้				
2.1	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหา และการวัดผลประเมินผล	3.91	0.75	พึงพอใจมาก
2.2	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการกำหนดปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาสร้างวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการ สร้างและปรับปรุงชิ้นงาน	4.09	0.71	พึงพอใจมาก
2.3	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนใช้เทคนิค สแคมเปอร์ (SCAMPER) ในการออกแบบวิธีการ แก้ปัญหาให้หลากหลาย	3.91	0.87	พึงพอใจมาก
2.4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	4.09	0.67	พึงพอใจมาก
2.5	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวันของนักเรียนได้	3.70	0.76	พึงพอใจมาก
2.6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน	4.12	0.64	พึงพอใจมาก
2.7	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมใน กิจกรรม และมีอิสระในการสร้างสรรค์ผลงาน	4.12	0.73	พึงพอใจมาก
รวม		3.99	0.46	พึงพอใจมาก
ด้านสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้				
3.1	สื่อการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้เร็วขึ้น	3.91	0.71	พึงพอใจมาก
3.2	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	4.12	0.69	พึงพอใจมาก
3.3	สื่อการเรียนรู้กระตุ้นความท้าทายและความสนุกสนาน เรียนรู้	3.70	0.72	พึงพอใจมาก
3.4	สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	3.74	0.67	พึงพอใจมาก
รวม		3.86	0.49	พึงพอใจมาก

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการวัดและประเมินผล				
4.1	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	3.91	0.62	พึงพอใจมาก
4.2	มีการประเมินผลที่หลากหลาย	3.79	0.77	พึงพอใจมาก
4.3	มีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์ของนักเรียน	3.76	0.70	พึงพอใจมาก
4.4	นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลงานของตนเองและ ของเพื่อน	3.97	0.94	พึงพอใจมาก
รวม		3.86	0.53	พึงพอใจมาก
ภาพรวม		3.91	0.69	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 16 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแครปเปอร์ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.91$, S.D.= 0.69) โดยนักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดและน้อยที่สุด คือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ($\bar{X} = 3.99$, S.D.= 0.46) และด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{X} = 3.86$, S.D.= 0.53) ตามลำดับ

ตาราง 17 ความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตาม
แนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านเนื้อหา				
1.1	เนื้อหาที่เรียนมีความน่าสนใจ สอดคล้องกับสถานการณ์ ปัจจุบันหรือบริบทรอบตัว	4.28	0.56	พึงพอใจมาก
1.2	เนื้อหาที่เรียนส่งเสริมการบูรณาการความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม	4.43	0.67	พึงพอใจมาก
1.3	เนื้อหาตรงกับความสนใจและความต้องการของนักเรียน	4.09	0.77	พึงพอใจมาก
1.4	เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้สามารถนำความรู้ไป ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.43	0.59	พึงพอใจมาก
1.5	เนื้อหาที่เรียนตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4.47	0.60	พึงพอใจมาก
รวม		4.34	0.49	พึงพอใจมาก
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้				
2.1	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหา และการวัดผลประเมินผล	4.42	0.60	พึงพอใจมาก
2.2	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการกำหนดปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาสร้างวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการ สร้างและปรับปรุงชิ้นงาน	4.42	0.74	พึงพอใจมาก
2.3	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนใช้เทคนิค สแคมเปอร์ (SCAMPER) ในการออกแบบวิธีการ แก้ปัญหาให้หลากหลาย	4.33	0.66	พึงพอใจมาก
2.4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมี ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	4.52	0.60	พึงพอใจมาก
2.5	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวันของนักเรียนได้	4.38	0.67	พึงพอใจมาก
2.6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน	4.38	0.67	พึงพอใจมาก

ตาราง 17 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
2.7	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม และมีอิสระในการสร้างสรรค์ผลงาน	4.43	0.81	พึงพอใจมาก
รวม		4.42	0.53	พึงพอใจมาก
ด้านสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้				
3.1	สื่อการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้เร็วขึ้น	4.38	0.74	พึงพอใจมาก
3.2	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	4.52	0.68	พึงพอใจมาก
3.3	สื่อการเรียนรู้กระตุ้นความท้าทายและความสนุกสนานการเรียนรู้	4.19	0.75	พึงพอใจมาก
3.4	สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.33	0.73	พึงพอใจมาก
รวม		4.35	0.60	พึงพอใจมาก
4.1	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.52	0.60	พึงพอใจมาก
4.2	มีการประเมินผลที่หลากหลาย	4.38	0.58	พึงพอใจมาก
4.3	มีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน	4.24	0.53	พึงพอใจมาก
4.4	นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลงานของตนเองและของเพื่อน	4.38	0.67	พึงพอใจมาก
รวม		4.38	0.51	พึงพอใจมาก
ภาพรวม		4.37	0.53	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 17 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.37$, S.D.= 0.53) โดยด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดและน้อยที่สุด คือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.42$, S.D.= 0.53) และด้านเนื้อหา ($\bar{X} = 4.34$, S.D.= 0.49) ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ กับได้รับการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ กับได้รับการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รู้อยู่ในระดับมากขึ้นไป

สรุปผลการวิจัย

การสรุปผลการวิจัย สามารถสรุปผลตามสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

2.1 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากการทดสอบสมมติฐานด้วยค่าที่ ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่า ภาพรวมคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 39.52 (S.D.=7.35), 39.86 (S.D.=7.15) ตามลำดับ และในรายขององค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ การทำความเข้าใจปัญหา การหาแนวทางการแก้ปัญหา และการวางแผนการแก้ปัญหา ก่อนเรียนของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน องค์ประกอบที่ 1 คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 13.70 (S.D.=3.27), 14.31 (S.D.=1.95) ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 17.37 (S.D.=4.19), 17.72 (S.D.=5.08) ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 3 คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 8.44 (S.D.=2.17), 7.82 (S.D.=2.21) ตามลำดับ

หลังเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่า ภาพรวมคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกัน โดยมีคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 67.41 (S.D.=14.10), 58.48 (S.D.=11.09) ตามลำดับ และในรายขององค์ประกอบ องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน โดยคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 19.25 (S.D.=3.09), 18.31 (S.D.=2.41) ตามลำดับ ส่วนขององค์ประกอบที่ 2 การหาแนวทางการแก้ปัญหา และและองค์ประกอบที่ 3 การวางแผนการแก้ปัญหาคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 แตกต่างกัน โดยองค์ประกอบที่ 2 คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 35.26 (S.D.=11.29), 30.17 (S.D.=8.07) ตามลำดับ และองค์ประกอบที่ 3 คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 เท่ากับ 12.52 (S.D.=3.23), 10.00 (S.D.=2.84) ตามลำดับ

2.2 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในภาพรวมและรายองค์ประกอบของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางการออกแบบเชิงวิศวกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ภาพรวมของคะแนนเฉลี่ยกลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 39.52 (S.D.=7.35), 67.03 (S.D.=14.35) ตามลำดับ และกลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 39.86 (S.D.=7.15), 58.48 (S.D.=11.09) ตามลำดับ ส่วนคะแนนเฉลี่ยรายองค์ประกอบ องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา กลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 13.70 (S.D.=3.27), 19.25 (S.D.=3.09) ตามลำดับ กลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 14.31 (S.D.=1.94), 18.31 (S.D.=2.40) ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 การหาแนวทางการแก้ปัญหา กลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 17.37 (S.D.=4.19), 35.26 (S.D.=11.29) ตามลำดับ กลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 17.72 (S.D.=5.07), 30.17 (S.D.=8.06) ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 3 การวางแผนการแก้ปัญหา กลุ่มทดลองที่ 1 ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 8.44 (S.D.=2.17), 12.52 (S.D.=3.23) ตามลำดับ กลุ่มทดลองที่ 2 ก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 7.82 (S.D.=2.20), 10.00 (S.D.=2.84) ตามลำดับ

2.3 คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก กลุ่มทดลองที่ 1 ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.91 (S.D.=0.69) ซึ่งด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านเนื้อหา ด้านสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล เท่ากับ 3.99 (S.D.= 0.46), 3.89 (S.D.=0.45), 3.86 (S.D.=0.49), และ 3.86 (S.D.=0.53) ตามลำดับ ส่วนความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ 2 ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 (S.D.=0.53) ซึ่งด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล ด้านสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้ และด้านเนื้อหา เท่ากับ 4.42 (S.D.=0.53), 4.38 (S.D.=0.51), 4.35 (S.D.=0.60), 4.34 (S.D.=0.49) ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

2.1 คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 จากการศึกษา พบว่าก่อนเรียนภาพรวมและรายองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ไม่แตกต่างกัน หลังเรียนภาพรวมของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แตกต่างกัน ส่วนรายองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ส่วนองค์ประกอบที่ 2 การหาแนวทางการแก้ปัญหา และองค์ประกอบที่ 3 การวางแผนการแก้ปัญหา กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนเหมือนกันจึงทำให้คะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหาของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ส่วนองค์ประกอบที่ 2 การหาแนวทางการแก้ปัญหา และองค์ประกอบที่ 3 การวางแผนการแก้ปัญหาทั้งสองกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันเนื่องจากกลุ่มทดลองที่ 1 ได้มีการใช้เทคนิคแคมเปอร์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ ใช้คำถามเพื่อให้ได้มุมมองของความคิดที่แตกต่าง ซึ่งการใช้เทคนิคแคมเปอร์ เป็นการนำตัวอักษรแรกในคำภาษาอังกฤษมาตั้งคำถามทั้ง 7 ข้อตามแนวคิดของ Eberle (1996), Flannagan and Sawyer (2015, p. 36) มีลักษณะคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดหาวิธีการหรืออุปกรณ์มาใช้ในการแทนที่สิ่งที่ได้ระบุไว้ นำมาผสมผสานกันเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น หาระยะที่จะมาประยุกต์ใช้ในชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้มาดัดแปลงใช้ในการแก้ปัญหาได้ หาวิธีการแก้ปัญหาหรือแนวทางการแก้ปัญหาที่คนอื่นได้นำเสนอไว้มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ในการแก้ปัญหา คิดหาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบใหม่ โดยตัดออกหรือลดลงขั้นตอนเพื่อลดความซับซ้อนของวิธีการแก้ปัญหา เรียบเรียงขั้นตอนการแก้ปัญหาใหม่ หรือการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบใหม่เพื่อเปลี่ยนแปลงให้วิธีการแก้ปัญหามีความสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น นักเรียนในแต่ละกลุ่มมีการระดมสมองกัน ช่วยกันคิดและตอบคำถามตามเทคนิคแคมเปอร์ จึงทำให้นักเรียนได้วิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่และแตกต่างจาก

แบบเดิม การใช้คำถามเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการพัฒนาคิด มีความคิดสร้างสรรค์ ในการแก้ปัญหา ซึ่งความคิดสร้างสรรค์จะเป็นเครื่องมือที่นำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สามารถเสนอแนวทางการแก้ปัญหาได้แตกต่างกันในแต่ละบุคคล (Carrera, Saorin, Diaz & Cantero., 2019, p. 12) สอดคล้องกับ Flannagan and Sawyer (2015, pp. 35-43) ได้ศึกษา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการออกแบบชิ้นงาน เรื่อง การเคลื่อนที่และแรง โดยพบว่า นักเรียนมีการออกแบบชิ้นงานโดยการสร้างรถให้เคลื่อนที่โดยนักเรียนได้มีวิธีการออกแบบ ในรูปแบบแบบเดิม หลังจากนั้นได้มีการนำเทคนิคการตั้งคำถามมาใช้ในการออกแบบเชิง วิศวกรรม โดยให้นักเรียนตอบคำถามตามเทคนิคสแควร์ ส่งผลให้นักเรียนสามารถออกแบบ ชิ้นงานได้อย่างหลากหลายและสร้างสรรค์มากขึ้น ดังนั้นเทคนิคสแควร์จึงเป็นเทคนิคที่พัฒนา ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้สามารถออกแบบชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย ซึ่งเป็นไปใน แนวทางเดียวกับงานวิจัยของชัชฎา ทรรณลักษณ์ (2562, น. 111) ที่ได้นำเทคนิคสแควร์ มา มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นเทคนิคการระดมสมองที่เป็นวิธีการพัฒนาความคิด สร้างสรรค์โดยใช้คำถามเป็นตัวขับเคลื่อน และยังช่วยให้นักเรียนที่คิดไม่ออกหรือขบขันติดกับ แนวคิดเดิม ๆ ให้สามารถถกเถียงวิธีที่หลากหลายได้ และปรับปรุงความคิดเพื่อให้ได้สิ่งที่ แปลกใหม่ ดังนั้นการใช้คำถามตามเทคนิคสแควร์จึงเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดหา วิธีการที่หลากหลายและแปลกใหม่

2.2 คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับ เทคนิคสแควร์และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งในภาพรวมและรายองค์ประกอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

ประการแรก การจัดการเรียนตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทำความเข้าใจปัญหา โดยการแก้ปัญหา ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ และข้อจำกัด ที่โจทย์ได้ระบุไว้ และเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ท้าทายความสามารถของนักเรียนและความสนใจ ของนักเรียน ในการวิจัยครั้งนี้กลุ่มทดลองได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์ผ่านขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 3 ขั้นตอน คือ 1. การระบุปัญหา และเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา ในแต่ละขั้นตอนนักเรียนจะได้รับการฝึกฝนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่าง

สร้างสรรค์ เช่น การแก้ปัญหาตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้องค์ความรู้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสม และความคิดสร้างสรรค์ออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 1 หน่วยการเรียนรู้ จะประกอบด้วย 4 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 อยู่ใกล้หรือไกลจะไปให้ไว กิจกรรมที่ 2 เร็วสู้พืด กิจกรรมที่ 3 ล่องลอยในสายน้ำ และกิจกรรมที่ 4 สะพานหรรษา จากตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในกิจกรรมที่ 3 ล่องลอยในสายน้ำ นักเรียนได้วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา โดยระบุปัญหาที่พบ สาเหตุของปัญหา เงื่อนไขหรือความต้องการในสถานการณ์นี้ หลังจากนั้นนักเรียนสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปค้นหาแนวทางการแก้ปัญหา หลังจากนั้นทำการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและการร่างภาพเพื่อที่จะนำไปแก้ปัญหาได้ จากทั้งหมด 4 กิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะได้รับการฝึกฝนความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยนักเรียนได้รับการฝึกฝนการแก้ปัญหาควบคู่ไปกับความคิดสร้างสรรค์ สอดคล้องกับแนวคิดของ สสวท. (2561, น. 44-49) ที่ว่า การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติแก้ไขปัญหจากสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างเป็นกระบวนการ จะทำให้นักเรียนมีการคิดอย่างเป็นระบบ จนทำให้มีมุมมองใหม่ ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของลี (Hiong & Osman, 2015, pp.137-147) ที่ได้ศึกษาการบูรณาการชีววิทยา เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (BTEM) โดยนักเรียนสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหา โดยใช้เทคโนโลยีในการหาข้อมูลเพิ่มเติมต่าง ๆ และคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลและคำนวณ ซึ่งสามารถบูรณาการความรู้เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ จากงานวิจัยของกับดารารัตน์ ชัยพิลา (2558, น. 83) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหายอย่างสร้างสรรค์ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันได้อย่างสร้างสรรค์ และทำให้นักเรียนมีแนวทางในการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ ต่อไป และงานวิจัยของปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2563, น. 91) ที่ได้จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหายอย่างสร้างสรรค์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม พบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหายอย่างสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประการที่ 2 เป็นการจัดการเรียนเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนมีความคุ้นเคยกับปัญหา ในทั้ง 4 กิจกรรมจะมีสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างออกไป การที่จะนำวิธีการแก้ปัญหาที่เคยแก้ปัญหามาใช้ในสถานการณ์ใหม่อาจไม่

สามารถแก้ปัญหาได้ นักเรียนจึงได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาในแต่ละสถานการณ์ให้เหมาะสม สถานการณ์ปัญหา จะส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ภายใต้ข้อจำกัดของสถานการณ์ (ศิริพร เครือทอง และณัฐกาญจน์ ลิขุขสาม, 2563, น. 88) สอดคล้องกับมนัส ชวดดา (2559, น. 10) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านสะเต็มศึกษา พบว่า การนำเสนอปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ส่งผลให้นักเรียนแก้ปัญหาได้ ดังนั้นเมื่อปัญหาที่กำหนดในสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคย จะสามารถกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และสอดคล้องกับงานวิจัยของสมเสมอ ทักษิณ (2560, น. 124) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาารูปแบบการเรียนรู้แบบ PACE เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ การกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เป็นเรื่องใกล้ตัวและพบเห็นโดยทั่วไปมาใช้ในสถานการณ์ในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนสามารถวางแผน และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น จะส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์

ประการที่ 3 การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 3 ขั้นตอน เป็นการฝึกฝนให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ข้อจำกัดและเงื่อนไขของสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ ซึ่งก็สอดคล้องกับองค์ประกอบที่ 1 ของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ คือ การทำความเข้าใจปัญหา นอกจากนี้นักเรียนได้มีการสืบค้นข้อมูลเพื่อนำไปสู่การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและการหาแนวทางการแก้ปัญหา และนำไปสู่การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาคต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ ในองค์ประกอบที่ 2 คือ การหาแนวทางการแก้ปัญหา และองค์ประกอบที่ 3 คือ การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา จะเห็นว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละขั้นตอนส่งผลต่อความสามารถในการปัญหาย่างสร้างสรรค์ ดังเช่นงานวิจัยของอาภาภรณ์ เพลินพนา (2561, น. 88) ที่ได้จัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามขั้นตอนของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ จะทำให้นักเรียนเกิดความคุ้นเคยและเรียนรู้ขั้นตอนของการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์จากกิจกรรม ดังนั้นเมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้จะทำให้เด็กนักเรียนมีพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ และสอดคล้องกับ Dumas, Schmidt and Alexander (2016, pp. 50-56) ที่ศึกษาถึงการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการระบุเหตุผล สามารถเชื่อมโยงไปสู่ความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ได้

ประการที่ 4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มที่มีการระดมความคิดเห็นร่วมกันระบุนปัญหา การหาแนวทางการแก้ปัญหาร่วมกันระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม การยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน นักเรียนมีการระดมสมองกันหาแนวทางการแก้ปัญหาและในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้สามารถนำไปแก้ปัญหาได้ จากกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 กิจกรรมพบว่าเมื่อนักเรียนมีการระดมสมองกันภายในกลุ่มจะทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนการเรียนรู้ระหว่างนักเรียน และได้แนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลายจากเดิมจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์อีกด้วย สอดคล้องกับจากงานวิจัยของพาร์น (Parnes.1967) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาโดยใช้เทคนิคการระดมสมอง พบว่า ในช่วงเวลาที่เท่ากัน กลุ่มที่ได้ใช้วิธีการระดมสมองในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ จะแตกต่างกับกลุ่มที่คิดแก้ปัญหาอยู่ในกรอบ

2.3 คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์หลังเรียน ในภาพรวมและรายด้านอยู่ในระดับมากขึ้นไป โดยในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.91 และคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหลังเรียน ในภาพรวมและรายด้านอยู่ในระดับ มากขึ้นไป โดยในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ มีการใช้คำถามตามเทคนิคสแคมเปอร์โดยนักเรียนได้มีการระดมความคิดเห็นภายในกลุ่ม และนักเรียนต้องตอบคำถามตามข้อคำถามในเทคนิคสแคมเปอร์ทั้ง 7 ข้อ ซึ่งมีความซับซ้อนมากกว่าการไม่ใช้คำถามกระตุ้น ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มทดลองที่ 1 มีความพึงพอใจในภาพรวมน้อยกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 เมื่อพิจารณาความพึงพอใจของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มทดลองในแต่ละด้าน พบว่า ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีความพึงพอใจสูงที่สุดเหมือนกัน เนื่องจากการจัดกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหา นักเรียนมีส่วนร่วม มีอิสระในการคิด และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการกำหนดปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาสร้างวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการสร้างและปรับปรุงชิ้นงาน และเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ร่วมกันแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ และบริบทของสถานการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคย ส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ มีส่วนร่วมในกิจกรรม ทำให้มีความพึงพอใจในด้านกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด สอดคล้องกับ Herzberg (1959, p. 71) ที่กล่าวว่า การมีส่วนร่วมในการทำงานและการมีอิสระใน

การทำงานจะทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจ ซึ่งก็สอดคล้องกับอนุสรฯ พุ่มพิกุล (2562, น. 106-107) ที่ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับมากขึ้นไป เนื่องจากนักเรียนใช้การคิดและมีส่วนร่วม นักเรียนสามารถแสดงทัศนคติหรือความคิดของตนเองร่วมกับเพื่อน ๆ ได้อย่างอิสระ นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง สอดคล้องกับงานวิจัยของปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2563, น. 91) ที่ได้ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี โดยเฉพาะในขั้นตอนของการจัดกิจกรรมสูงสุด อาจเป็นเพราะการจัดกิจกรรมทำให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เกิดการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ร่วมกัน สร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างเพื่อนนักเรียน และเกิดบรรยากาศที่เป็นกันเองกับครูผู้สอน ส่วนความพึงพอใจที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านการวัดและประเมินผล เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนมีการจัดการเรียนรู้เป็นกลุ่มและเป็นการวัดผลและประเมินผลเป็นกลุ่ม ซึ่งไม่สามารถที่จะประเมินนักเรียนได้เป็นรายบุคคลจึงส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจในด้านการวัดและประเมินผลน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับสุธิดา วันสุตล. (2561, น. 127) พบว่าความพึงพอใจของนักเรียนในด้านการวัดและประเมินผลน้อยที่สุด เนื่องจากแบบสังเกตพฤติกรรมในภาพรวม เน้นการปฏิบัติงานเป็นทีม ทำให้ไม่สามารถประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคลได้อย่างชัดเจน การสะท้อนผลการปฏิบัติงานของนักเรียนที่ไม่ได้มีหลักฐานการประเมินจึงทำให้นักเรียนไม่สามารถสะท้อนพฤติกรรมของตนเองเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

ข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้สอนได้นำเทคนิคการตั้งคำถาม เทคนิคแคมเปอ์ มาใช้ร่วมกับขั้นตอนของการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา ในการนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยครั้งนี้ไปใช้ ผู้สอนควรศึกษาข้อคำถามที่ใช้ตามเทคนิคการตั้งคำถาม หากนักเรียนไม่เข้าใจข้อคำถามผู้สอนอาจจะยกตัวอย่างของคำตอบตามข้อคำถามในเทคนิคแคมเปอ์ให้นักเรียนสามารถเข้าใจและตอบได้ตรงคำถามมากขึ้น

2) การจัดการเรียนรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เร็วสู้พัด จะมีระยะเวลาในการทำกิจกรรม 6 คาบ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่นักเรียนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบได้ร่วมกัน ดังนั้นในแผนการจัดการเรียนรู้จึงมีเนื้อหาใน 3 เรื่อง คือ เรื่องแรงลัพธ์ ความเร็ว อัตราเร็ว และแรงเสียดทาน ซึ่งในการนำไปใช้ผู้สอนควรทำความเข้าใจและศึกษารายละเอียดของขั้นตอนการจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อที่จะได้นำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) การจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 รูปแบบเป็นการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ ครูผู้สอนมีการเตรียมอุปกรณ์และสถิติกิจกรรมให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ซึ่งในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ผู้สอนควรทำความเข้าใจและปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์

4) ในการกำหนดอุปกรณ์ในกิจกรรมแต่ละกิจกรรม เนื่องจากผู้สอนได้มีการระบุอุปกรณ์ไปให้ผู้เรียน ซึ่งส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในการหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงาน จึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้นักเรียนในกลุ่มทดลองมีรูปแบบการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไปควรมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกใช้อุปกรณ์ที่ยืดหยุ่นมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอ์ ผู้วิจัยได้มีการจัดปรับขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในงานวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป อาจมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 6 ขั้นตอน

2) ผลการวิจัยในครั้งนี้สะท้อนให้เห็นความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งมีความแตกต่างกัน แต่ไม่สามารถศึกษาพัฒนาการของนักเรียนระหว่างเรียน ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรจะออกแบบเครื่องมือเพื่อวัดพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย

บรรณานุกรม

- Akgunduz, D. (2016). A research about the placement of the top thousand students in STEM fields in Turkey between 2000 and 2014. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(5), 1365-1377.
- Anwari, I., Yamada, S., Unno, M., Saito, T., Suwarma, I.R., Mutakinati, L., & Kamano, Y. (2015). Implementation of authentic learning and assessment through STEM education approach to improve students' metacognitive skills. *K-12 STEM Education*, 1(3), 123-136.
- Atman, C. J., Adams, R. S., Cardella, M. E., Turns, J., Mosborg, S., & Saleem, J. (2007). Engineering design processes: a comparison of students and expert practitioners. *Journal of Engineering Education*, 96(4), 359-379.
- Billiar, K., Hubelban, J., Oliva, T. & Camesano, T. (2014). Teaching STEM by design. *Advances in Engineering Education*, 4(1), 1-21.
- Breiner, J. M., Johnson, C.C., Harkness, S.S., & Koehler, C.M. . (2012). What Is STEM? a discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Cameron, S., & Craig, C., (2016). STEM labs for middle grades, grades 5 - 8. In. Retrieved from https://books.google.co.th/books?hl=th&lr=&id=QvIQCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP6&ots=FqgZxveZMW&sig=yI0jHpzl3fupv1VPKlzfFeCYLQ6A&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Carrera, C. C., Saorin, J.L., Diaz, D.M., & Cantero, J.T. (2019). Enhancing creative thinking in STEM with 3D CAD modelling. *Sustainability* 11(6036), 1-15.
- Dumas, D., Schmidt, L.N., & Alexander, P.A. . (2016). Predicting creative problem solving in engineering design. ISSN: 1871-1871
- Eberle, B. (1996). *Scamper: Creative Games and Activities for Imagination Development*. Prufrock Press Inc.
- Flannagan, J. S., & Sawyer, M. (2015). *Scampering Into engineering*. Science and

- Children, 53(1), 34-43.
- Gulen, S., & Yaman, S. . (2019). The effect of integration of STEM disciplines into toulmin's argumentation model on students' academic achievement, reflective thinking, and psychomotor skills*. *Journal of Turkish Science Education* 16(2), 216-230.
- Gundogan, A. (2019). Scamper : improving creative imagination of young children. *Creativity Studies*, 12(2), 315-326. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/338353810>
- Hiong, L. C., & Osman, K. (2015). An Interdisciplinary approach for biology, technology, engineering and mathematics (BTEM) to enhance 21st century skills in Malaysia. *K-12 stem education*, 1(3), 137-147.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Hooijdonk, M. V., Mainhard, T., Kroesbergen, E. H., & Tartwijk, J. V. (2020). Creative problem solving in primary education: exploring the role of fact finding, problem finding, and solution finding across tasks. *Thinking Skills and Creativity* 37, 37(1871). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100665>
- Isaksen, S. G. (1995). On the conceptual foundations of creative problem solving: A Response to Magyari-Beck. *Creativity and innovation management*, 4(1), 52-63.
- Isaksen, S. G., & Treffinger, D. J. (2004). Celebrating 50 years of reflective practice: version of creative problem solving. *Journal of Creative Behavior*, 4-5. Retrieved from <https://www.o2c2.eu/wp-content/uploads/2018/05/Celebrating-50-years-of-CPS.pdf>
- Kanyarat Cojorn. (2011). A development of creative problem solving (CPS) learning model on matter and properties of matter for seventh grade students. (Doctoral dissertation). Srinakharinwirot University, Bangkok.
- Lesseig, K., Slavitt, D., & Holmlund, T.D. (2017). Jumping on the STEM bandwagon: How middle grades students and teachers can benefit from STEM experiences. *Middle School Journal*, 48(3), 15-24.
- Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education. (2016). Science and

- technology engineering curriculum framework. Retrieved from www.doe.mass.edu
- Mitchell, W. E., & Kowalik, T. F. (1999). Creative problem solving. Retrieved from shorturl.asia/SwqMB
- Morton, L. (1997). Teaching creative problem solving: a paradigmatic approach. *California Western Law Review*, 34(2), 375-388.
- Motyl, B., & Filippi, S. (2014). Comparison of creativity enhancement and idea generation methods in engineering design training. *Springer International*, 242-250. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/263224896_Comparison_of_Creativity_Enhancement_and_Idea_Generation_Methods_in_Engineering_Design_Training
- National Research Council. (2012). A framework for k-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core idea. Washington, DC: The National Academies Press.
- Osborn, A. F. (1963). *Applied imagination: principles and procedures of creative thinking*. New York: Charles Scribner's Sons.
- Ozturk, A. (2021). Meeting the challenges of STEM education in K-12 Education through design thinking. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/349711396_Meeting_the_Challenges_of_STEM_education_in_K-12_Education_through_Design_Thinking
- Ozyapark, M. (2016). The effectiveness of scamper technique on creative thinking skills. *Journal for the education of gifted young*, 4(1), 31-40. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/297743527_The_effectiveness_of_SCAMPER_technique_on_creative_thinking_skills
- Radziszewski, E. (2017). Scamper and creative problem solving in political science: insights from classroom observation. *Journal of political science education*, 1-7. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/loi/upse20>
- Rosson, M., & Carroll, J. (2009). Dilemmas in a general theory of planning policy science.
- Sanders, M. E. (2012). Integrative STEM education as “best practice”. Queensland. Retrieved from <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51563/SandersiSTEMEdBestP>

[ractice.pdf;sequence=1](#)

Schachter, R. (2012). A classroom of engineering. Scholastic Instructor 43-46.

White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important? Florida Association of Teacher Educators Journal, 1(14), 1-9.

Yildirim, B., & Turk, C. (2018). The effectiveness of argumentation-assisted STEM practices. Journal of Educational Sciences, 13(3), 259-274.

กนกทิพย์ ยาทองไชย. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กุลนิสา กาญจน์ รัตนรักษ์. (2560). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่องสุภาพบุรุษเทพศิรินทร์ เพื่อเสริมสร้างจิตสาธารณะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2553). การคิดเชิงสร้างสรรค์ = Creative thinking (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: ชัดเชด มีเดีย.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2556). การคิดเชิงสร้างสรรค์ = Creative thinking (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: ชัดเชด มีเดีย.

จารีพร ผลมูล. (2558). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 : กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอก จังหวัดชุมพร. (ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จรัส อินทลาภาพร. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. Veridian E-Journal, 8(1), 62-74.

ชลธิป สมหิโต. (2560). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษามัธยมศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 30(2).

ชัชฎา ทรรดลักษ์ณ์. (2560). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานโดยใช้เทคนิคสแคมเพอร์ด้วยคลาวด์เซอร์วิส เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.

- (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ชูลีพร ปิ่นนสุวรรณ. (2556). ผลการเรียนรู้แบบอีเลิร์นนิ่งด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเพื่อการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี วิชาชีวเคมี. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปกร, กรุงเทพฯ.
- ฐิติลักษณ์ วัฒนศิริ. (2560). ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่บูรณาการองค์ความรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. Journal of Education Naresuan University, 20(3), 49-63.
- ณัฐวุฒิ อรุณรัตน์. (2561). ผลการใช้กลุ่มสืบสอบร่วมกับเครื่องมือการเรียนรู้ร่วมกันออนไลน์ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ดวงพร สมจันทร์ตา. (2559). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องกายวิภาคศาสตร์ของพืช. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ดารารัตน์ ชัยพิลา. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิบัติการเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 27(2), 98-109.
- ทิศนา แหมมณี. (2556). รูปแบบการเรียนการสอน : ทางเลือกที่หลากหลาย (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อึ้ง บัวศรี. (2531). ทฤษฎีหลักสูตร : การออกแบบและพัฒนา. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- นงนุช เอกตระกูล. (2560). การพัฒนาโปรแกรมเพิ่มพูนประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหอย่างสร้างสรรค์และความสุขในการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- นฤมล การชัยศรี. (2560). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นสู่สามโคก รายวิชาสังคมศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเซนต์โยเซฟเมืองเอก. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

- นัสนรินทร์ ป้อชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการ
จัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต).
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลานครินทร์.
- นิภาพร ช่วยธานี. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการการ
สร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญา
ตรี. (ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- เบญจมาศ อยู่เป็นแก้ว. (2548). การสอนแบบบูรณาการ = Integrated instruction (พิมพ์ครั้งที่ 3).
กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2559). การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.
วารสารวิชาการแพรวกาพิสนธิ์ 3(3), 129-140.
- ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2563). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่าง
สร้างสรรค์ของนักเรียน โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือโดยใช้กิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 14(3), 83-93.
- พรทิพย์ ศิริภักตราชัย. (2555). STEM Education and 21st Century Skills Development. วารสาร
นักบริหาร, 19.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 7).
กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร.
- พัชรุนันท์ โลหา และสิรินาถ จงกลกลาง. (2561). การพัฒนาพฤติกรรมกล้าแสดงออกและความคิด
สร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. Ratchaphruk
Journal, 17(1).
- ภัตสร ติดมา. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ด้วยกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.
มหาวิทยาลัยธนเรศวร, ธนเรศวร. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต)
- ภูวฤทธิ์ ใจหอม. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ การเรียนรู้และการเล่น เพื่อเสริมสร้าง
ความคิดสร้างสรรค์วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยม

- ศึกษาตอนต้น. (ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- มนตรา พึ่งไพศาล. (2561). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงของลีลาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ของคอร์ป. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- มนัส ชวดดา, ศ. ช. แ. พ. (2559). Retrived from https://www.stou.ac.th/thai/grad_stdy
- มนัส บุญประกอบ. (2546). พลิกปัญหาให้เป็นปัญญา. วารสารพฤติกรรมศาสตร์ 9(1), 93-98.
- ยุพาพันธ์ มินวงษ์. (2558). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (3P) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต (Doctoral dissertation)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- รักษพล ธนานวงศ์. (2558). รายงานสรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการ STEM Education. สืบค้นจาก <http://secondsci.ipst.ac.th/?p=683>
- รักษศิริ จิตอารี. (2560). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดการเรียนรู้ STEM education เพื่อเสริมสร้างการรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19(2), 202-213.
- รุจิร ภูสาระ. (2545). การพัฒนาหลักสูตร : ตามแนวปฏิรูปการศึกษา = Curriculum development : education reform. กรุงเทพฯ: บุ๊คพอยท์.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2522). สถิติวิทยาทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2..). กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- วรรณพงษ์ เจริญโพธิ์ และอาทร นกแก้ว. (2559). รู้จักสะเต็ม. สืบค้นจาก http://www.stemedthailand.org/?page_id=23
- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2545). การจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.
- วารินทร์ พินเฟื่องฟู. (2560). สะเต็มศึกษากับการศึกษาไทย. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 7(2), 13-23.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิถีสู่การเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรีสฤษดิ์วงศ์.
- วิลาวัลย์ อินทะเขื่อน. (2558). ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้แบบคณะชั้นวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน

- ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 5 เรื่อง พืชในท้องถิ่น โดยใช้แหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน.
(ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ศิริพร ศรีวงษ์ญาติดี. (2560). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 7E เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ศิริพร แก้วอ่อน. (2557). การพัฒนาความสามารถและเจตคติในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์. (ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ศิริพร เครือทอง และณัฐกาญจน์ ลีสุขสาม. (2563). การศึกษาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารศาสตร์การศึกษาและการพัฒนามนุษย์, 4(1), 78-91.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. นิตยสาร สสวท, 42(149), 7-10.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558a, มกราคม - กุมภาพันธ์). การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สสวท, 43(192), 14-17.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558b). คู่มือสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา. นิตยสาร สสวท, 46(209), 23-27.
- สมปอง เพชรโรจน์. (2549). การนำเสนอรูปแบบการสอนบนเว็บโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเพื่อแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง ภาวะมลพิษทางอากาศ สำหรับนิสิตปริญญาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. (2534). ความคิดสร้างสรรค์ : หลักการ ทฤษฎีการเรียนการสอน การวัดผล ประเมินผล. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ.
- สมเสมอ ทักษิณ. (2560). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบ Pacle เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์

- ปริญญาการศึกษาดุซฎิปัณทิต (Doctoral dissertation)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๖๐ - ๒๕๗๙. กรุงเทพมหานคร: บริษัท พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- สิทธิชัย ชมพูพาทย์. (2554). การพัฒนาพฤติกรรมการเรียนการสอนเพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของครูและนักเรียนในโรงเรียนส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การวิจัยปฏิบัติการเชิงวิพากษ์. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร ดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สิริญ์ดามณ์ เกียรติทวี (2019). การจัดการเรียนรู้จากงานของพ่อผ่านสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะ การแก้ปัญหาและประสบการณ์ การเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์ของเด็กปฐมวัย. Journal of Education Studies, 47(1), 508-525.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา (ตอนที่ 2): การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ ในชั้นเรียน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(3), 154-160.
- สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์. (2559). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง บ้านพักเชิงนิเวศ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์การศึกษา มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สุทธิดา จำรัส. (2560, ก.ค. – ธ.ค.). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตาม แนวสะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ, 10(2), 13-34.
- สุธิดา วันสุดล. (2561). ผลการใช้หน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง ต้นอ่อน ทานตะวัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สุรจิรา บุญเลิศ. (2556). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่อง สารละลายกรดและเบส. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิ โรฒ, กรุงเทพฯ.
- สุวรรณมา จัณฑ์ทอง. (2560). การออกแบบหน่วยการเรียนรู้อิงมาตรฐานเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เชิงผลิต ภาพ. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 7(2), 143-152.
- สุวิมล สาสังข์. (2562). ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มี ต่อความสามารถในการ

แก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษา. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

หนึ่งฤทัย ชูแก้ว. (2556). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนการตูนร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบ STAD เรื่องคู่อันดับและกราฟ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความพึงพอใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อนุสรฯ พุ่มพิกุล. (2562). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อสมรรถนะการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อาทิตย์ ฉิมกุล. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อาภรณ์ เพลินพนา. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็ม ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และความสนใจในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในห้องเรียนพิเศษ. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.





ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกภูมิ จันทรชนดี อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิเชฐ ศรีสังข์งาม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
3. ดร.นิภาพร ช้วยธานี สาขาศึกษาทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง







MF-04-version-2.0

วันที่ 18 ต.ค. 61

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและยินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 207/2564E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: ผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับ เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นางสาว ปราณวดี อุ่นญาติ

สังกัด: ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา

เอกสารที่รับรอง: 1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาพบทวน

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 19 พฤษภาคม 2564
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 19 พฤษภาคม 2564
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 19 พฤษภาคม 2564
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 19 พฤษภาคม 2564

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิตรกุล)

กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุวิพร ภักธสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-207/2564

วันที่ให้การรับรอง : 19/05/2564

วันหมดอายุใบรับรอง : 19/05/2565



ที่ อว 8718/

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

20 พฤษภาคม 2564

เรื่อง ขออนุมัติผลการพิจารณาโครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G- 207/2564E

เรียน นางสาว ปราณวดี อุณญาติ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ใบรับรองโครงการวิจัย SWUEC/E/G-207/2564

ตามที่ท่านได้ส่งโครงการวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G 207/2564E เพื่อรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ นั้น

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าว บัดนี้ คณะกรรมการฯ ให้การรับรองโครงการวิจัยดังกล่าวแล้วเมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2564 รายละเอียดดังนี้

Certificate Number	SWUEC/E/G-207/2564
Date of Approval	19 พฤษภาคม 2564 (อายุใบรับรองโครงการวิจัย 12 เดือน)
Date of Expiration	19 พฤษภาคม 2565
Continuing Review	ทุก 12 เดือน (ครบกำหนดส่งรายงานครั้งแรก วันที่ 19 พฤษภาคม 2565)

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ครอบคลุมความก้าวหน้าของผู้วิจัยส่งรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยและต่ออายุการรับรองก่อนกำหนดวันหมดอายุ 30 วัน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีดำเนินการมาตรฐาน (SOPs version 2.0) ของคณะกรรมการฯ ทั้งนี้รายละเอียดของเอกสารที่ให้การรับรองตามที่ปรากฏใน Certificate of Approval (Certificate Number SWUEC/E/G-207/2564) ที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(แพทย์หญิงสุรพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
โทรศัพท์ 0-2649-5000 ต่อ 12430
โทรสาร 0-2259-1822

ภาคผนวก ค

ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ผลการประเมินสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ผู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ผู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ผู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ

-

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 อยู่ใกล้หรือไกลจะไปได้						
ส่วนที่ 1 ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ						
1	มาตรฐานและตัวชี้วัดเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้เหมาะสมกับมาตรฐานและตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\bar{X}$	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 อยู่ใกล้หรือไกลจะไปได้						
ส่วนที่ 2 ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้						
1	มาตรฐานและตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลาง	4	5	5	4.67	มากที่สุด
2.	จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	มากที่สุด
3.	สาระการเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
4.	กรอบแนวคิดในการบูรณาการ	3	3	5	3.67	มาก
5.	กิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามรูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์)					
	ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	3	4	5	4	มาก
	ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	3	4	5	4	มาก
	ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	3	4	5	4	มาก
	ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	3	3	5	3.67	มาก
	ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไข ปัญหาหรือชิ้นงาน	3	3	4	3.63	มาก
	ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	3	3	5	3.67	มาก
6.	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	3	4	4	3.67	มาก
7.	สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้	4	4	5	4.3	มาก
8.	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ใน ภาพรวม	3	4	5	4	มาก

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
		ประเมินของ				
		1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรือสำเภา						
ส่วนที่ 1 ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้						
1	มาตรฐานและตัวชี้วัดเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้เหมาะสมกับมาตรฐานและตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\bar{X}$	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เร็วสุด						
ส่วนที่ 2 ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ฯ						
1	มาตรฐานและตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลาง	5	5	5	5	มากที่สุด
2.	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
3.	สาระการเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
4.	กรอบแนวคิดในการบูรณาการ	4	4	5	4.3	มาก
5.	กิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามรูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์)					
	ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	3	4	5	4	มาก
	ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	3	4	4	3.67	มาก
	ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	3	4	5	4	มาก
	ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	3	4	5	4	มาก
	ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไข ปัญหาหรือชิ้นงาน	3	4	5	4	มาก
	ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน	3	4	4	3.67	มาก
6.	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	3	4	4	3.67	มาก
7.	สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้	3	4	5	4	มาก
8.	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ใน ภาพรวม	3	4	4	3.67	มาก

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
		ประเมินของ				
		1	2	3		

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ล่องลอยในสายน้ำ						
ส่วนที่ 1 ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้						
1	มาตรฐานและตัวชี้วัดเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้เหมาะสมกับมาตรฐานและตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน			$\bar{X}$	ผลการประเมิน
		ของ				
		ผู้เชี่ยวชาญคน				
		1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ล่องลอยในสายน้ำ						
ส่วนที่ 2 ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้						
1	มาตรฐานและตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลาง	5	5	5	5	มากที่สุด
2.	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
3.	สาระการเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
4.	กรอบแนวคิดในการบูรณาการ	5	3	5	4.33	มาก
5.	กิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามรูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์)					
	ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	4	4	5	4.33	มาก
	ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	4	4	5	4.33	มาก
	ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	4	4	5	4.33	มาก
	ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	4	4	5	4.33	มาก
	ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงาน	4	4	5	4.33	มาก
	ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	4	4	5	4.33	มาก
6.	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4	4	5	4.33	มาก
7.	สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้	4	4	5	4.33	มาก
8.	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	4	4	5	4.33	มาก

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
		ประเมินของ				
		1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 สะพานहरषา						
ส่วนที่ 1 ประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้						
1	มาตรฐานและตัวชี้วัดเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้เหมาะสมกับมาตรฐานและตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
7	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของ ผู้เชี่ยวชาญคน ที่			X̄	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 สะพานहरษา						
ส่วนที่ 2 ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้						
1	มาตรฐานและตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลาง	4	4	5	4.33	มาก
2.	จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	4.33	มาก
3.	สาระการเรียนรู้	4	4	5	4.33	มาก
4.	กรอบแนวคิดในการบูรณาการ	4	3	5	4	มาก
5.	กิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาตามรูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ด)					
	ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	4	4	4	4	มาก
	ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	4	4	5	4.33	มาก
	ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	4	4	4	4	มาก
	ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	4	4	4	4	มาก
	ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไข ปัญหาหรือชิ้นงาน	4	4	4	4	มาก
	ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน	4	4	4	4	มาก
6.	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4	4	4	4	มาก
7.	สื่อการเรียนรู้/อุปกรณ์/ใบความรู้	4	4	4	4	มาก
8.	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ใน ภาพรวม	4	4	4	4	มาก

ตาราง 26 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 1

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
สถานการณ์ที่ 1						
1	สถานการณ์ปัญหามีความเหมาะสมกับการแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	ข้อคำถามข้อที่ 1 บ่งชี้ถึงความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา โดยระบุปัญหา ระบุองค์ความรู้และ ปัญหาที่ต้องการแก้ไข	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	ข้อคำถามข้อที่ 2 บ่งชี้ถึงความสามารถในการหาแนว ทางการแก้ปัญหา โดยระบุวิธีการแก้ปัญหา และเลือก วิธีการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	ข้อคำถามข้อที่ 3 บ่งชี้ถึงความสามารถในการวาง แผนการแก้ปัญหา โดยระบุแผนการแก้ปัญหาและ เลือกแผนการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	ข้อคำถามครอบคลุมพฤติกรรมการแสดงออกของการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการทำความเข้าใจปัญหา ใช้ เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการหาแนวทางการแก้ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
8.	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการวางแผนการแก้ปัญหา ใช้ เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 27 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 2

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
สถานการณ์ที่ 2						
1	สถานการณ์ปัญหามีความเหมาะสมกับการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	ข้อคำถามข้อที่ 1 บ่งชี้ถึงความสามารถในการทำ ความเข้าใจปัญหา โดยระบุปัญหา ระบุองค์ ความรู้และปัญหาที่ต้องการแก้ไข	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	ข้อคำถามข้อที่ 2 บ่งชี้ถึงความสามารถในการหา แนวทางการแก้ปัญหา โดยระบุวิธีการแก้ปัญหา และเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	ข้อคำถามข้อที่ 3 บ่งชี้ถึงความสามารถในการ วางแผนการแก้ปัญหา โดยระบุแผนการ แก้ปัญหาและเลือกแผนการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	ข้อคำถามครอบคลุมพฤติกรรม การแสดงออก ของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการทำความเข้าใจ ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการหาแนวทางการ แก้ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
8.	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการวางแผนการ แก้ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 28 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 3

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
สถานการณ์ที่ 3						
1	สถานการณ์ปัญหามีความเหมาะสมกับการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	ข้อคำถามข้อที่ 1 บ่งชี้ถึงความสามารถในการทำ ความเข้าใจปัญหา โดยระบุปัญหา ระบุองค์ ความรู้และปัญหาที่ต้องการแก้ไข	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	ข้อคำถามข้อที่ 2 บ่งชี้ถึงความสามารถในการหา แนวทางการแก้ปัญหา โดยระบุวิธีการแก้ปัญหา และเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	ข้อคำถามข้อที่ 3 บ่งชี้ถึงความสามารถในการ วางแผนการแก้ปัญหา โดยระบุแผนการ แก้ปัญหาและเลือกแผนการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	ข้อคำถามครอบคลุมพฤติกรรมการแสดงออก ของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการทำความเข้าใจ ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการหาแนวทางการ แก้ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
8.	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการวางแผนการ แก้ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 29 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 4

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
สถานการณ์ที่ 4						
1	สถานการณ์ปัญหามีความเหมาะสมกับการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	ข้อคำถามข้อที่ 1 บ่งชี้ถึงความสามารถในการทำ ความเข้าใจปัญหา โดยระบุปัญหา ระบุองค์ ความรู้และปัญหาที่ต้องการแก้ไข	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	ข้อคำถามข้อที่ 2 บ่งชี้ถึงความสามารถในการหา แนวทางการแก้ปัญหา โดยระบุวิธีการแก้ปัญหา และเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	ข้อคำถามข้อที่ 3 บ่งชี้ถึงความสามารถในการ วางแผนการแก้ปัญหา โดยระบุแผนการ แก้ปัญหาและเลือกแผนการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	ข้อคำถามครอบคลุมพฤติกรรมการแสดงออก ของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการทำความเข้าใจ ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการหาแนวทางการ แก้ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
8.	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการวางแผนการ แก้ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 30 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 5

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
สถานการณ์ที่ 5						
1	สถานการณ์ปัญหามีความเหมาะสมกับการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	ข้อคำถามข้อที่ 1 บ่งชี้ถึงความสามารถในการทำ ความเข้าใจปัญหา โดยระบุปัญหา ระบุองค์ ความรู้และปัญหาที่ต้องการแก้ไข	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	ข้อคำถามข้อที่ 2 บ่งชี้ถึงความสามารถในการหา แนวทางการแก้ปัญหา โดยระบุวิธีการแก้ปัญหา และเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	ข้อคำถามข้อที่ 3 บ่งชี้ถึงความสามารถในการ วางแผนการแก้ปัญหา โดยระบุแผนการ แก้ปัญหาและเลือกแผนการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	ข้อคำถามครอบคลุมพฤติกรรมกรรมการแสดงออก ของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการทำความเข้าใจ ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการหาแนวทางการ แก้ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
8.	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการวางแผนการ แก้ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 31 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สถานการณ์ที่ 6

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
สถานการณ์ที่ 6						
1	สถานการณ์ปัญหามีความเหมาะสมกับการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	ข้อคำถามข้อที่ 1 บ่งชี้ถึงความสามารถในการทำ ความเข้าใจปัญหา โดยระบุปัญหา ระบุงค์ ความรู้และปัญหาที่ต้องการแก้ไข	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	ข้อคำถามข้อที่ 2 บ่งชี้ถึงความสามารถในการหา แนวทางการแก้ปัญหา โดยระบุวิธีการแก้ปัญหา และเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	ข้อคำถามข้อที่ 3 บ่งชี้ถึงความสามารถในการ วางแผนการแก้ปัญหา โดยระบุแผนการ แก้ปัญหาและเลือกแผนการแก้ปัญหาได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	ข้อคำถามครอบคลุมพฤติกรรม การแสดงออก ของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการทำความเข้าใจ ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการหาแนวทางการ แก้ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง
8.	เกณฑ์การให้คะแนนด้านการวางแผนการ แก้ปัญหา ใช้เป็นหลักเกณฑ์ประเมินได้จริง	+1	+1	0	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 32 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ ตอนที่ 1

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\bar{X}$	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
ประเมินความเหมาะสมตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม						
1	เพศ ☐ หญิง ☐ ชาย	5	5	5	5	มากที่สุด
2	อายุ.....ปี	5	5	5	5	มากที่สุด

ตาราง 33 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ ตอนที่ 2

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
ประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามในตอน ที่ 2						
1. ด้านเนื้อหา						
1.1	เนื้อหาที่เรียนมีความน่าสนใจ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัจจุบันหรือบริบทรอบตัว	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
1.2	เนื้อหาที่เรียนส่งเสริมการบูรณาการความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
1.3	เนื้อหาตรงกับความสนใจและความต้องการของ ผู้เรียน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
1.4	เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้สามารถนำความรู้ ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
1.5	เนื้อหาที่เรียนตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

ตาราง 33 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
2.1	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหา และการวัดผลประเมินผล	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2.2	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการกำหนด ปัญหา สืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาสร้างวิธีการ แก้ปัญหา ดำเนินการสร้างและปรับปรุงชิ้นงาน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2.3	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ เทคนิคสแคมเปอร์ (SCAMPER) ในการออกแบบ วิธีการแก้ปัญหาให้หลากหลาย	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2.4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมี ความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2.5	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวันของผู้เรียนได้	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
2.6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนที่ ชัดเจน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2.7	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ในกิจกรรม และมีอิสระในการสร้างสรรค์ผลงาน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3. ด้านสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้						
3.1	สื่อการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้เร็วขึ้น	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3.2	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3.3	สื่อการเรียนรู้กระตุ้นความท้าทายและความสนุก ขณะเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3.4	สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

ตาราง 33 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			IOC	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
4. ด้านการวัดและประเมินผล						
4.1	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4.2	มีการประเมินผลที่หลากหลาย	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4.3	มีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของผู้เรียน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4.4	นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลงานของตนเองและของเพื่อน	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

ตาราง 34 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถามความพึงพอใจ

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\bar{X}$	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
ประเมินความเหมาะสมของข้อคำถามในตอนที 2						
1. ด้านเนื้อหา						
1.1	เนื้อหาที่เรียนมีความน่าสนใจ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัจจุบันหรือบริบทรอบตัว	5	4	5	4.67	มากที่สุด
1.2	เนื้อหาที่เรียนส่งเสริมการบูรณาการความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม	5	4	5	4.67	มากที่สุด
1.3	เนื้อหาตรงกับความสนใจและความต้องการของ ผู้เรียน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
1.4	เนื้อหาสาระในหน่วยการเรียนรู้สามารถนำความรู้ ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	5	4	5	4.67	มากที่สุด
1.5	เนื้อหาที่เรียนตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67	มากที่สุด
2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
2.1	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ เนื้อหา และการวัดผลประเมินผล	5	4	5	4.67	มากที่สุด
2.2	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการกำหนดปัญหา สืบค้นข้อมูล เพื่อนำมาสร้างวิธีการแก้ปัญหา ดำเนินการสร้างและ ปรับปรุงชิ้นงาน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
2.3	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เทคนิคสแคม เปอร์ (SCAMPER) ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้ หลากหลาย	5	4	5	4.67	มากที่สุด
2.4	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถ ในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์	5	3	5	4.67	มากที่สุด
2.5	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวันของผู้เรียนได้	5	4	5	4.67	มากที่สุด

ตาราง 34 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\bar{X}$	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
2.6	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
2.7	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม และมีอิสระในการสร้างสรรค์ผลงาน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
3. ด้านสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้						
3.1	สื่อการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้เร็วขึ้น	5	4	5	4.67	มากที่สุด
3.2	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
3.3	สื่อการเรียนรู้กระตุ้นความท้าทายและความสนุกขณะเรียนรู้	5	4	5	4.67	มากที่สุด
3.4	สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	5	4	5	4.67	มากที่สุด
4. ด้านการวัดและประเมินผล						
4.1	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67	มากที่สุด
4.2	มีการประเมินผลที่หลากหลาย	5	4	5	4.67	มากที่สุด
4.3	มีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของผู้เรียน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
4.4	นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลงานของตนเองและของเพื่อน	5	4	5	4.67	มากที่สุด

ตาราง 34 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมิน ของผู้เชี่ยวชาญ คนที่			$\bar{X}$	ผลการ ประเมิน
		1	2	3		
ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะหรือความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเรียนรู้สู่เต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER)						
1.	นักเรียนพบปัญหาได้บ้างในการปฏิบัติการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้สู่เต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER)	5	4	5	4.67	มากที่สุด
2.	นักเรียนมีข้อเสนอแนะอย่างไรบ้าง ที่คิดว่าจะทำให้เกิดความพึงพอใจเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้สู่เต็มศึกษาตามแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์ (SCAMPER)	5	4	5	4.67	มากที่สุด

ภาคผนวก ง ตัวอย่างเครื่องมือในการวิจัย

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เรือเร็วผู้พิชิต
- ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เร็วสู้ฟัด

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การเคลื่อนที่และแรง	เรื่อง ความเร็ว อัตราเร็ว และแรงเสียดทาน
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	รายวิชาวิทยาศาสตร์3 รหัสวิชา ว22101
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564	จำนวน 6 ชั่วโมง

1.มาตรฐานและตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลาง

มาตรฐาน

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 2.2 ม. 2/1 พยากรณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกันจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ว 2.2 ม. 2/2 เขียนแผนภาพแสดงแรงและแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวเดียวกัน

ว 2.2 ม. 2/14 อธิบายและคำนวณอัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้สมการ $V = S/T$ จากหลักฐานเชิงประจักษ์

ว 2.2 ม. 2/6 อธิบายแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์จากหลักฐานเชิงประจักษ์

ว 2.2 ม. 2/7 ออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน

ว 2.2 ม. 2/8 เขียนแผนภาพแสดงแรงเสียดทานและแรงอื่น ๆ ที่กระทำต่อวัตถุ

ว 2.2 ม. 2/9 ตระหนักถึงประโยชน์ของความรู้เรื่องแรงเสียดทาน โดยวิเคราะห์สถานการณ์ ปัญหาและเสนอแนะ วิธีการลดหรือเพิ่มแรงเสียดทานที่เป็นประโยชน์ต่อการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. นักเรียนสามารถพยากรณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในระนาบเดียวกันได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของความเร็วและอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ และระบุปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทานได้

ด้านทักษะ

4. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพแสดงแรงและแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในระนาบเดียวกันได้
5. นักเรียนสามารถวิเคราะห์และคำนวณอัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยใช้สมการ $V = S/T$ จากหลักฐานเชิงประจักษ์
6. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพแสดงแรงเสียดทานและแรงอื่น ๆ ที่กระทำต่อวัตถุได้
7. นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน
8. นักเรียนสามารถนักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์และสร้างรถล้อเลื่อนได้โดยอาศัยความรู้ เรื่อง แรงลัพธ์ ความเร็วและอัตราเร็ว และแรงเสียดทานได้

ด้านคุณลักษณะ

9. นักเรียนสามารถนำเสนอวิธีการการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้

3. สารสำคัญ

แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เขียนลูกศรแทนแรงได้โดยความยาวของลูกศรแทนขนาดของแรง และหัวลูกศรแทนทิศทางของแรง สามารถหาผลรวมของแรงหลายแรงหรือแรงลัพธ์ได้จากการเขียนแผนภาพแสดงแรง การรวมเวกเตอร์แบบหางต่อหัว ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ คือ วัตถุจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แต่ถ้าแรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้น ช้าลงหรือเปลี่ยนทิศทาง

อัตราเร็ว คือ ปริมาณมาณที่บรรยายการเคลื่อนที่ของวัตถุว่าช้าหรือเร็ว ซึ่งพิจารณาจากอัตราส่วนของระยะทางต่อเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นปริมาณสเกลาร์ เมื่อกล่าวถึงอัตราเร็วมักจะหมายถึงอัตราเร็วเฉลี่ย (average speed) ซึ่งเป็นการบรรยายภาพรวมของวัตถุในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ หาได้จากอัตราส่วนของระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ หรือเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$\text{อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{ระยะทางทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมดที่ใช้}}$$

$$V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{S_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}}$$

กำหนดให้ $V_{\text{เฉลี่ย}}$ แทน อัตราเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

$S_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน ระยะทางทั้งหมด มีหน่วยเป็นเมตร (m)

$t_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นวินาที

(s)

ความเร็วบอกถึงการที่วัตถุเปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้ายได้เร็วหรือช้า ซึ่งพิจารณาจากอัตราส่วนของการกระจัดต่อเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยทิศทางของความเร็วจะมีทิศทางเดียวกับทิศทางของการกระจัดนั่นคือ มีทิศทางจากตำแหน่งเริ่มต้นไปตำแหน่งสุดท้าย โดยทั่วไปมักกล่าวถึงความเร็วเฉลี่ย (average velocity) ซึ่งเป็นการบรรยายภาพรวมของความเร็วของวัตถุในช่วงหนึ่ง ๆ หาได้จากอัตราส่วนของการกระจัดทั้งหมดต่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ หรือเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$\text{ความเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{การกระจัดทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมดที่ใช้}}$$

$$\vec{v}_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\vec{s}_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}}$$

กำหนดให้ $V_{\text{เฉลี่ย}}$ แทน ความเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

$S_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน การกระจัดทั้งหมด มีหน่วยเป็นเมตร (m)

$t_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นวินาที

(s)

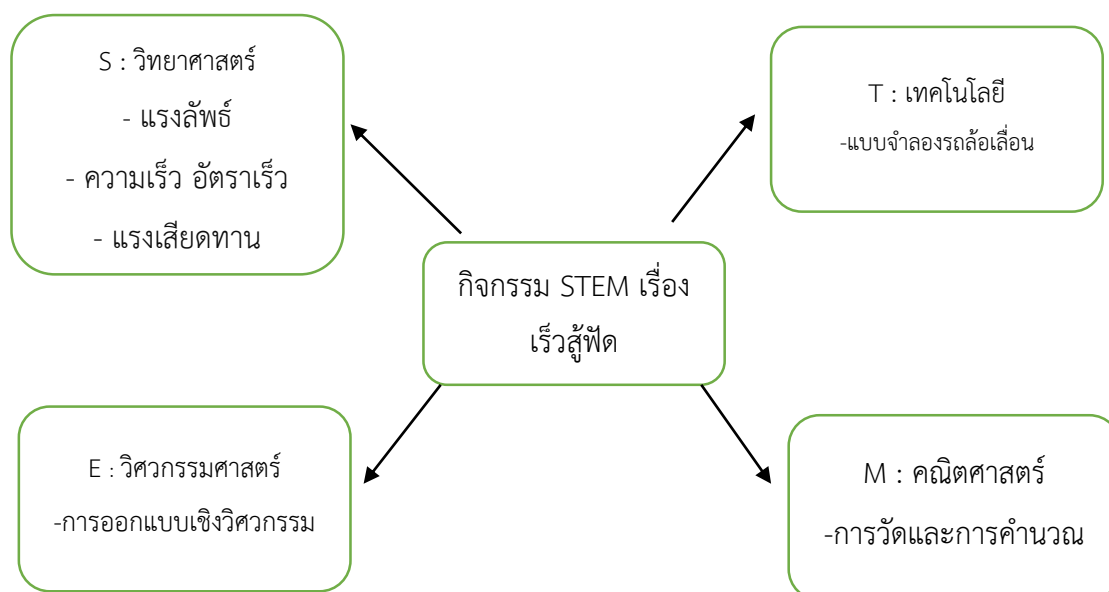
เมื่อออกแรงดึงวัตถุยังไม่เคลื่อนที่ แสดงว่าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ ดังนั้นค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริงซึ่งเท่ากับแรงที่ดึงวัตถุ จะมีค่าเท่ากับแรงเสียดทานที่ต้านการเคลื่อนที่ เรียก แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะวัตถุไม่เคลื่อนที่ว่า แรงเสียดทานสถิต (static friction)

เมื่อออกแรงดึงวัตถุให้มากขึ้นแต่วัตถุยังไม่เคลื่อนที่ แรงเสียดทานสถิตจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยและยังคงมีขนาดเท่ากับแรงที่ดึงวัตถุ

เมื่อออกแรงดึงให้มากขึ้นจนวัตถุเริ่มจะเคลื่อนที่ แรงเสียดทานสถิตจะมีค่าสูงสุด เรียกว่า แรงเสียดทานสถิตสูงสุด (maximum static friction)

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ แรงเสียดทานจะมีค่าลดลง เรียกแรงเสียดทานช่วงที่วัตถุเคลื่อนที่ว่า แรงเสียดทานจลน์ (kinetic friction)

4. กรอบแนวคิดในการบูรณาการ



5. กิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ตามรูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับเทคนิคแคมเปอร์)

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) (20 นาที)

- ครูให้นักเรียนดูวิดีโอที่เกี่ยวกับการแข่งขันรถล้อเลื่อนไม้ แล้วให้นักเรียนตอบคำถาม ดังนี้

- นักเรียนทราบได้อย่างไรว่ารถล้อเลื่อนไม้คันใดถึงเส้นชัยเร็วกว่ากัน (แนวคำตอบ ดูได้จากความเร็วของรถล้อเลื่อนไม้ ถ้ามีความเร็วมากจะถึงเส้นชัยเร็ว)

- ครูนำเสนอสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ดังนี้

ในอดีตที่ผ่านมาชาวบ้านจะอาศัยอยู่บนเขาบนดอยตามภาคเหนือ มีอาชีพหลักคือทำไร่ทำสวน และในสมัยก่อนนั้นยังไม่มีน้ำปะปาและไฟฟ้าใช้ จึงต้องมีการเข้าป่าเพื่อหาฟืน ตักน้ำจากแม่น้ำมาใช้ดำรงชีวิต ดังนั้นเวลาจะขนย้ายสิ่งต่างๆ เหล่านั้น ก็ต้องเดินเท้าขึ้นลงเขาเป็นระยะทางหลายกิโลเมตร เพื่อนำของมากินใช้ที่บ้าน พวกเขาจึงมีการคิด “เครื่องทุ่นแรง” ขึ้นมาใช้ โดยการนำ “เศษไม้” ที่หาได้ในพื้นที่ มาดัดแปลงกลายเป็น “รถล้อเลื่อนไม้” หรือ “รถม้ง” ที่ตัวรถทุกอย่างทำขึ้นจากไม้รวมถึงล้อด้วย ขนาดของรถประมาณ 1x2 เมตร สามารถนั่งขับได้สบายๆ 1 คน และมีที่สำหรับวางของที่จะเคลื่อนย้ายด้านหลังได้ ถ้านักเรียนเป็นชาวม้ง นักเรียนจะสร้างรถล้อเลื่อนอย่างไรให้ไปถึงเสียสละให้มากที่สุด มีความทนทาน สามารถบรรจุสิ่งของได้มากที่สุดและมีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าที่สุด โดยใช้

วัสดุที่กำหนดให้ ได้แก่ แดงกวา แครอท มะเขือเทศ ไม้จิ้มฟัน ไม้เสียบลูกชิ้น หัวไชเท้า และหัวหอม ซึ่งแต่ละกลุ่มมีงบประมาณ 50 บาท และวัสดุแต่ละชนิดมีราคาที่จะต้องจ่ายเพื่อเป็นค่าอุปกรณ์ในการสร้างรถล้อเลื่อน ส่วนกาวและเทปกาว เป็นอุปกรณ์ที่นักเรียนสามารถใช้ได้อย่างไม่จำกัด โดยมีราคาอุปกรณ์ ดังนี้

- แดงกวา ราคา 2 บาท
- แครอท ราคา 2 บาท
- มะเขือเทศ ราคา 2 บาท
- ไม้จิ้มฟัน ราคา 1 บาท
- ไม้เสียบลูกชิ้น ราคา 1 บาท
- หัวไชเท้า ราคา 2 บาท
- หัวหอม ราคา 2 บาท

3. ครูแบ่งกลุ่มให้นักเรียนกลุ่มละ 5-6 คน โดยคละนักเรียนในกลุ่มเป็น 3 ระดับ คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยให้นักเรียนแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่ม

4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าว แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

- ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร (แนวคำตอบ การสร้างรถที่สามารถเคลื่อนย้ายสิ่งของได้มากที่สุด ไปถึงเส้นชัยเร็วที่สุดและมีความทนทาน)
- ข้อจำกัดของสถานการณ์นี้คืออะไร (แนวคำตอบ ใช้วัสดุที่กำหนดให้)

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) (150 นาที)

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ถ้าต้องการสร้างรถล้อเลื่อน จะต้องทำการศึกษาเรื่องใดบ้าง (แนวคำตอบ แรง ความเร็ว อัตราเร็ว และแรงเสียดทาน)

6. ให้นักเรียนศึกษาเรื่อง แรงลัพธ์ จากกิจกรรมที่ 1 ระบุและเขียนสัญลักษณ์แทนแรง (30 นาที)

6.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันศึกษาจากใบกิจกรรม โดยสังเกตจากรูปภาพ

6.2 และนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแรงที่กระทำ ขนาดของแรง และการวาดภาพแรงที่กระทำในแต่ละสถานการณ์

6.3 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทำกิจกรรม จนได้ข้อสรุปว่า แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เขียนลูกศรแทนแรงได้โดยความยาวของลูกศรแทนขนาดของแรง และหัวลูกศรแทนทิศทาง

ของแรง สามารถหาผลรวมของแรงหลายแรงหรือแรงลัพธ์ได้จากการเขียนแผนภาพแสดงแรง การรวมเวกเตอร์แบบทางต่อหัว ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ วัตถุจะไม่เปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ คือ วัตถุจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แต่ถ้าแรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้น ช้าลงหรือเปลี่ยนทิศทาง

7. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 2 เรื่อง อัตราเร็วและความเร็วเหมือนหรือต่างกันอย่างไร (30 นาที)

7.1 ครูให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาในแต่ละสถานการณ์

7.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันคำนวณอัตราเร็วเร็วจากอัตราส่วนระหว่างระยะทางกับเวลาที่ได้เป็นกิโลเมตรต่อวินาที

7.3 ครูให้นักเรียนร่วมกันคำนวณขนาดของความเร็วจากอัตราส่วนระหว่างขนาดของการกระจัดกับเวลาได้เป็นกิโลเมตรต่อวินาที และความเร็วของการเคลื่อนที่มีทิศทางใด โดยความเร็วและการกระจัดมีทิศเดียวกัน

7.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมจนได้ข้อสรุปว่า ในการเคลื่อนที่หนึ่ง ๆ อัตราเร็วและความเร็วเป็นปริมาณที่แตกต่างกัน อัตราเร็วเป็นอัตราส่วนระหว่างระยะทางกับเวลา ส่วนความเร็วเป็นอัตราส่วนระหว่างการกระจัดกับเวลา อัตราเร็วและความเร็วอาจมีค่าเท่ากัน ถ้าการเคลื่อนที่เป็นแนวตรงจากตำแหน่งเริ่มต้นไปตำแหน่งสุดท้ายโดยไม่เปลี่ยนทิศทาง

8. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 3 เรื่อง วัดแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ (30 นาที)

8.1 ครูแจกอุปกรณ์ให้นักเรียนกลุ่มละ 1 ชุด

8.2 ครูให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามใบบันทึกกิจกรรมที่ 3 โดยให้นักเรียนสร้างนักเรียนสร้างรถ Car on a roll แล้วพิจารณาถึงแรงที่กระทำต่อรถ

8.3 ครูให้นักเรียนนำรถมาวางบนพื้นที่แตกต่างกัน แล้วใช้เครื่องชั่งสปริงดึงให้รถเคลื่อนที่ แล้วบันทึกแรงจากเครื่องชั่งสปริง โดยทำซ้ำอีก 2 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

8.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรม จนได้ข้อสรุปว่า เมื่อมีแรงกระทำต่อรถเพื่อให้รถเคลื่อนที่จะมีแรงต้านการเคลื่อนที่นั้น ๆ เมื่อเพิ่มแรงให้มากขึ้นเรื่อย ๆ โดยรถยังไม่เคลื่อนที่ แรงต้านก็จะเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน โดยแรงต้านจะมีขนาดเท่ากับแรงที่กระทำแต่มีทิศตรงกันข้าม และเมื่อแรงกระทำมากขึ้นจนถึงค่าหนึ่ง รถจะเริ่มเคลื่อนที่แต่เมื่อดึงต่อไปให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แรงที่ดึงรถก็จะมีค่าลดลงเล็กน้อย โดยขนาดของแรงเสียดทานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ลักษณะพื้นผิวของคู่สัมผัส แรงที่กดพื้นผิวหรือน้ำหนักของวัตถุ

9. นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด และอาจจะสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม จากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น อินเทอร์เน็ต หนังสือเรียน เอกสารประกอบการเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจและนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ได้
10. ครูให้นักเรียนระดมสมองภายในกลุ่มช่วยกันวางแผนการสร้างรถล้อเลื่อนให้สามารถเดินทางไปได้ไวที่สุดและสามารถบรรทุกสิ่งของได้มากที่สุด
11. ให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องโดยใช้ข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) (50 นาที)

12. นักเรียนเริ่มต้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยนำความรู้ที่ได้มาจากการสืบค้นมาใช้ในการออกแบบวิธีการหรือการร่างภาพรถล้อเลื่อนจากอุปกรณ์ที่กำหนดให้และวางแผนการใช้อุปกรณ์ให้มีความคุ้มค่ามากที่สุด
13. ครูอธิบายเงื่อนไขในการบรรทุกสิ่งของบนรถล้อเลื่อนที่สร้างขึ้น คือ
 - สิ่งของที่บรรทุกลงรถล้อเลื่อน คือ ดินน้ำมัน โดยจะมีการเพิ่มปริมาณดินน้ำมันครั้งละ 1 ก้อน (แต่ละก้อนมีขนาดและมวลที่เท่ากัน)
 - รถล้อเลื่อนที่สร้างขึ้นจะต้องสามารถเคลื่อนที่ได้ โดยเคลื่อนที่จากเส้นทางจากกำหนดให้เป็นทางลาดชัน
14. นักเรียนบันทึกวิธีการหรือแบบร่างลงในใบกิจกรรม และตอบคำถามในใบกิจกรรมซึ่งเป็นข้อคำถามของเทคนิคแคมเปอร์ ครูผู้สอนเดินสำรวจและทำการสอบถามเพื่อเป็นการกระตุ้นนักเรียน ซึ่งข้อคำถามจะมี 7 ข้อ ดังนี้
 1. นักเรียนคิดว่าจะสามารถนำสิ่งใดมาแทนที่เป็นล้อได้หรือไม่ (แนวคำตอบ ใช้แท่งกวาเป็นล้อแทนได้)
 2. นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและจะทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น (แนวคำตอบ ถ้าใช้แท่งกวาเป็นล้อของรถร่วมกับหัวหอมก็ได้ แล้วนำหัวหอมมาไว้ในส่วนปลายสุดเพื่อไม่ให้ล้อที่ทำจากแท่งกวาหลุด)
 3. นักเรียนคิดว่าจะเปลี่ยนอุปกรณ์ที่จะใช้ในส่วนใดอีกไหม แล้วจะสามารถนำสิ่งใดมาประยุกต์ใช้แทนได้บ้าง (แนวคำตอบ อาจจะเปลี่ยนล้อเป็นแครอทแทนก็ได้ เพราะมีความทนทานมากกว่าแท่งกวา)
 4. นักเรียนคิดว่าจะสามารถดัดแปลงอุปกรณ์ที่ใช้สร้างเป็นอุปกรณ์อย่างอื่นได้อีกหรือไม่ (แนวคำตอบ น่าจะใช้แครอทแทนหัวไขเท้าในการสร้างตัวรถได้)

5. นักเรียนคิดว่ามีใครแก้ปัญหาแบบนี้มาก่อนหรือไม่ ถ้ามีแล้วนักเรียนจะนำแนวทางที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาครั้งนี้อย่างไร (แนวคำตอบ น่าจะมี แต่สร้างจากอุปกรณ์อื่นๆ หากนำมาใช้ก็ใช้เป็นแบบในการสร้างครั้งนี้ได้)

6. นักเรียนคิดว่าจะสามารถลดจำนวนของอุปกรณ์ที่ใช้ได้อีกหรือไม่ เพื่อให้การสร้างมีความคุ้มค่ามากที่สุดและประหยัดทรัพยากรมากที่สุด (แนวคำตอบ สามารถลดอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็นได้)

7. นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นหากมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้น (แนวคำตอบ ถ้าลองเปลี่ยนเป็นอุปกรณ์อย่างอื่นอาจจะสามารถสร้างรถที่สามารถบรรทุกสิ่งของได้เยอะและเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า อีกทั้งมีความคงทนมากกว่าเดิม)

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) (50 นาที)

15. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการสร้างรถล้อเลื่อน จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้

16. ดำเนินการสร้างรถล้อเลื่อนโดยในระหว่างการทำกิจกรรมครูจะเดินสำรวจและให้คำแนะนำกับนักเรียน

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) (30 นาที)

17. ครูให้นักเรียนทดสอบวิธีการแก้ปัญหา โดยบันทึกผลการทดสอบ ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา

18. ครูให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และนำไปทดสอบอีกครั้งจนมั่นใจว่าชิ้นงานที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (30 นาที)

19. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงาน โดยนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

- เงื่อนไขของสถานการณ์
- วิธีการแก้ปัญหา
- ผลการแก้ปัญหา
- การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

20. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายร่วมกันเพื่อสรุปประเด็นและความรู้ที่ได้ โดยครูอาจใช้คำถาม ดังนี้

20.1 นักเรียนได้ความรู้วิทยาศาสตร์อะไรบ้างจากการทำกิจกรรมนี้ (แนวคำตอบ ความเร็วและอัตราเร็ว)

20.2 นักเรียนได้รับความรู้คณิตศาสตร์อะไรบ้างจากการทำกิจกรรมนี้ (แนวคำตอบ การวัดและการคำนวณ)

20.3 นักเรียนได้รับความรู้เทคโนโลยีอะไรบ้างจากการทำกิจกรรมนี้ (แนวคำตอบ การสร้างรถล้อเลื่อน)

20.4 นักเรียนได้รับความรู้วิศวกรรมศาสตร์อะไรบ้างจากการทำกิจกรรมนี้ (แนวคำตอบ การออกแบบรถล้อเลื่อน)

5. สื่อ อุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้

- | | |
|------------------------|--|
| 1. แดงกวา | 13. เครื่องชั่งสปริง |
| 2. แครอท | 14. ถูทรายมวล 500 กรัม |
| 3. มะเขือเทศ | 15. รถ Car on a roll |
| 4. ไม้จิ้มฟัน | 16. พื้นผิวที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ พื้น |
| 5. ไม้เสียบลูกชิ้น | ยางพื้นผ้า และพื้นกระดาษทราย |
| 6. หัวไชเท้า | 17. หลอดดูดน้ำแบบยาว |
| 7. หอม | 18. ไม้เสียบลูกชิ้น |
| 8. หัว | 19. แผ่นโฟมแบบหนา 1 เซนติเมตร |
| 9. กระดาษบรูฟ | 20. แผ่นพลาสติก |
| 10. สีส | 21. เทปใส |
| 11. ปากกาเมจิก | 22. กรรไกร |
| 12. เครื่องชั่งน้ำหนัก | |

7. การวัดและประเมินผล

พฤติกรรม	วิธีการวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนสามารถพยากรณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นผลของแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในระนาบเดียวกันได้	-การทำกิจกรรมจากใบกิจกรรม	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป
2. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของความเร็วและอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุได้	-การทำกิจกรรมจากใบกิจกรรม	ใบกิจกรรมที่ 2	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป

3. นักเรียนสามารถอธิบายแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์และระบุปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทานได้	-การทำกิจกรรมจากใบกิจกรรม	ใบกิจกรรมที่ 3	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป
4. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพแสดงแรงและแรงลัพธ์ที่เกิดจากแรงหลายแรงที่กระทำต่อวัตถุในระนาบเดียวกันได้	-การทำกิจกรรมจากใบกิจกรรม	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป
5. นักเรียนสามารถวิเคราะห์และคำนวณอัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยใช้สมการ $V = S/T$ จากหลักฐานเชิงประจักษ์	-การทำกิจกรรมจากใบกิจกรรม	ใบกิจกรรมที่ 2	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป
6. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพแสดงแรงเสียดทานและแรงอื่น ๆ ที่กระทำต่อวัตถุได้	-การทำกิจกรรมจากใบกิจกรรม	ใบกิจกรรมที่ 3	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป
7. นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองและทดลองด้วยวิธีที่เหมาะสมในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน	-การทำกิจกรรมจากใบกิจกรรม	ใบกิจกรรมที่ 3 และใบกิจกรรมที่ 4	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป
8. นักเรียนสามารถนักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์และสร้างรถล้อเลื่อนได้โดยอาศัยความรู้ เรื่อง แรงลัพธ์ ความเร็วและอัตราเร็ว และแรงเสียดทานได้	-การทำกิจกรรมจากใบกิจกรรม - ชิ้นงาน	ใบกิจกรรมที่ 4 -แบบประเมินชิ้นงาน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป
9. นักเรียนสามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	อยู่ในระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การประเมิน

พฤติกรรมที่ต้องการ วัด	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (A)			
นักเรียนสามารถ นำเสนอวิธีการการ แก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์ได้	นักเรียนนำเสนอ รูปแบบการแก้ปัญหา ได้หลากหลายมีวิธี แปลกใหม่และไม่ซ้ำกับ กลุ่มอื่นๆ	นักเรียนนำเสนอ รูปแบบแก้ปัญหาได้ หลายวิธี แปลกใหม่ แต่มีวิธีการที่ซ้ำกับ กลุ่มอื่นๆ	นักเรียนนำเสนอ รูปแบบการแก้ปัญหา ได้ แต่ไม่หลากหลายวิธี และไม่แปลกใหม่

7. บันทึกหลังการสอน

1. ผลการจัดการเรียนรู้

2. ปัญหา/อุปสรรค

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางการปรับปรุง

ลงชื่อ

(นางสาวปรานวดี อุ้นญาติ)

ผู้สอน

[illegible]

เกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงาน

เกณฑ์	ระดับคุณภาพระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. ความแปลกใหม่	ชิ้นงานมีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร ไม่เคยมีใครทำมาก่อน	ชิ้นงานมีความแปลกใหม่ ดัดแปลงมาจากที่เคยมีผู้ทำมาก่อน	ชิ้นงานมีความแปลกใหม่ ดัดแปลงมาจากที่เคยมีผู้ทำมาก่อน และซ้ำกับกลุ่มอื่น	ชิ้นงานไม่มี ความแปลกใหม่ ผู้เรียนสามารถดัดแปลงให้นำไปใช้ได้	ชิ้นงานไม่มี การเปลี่ยนแปลง แต่ใช้งานได้
2. ความสวยงาม	ชิ้นงานมีความเรียบร้อย สวยงามอยู่ในระดับดีมาก	ชิ้นงานมีความเรียบร้อยอยู่ในระดับดี	ชิ้นงานมีความเรียบร้อยอยู่ในระดับปานกลาง	ชิ้นงานมีความเรียบร้อย สวยงามอยู่ในระดับน้อย	ชิ้นงานมีความเรียบร้อย สวยงาม อยู่ในระดับน้อยที่สุด
3. ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน	ชิ้นงานมีความคงทน แข็งแรง และสามารถนำไปใช้งานได้ สอดคล้องกับการแก้ปัญหาในสถานการณ์	ชิ้นงานมีความคงทน แข็งแรง และสามารถนำไปใช้งานได้ แต่ไม่สอดคล้องกับการแก้ปัญหาในสถานการณ์	ชิ้นงานมีความคงทน แข็งแรง และไม่สามารถนำไปใช้งานในการแก้ปัญหาได้	ชิ้นงานมีความคงทน แข็งแรง และไม่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา	ชิ้นงานไม่มี ความคงทนและไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ชิ้นงานไม่มี ความคงทนและไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง
4. การนำไปใช้ประโยชน์	นำไปใช้ประโยชน์และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ตรงตามสถานการณ์ในระดับมากที่สุด	นำไปใช้ประโยชน์และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ตรงตามสถานการณ์ในระดับมาก	นำไปใช้ประโยชน์และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ตรงตามสถานการณ์ในระดับปานกลาง	นำไปใช้ประโยชน์และนำไปใช้แก้ปัญหาได้ไม่ตรงตามสถานการณ์	นำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา

กิจกรรมที่ 1 เรื่อง ระบุและเขียนสัญลักษณ์แทนแรง
(Identifying and representing forces)

สถานการณ์ที่ 1 แอปเปิลหล่น



1. มีแรงอะไรบ้างที่กระทำต่อแอปเปิล

.....

.....

.....

.....

2. แรงแต่ละแรงมีขนาดเป็นอย่างไร

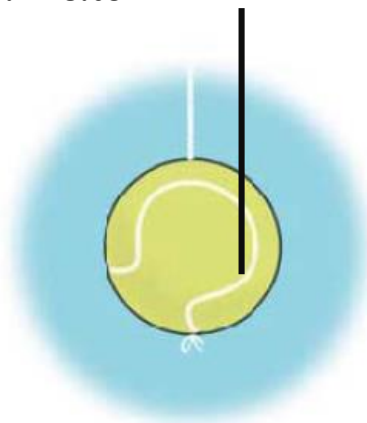
.....

.....

.....

3. จงวาดภาพแสดงแรงที่กระทำต่อแอปเปิล

สถานการณ์ที่ 2 ลูกเทนนิสห้อยไว้ด้วยเชือก



1. มีแรงอะไรบ้างที่กระทำต่อลูกเทนนิส

.....

.....

.....

.....

2. แรงแต่ละแรงมีขนาดเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

3. จงวาดภาพแสดงแรงที่กระทำต่อลูกเทนนิส

3. หนังสือวางอยู่บนโต๊ะ



1. มีแรงอะไรบ้างที่กระทำต่อหนังสือ

.....

.....

.....

.....

2. แรงแต่ละแรงมีขนาดเป็นอย่างไร

.....

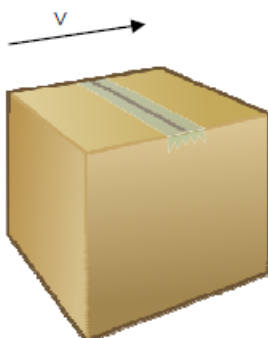
.....

.....

3. จงวาดภาพแสดงแรงที่กระทำต่อหนังสือ

 A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for drawing a free-body diagram of the book.

4. กล่องที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่



1. มีแรงอะไรบ้างที่กระทำต่อกล่อง

.....

.....

.....

.....

2. แรงแต่ละแรงมีขนาดเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

3. จงวาดภาพแสดงแรงที่กระทำต่อกล่อง

 A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the student to draw a free-body diagram of the box.

5. คนผลักกล่องให้เคลื่อนที่



1. มีแรงอะไรบ้างที่กระทำต่อกกล่อง

.....

.....

.....

.....

2. แรงแต่ละแรงมีขนาดเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

3. จงวาดภาพแสดงแรงที่กระทำต่อกกล่องขณะเคลื่อนที่

ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง อัตราเร็วและความเร็วเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

จุดประสงค์การเรียนรู้

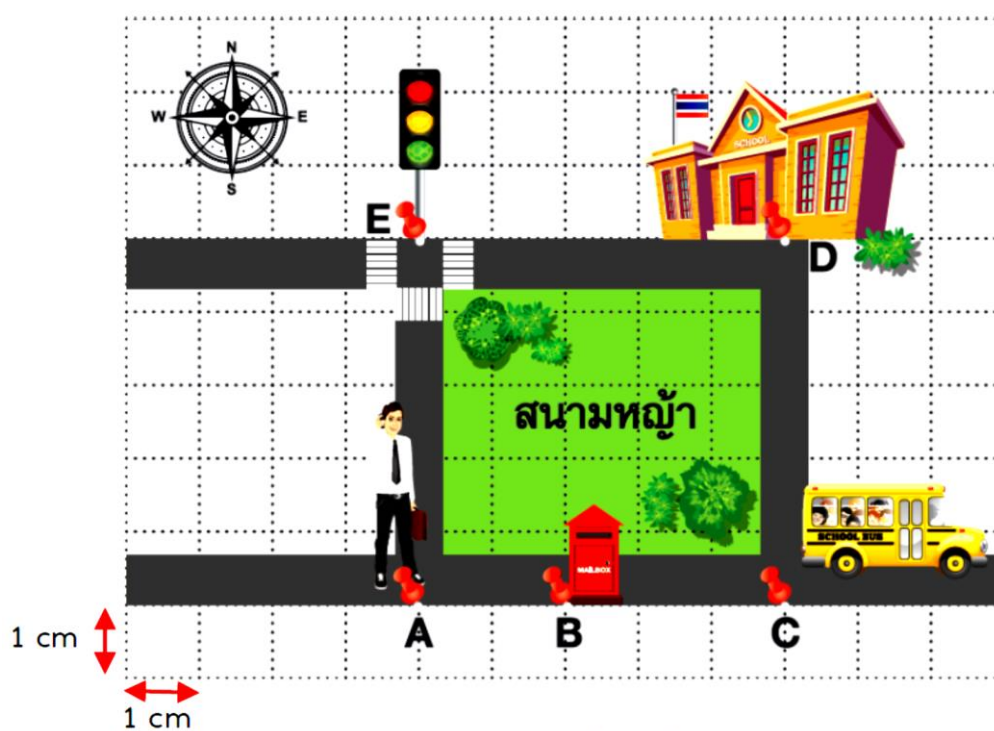
1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของความเร็วและอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ
2. นักเรียนสามารถคำนวณอัตราเร็วและความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยใช้สมการ $V = S/T$ จากหลักฐานเชิงประจักษ์
3. นักเรียนสามารถวิเคราะห์และคำนวณอัตราเร็วและความเร็วของวัตถุจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

วัสดุและอุปกรณ์

1. ไม้บรรทัด
2. ไม้บรรทัดวัดมุม

วิธีการดำเนินกิจกรรม

1. สังเกตตำแหน่งของกิตติและตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ ดังภาพ



(โดย 1 เซนติเมตร = 10 เมตร)

2. วิเคราะห์สถานการณ์แล้วร่วมกันอภิปรายแล้วตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 คำนวณอัตราเร็วจากอัตราส่วนระหว่างระยะทางกับเวลาที่ได้เป็นกิโลเมตรต่อวินาที

2.2 คำนวณขนาดของความเร็วจากอัตราส่วนระหว่างขนาดของการกระจัดกับเวลาที่ได้เป็นกิโลเมตรต่อวินาที

2.3 ความเร็วของการเคลื่อนที่มีทิศทางใด โดยความเร็วและการกระจัดมีทิศเดียวกัน

3. กิตติเดินทางไปยังตำแหน่งต่างๆ ทั้ง 5 สถานการณ์ที่ต่างกััน ดังนี้

3.1 กิตติเดินไปบนถนนจากตำแหน่ง A ไปยังตู้ไปรษณีย์ที่ตำแหน่ง B ใช้เวลา 20 วินาที

อัตราเร็ว =

=

=

ความเร็ว =

=

=

ทิศทางของความเร็ว =

3.2 กิตติเดินไปบนถนนจากตำแหน่ง A ไปยังทำยรถโรงเรียนตำแหน่ง C แล้วเดินย้อนกลับมายังตู้ไปรษณีย์ตำแหน่ง B ใช้เวลา 80 วินาที

อัตราเร็ว =

=

=

ความเร็ว =

=

=

ทิศทางของความเร็ว =

3.3 กิตติเดินไปบนถนนจากตำแหน่ง A ไปยังทำยรถโรงเรียนที่ตำแหน่ง C แล้วเดินต่อไปยังโรงเรียนที่ตำแหน่ง D ใช้เวลา 120 วินาที

อัตราเร็ว =

=

=

ความเร็ว =

=

=

ทิศทางของความเร็ว =

3.4 กิตติเดินลัดสนามหญ้าจากตำแหน่ง A ไปยังโรงเรียนที่ตำแหน่ง D ใช้เวลา 120 วินาที

อัตราเร็ว =

=

=

ความเร็ว =

=

=

ทิศทางของความเร็ว =

.....3.5 กิตติเดินไปบนถนนจากตำแหน่ง A ผ่าน

ตำแหน่ง B C D และ E แล้วเดินกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้น ใช้เวลา 200 วินาที

อัตราเร็ว =

=

=

ความเร็ว =

=

=

ทิศทางของความเร็ว =

สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 3 วัดแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ (Measuring static and kinetic frictions)

อุปกรณ์

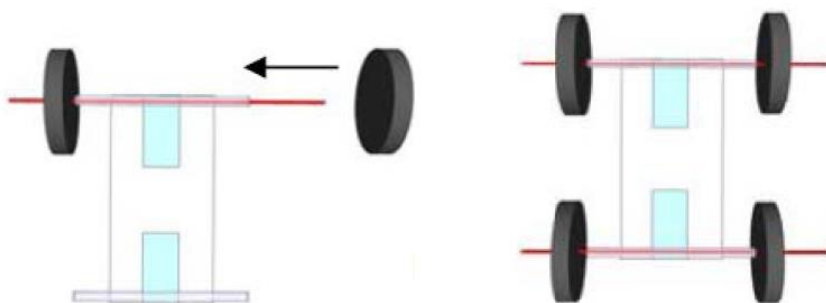
1. เครื่องชั่งน้ำหนัก 1 เครื่อง
2. เครื่องชั่งสปริง 1 อัน
3. ถูทรายมวล 500 กรัม
4. รถ Car on a roll 1 อัน
5. พื้นผิวที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ พื้นยาง พื้นผ้า และพื้นกระดาษทราย
6. หลอดดูดน้ำแบบยาว 1 หลอด
7. ไม้เสียบลูกชิ้น 2 ไม้
8. แผ่นโฟมแบบหนา 1 เซนติเมตร 1 แผ่น
9. แผ่นพลาสติก ขนาด 12 เซนติเมตร x 6 เซนติเมตร 1 ชิ้น
10. เทปใส 1 อัน
11. กรรไกร 1 อัน

วิธีดำเนินการกิจกรรม

1. นักเรียนสร้างรถ Car on a roll ดังนี้
 - a. ตัดหลอดดูดน้ำออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน
 - b. นำหลอดกาแป้ไปติดที่แผ่นพลาสติก ขนาด 12 เซนติเมตร x 6 เซนติเมตร

ดังภาพ

- c. ตัดแผ่นโฟมให้เป็นวงกลมรัศมี 6 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น
- d. นำแผ่นโฟมไปเสียบกับไม้เสียบลูกชิ้นแล้วเสียบเข้าไปในหลอดดูดน้ำ จะได้รถ Car on a roll



2. นำรถ Car on a roll วางบนพื้นแล้วครูกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาถึงแรงที่กระทำต่อรถและนำถู

ทรายมวล 500 กรัม วางบนรถ แล้วนำทั้งรถและถูทรายไปชั่งหามวล แล้วบันทึก

3. ให้นักเรียนทำนายผลที่เกิดขึ้น

4. นำรถพร้อมมวลมาวางบนพื้นที่แตกต่างกัน แล้วใช้เครื่องชั่งสปริงค่อยๆดึงให้รถเกิดการเคลื่อนที่

บันทึกแรงจากเครื่องชั่งสปริงขณะรถเริ่มเกิดการเคลื่อนที่ ทำซ้ำอีก 2 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

5. เมื่อรถเคลื่อนที่ยังคงดึงเครื่องชั่งสปริงต่อไปให้เกิดการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่แล้วบันทึกแรงจาก

เครื่องชั่งสปริงขณะรถเกิดการเคลื่อนที่ ทำซ้ำอีก 2 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ชนิดของพื้นผิว	มวลของรถ (kg)	มวลทั้งหมดที่เคลื่อนที่ (kg)	แรงที่ทำให้รถเริ่มเคลื่อนที่ (N)	แรงที่ทำให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (N)
พื้นยาง				
พื้นผ้า				
พื้นกระดานทราย				

หากเปลี่ยนถุงทรายให้มีมวลมากขึ้น นักเรียนคิดว่าจะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

นักเรียนจะสรุปจากกิจกรรมนี้ได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง รถล้อเลื่อน

สถานการณ์

ในอดีตที่ผ่านมาชาวม้งจะอาศัยอยู่บนเขาบนดอยตามภาคเหนือ มีอาชีพหลักคือทำไร่ทำสวน และในสมัยก่อนนั้นยังไม่มีน้ำปะปาและไฟฟ้าใช้ จึงต้องมีการเข้าป่าเพื่อหาฟืน ตักน้ำจากแม่น้ำมาใช้ดำรงชีวิต ดังนั้นเวลาจะขนย้ายสิ่งต่างๆ เหล่านั้น ก็ต้องเดินเท้าขึ้นลงเขาเป็นระยะทางหลายกิโลเมตร เพื่อนำของมากินใช้ที่บ้าน พวกเขาจึงมีการคิด “เครื่องทุ่นแรง” ขึ้นมาใช้ โดยการนำ “เศษไม้” ที่หาได้ในพื้นที่ มาดัดแปลงกลายเป็น “รถล้อเลื่อนไม้” หรือ “รถม้ง” ที่ตัวรถทุกอย่างทำขึ้นจากไม้รวมถึงล้อด้วย ขนาดของรถประมาณ 1x2 เมตร สามารถนั่งขับได้สบายๆ 1 คน และมีที่สำหรับวางของที่ จะเคลื่อนย้ายด้านหลังได้ ถ้านักเรียนเป็นชาวม้ง นักเรียนจะสร้างรถล้อเลื่อนอย่างไรให้ไปถึงเสียชัยให้ไวที่สุด มีความทนทาน สามารถบรรจุสิ่งของได้มากที่สุดและมีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าที่สุด โดยใช้วัสดุที่กำหนดให้ ได้แก่ แดงกวา แครรอต มะเขือเทศ ไม้จิ้มฟัน ไม้เสียบลูกชิ้น หัวไชเท้า และหัวหอม ซึ่งแต่ละกลุ่มมีงบประมาณ 50 บาท และวัสดุแต่ละชนิดมีราคาที่จะต้องจ่ายเพื่อเป็นค่าอุปกรณ์ในการสร้างรถล้อเลื่อน ส่วนกาบและเทปกาว เป็นอุปกรณ์ที่นักเรียนสามารถใช้ได้อย่างไม่จำกัด โดยมีราคา ค่าอุปกรณ์ ดังนี้

- แดงกวา ราคา 2 บาท
- แครรอต ราคา 2 บาท
- มะเขือเทศ ราคา 2 บาท
- ไม้จิ้มฟัน ราคา 1 บาท
- ไม้เสียบลูกชิ้น ราคา 1 บาท
- หัวไชเท้า ราคา 2 บาท
- หัวหอม ราคา 2 บาท



ภาพ รถล้อเลื่อน

ที่มา <https://mgronline.com/travel/detail/9600000125664>

<https://www.wongnai.com/reviews>

วัสดุอุปกรณ์

- | | |
|--------------------|---------------|
| 1. แต่งกวา | 2. แครรอท |
| 3. มะเขือเทศ | 4. ไม้จิ้มฟัน |
| 5. ไม้เสียบลูกชิ้น | 6. หัวไชเท้า |
| 7. หอม | |

ใบบันทึกกิจกรรมที่ 4

สมาชิกในกลุ่ม

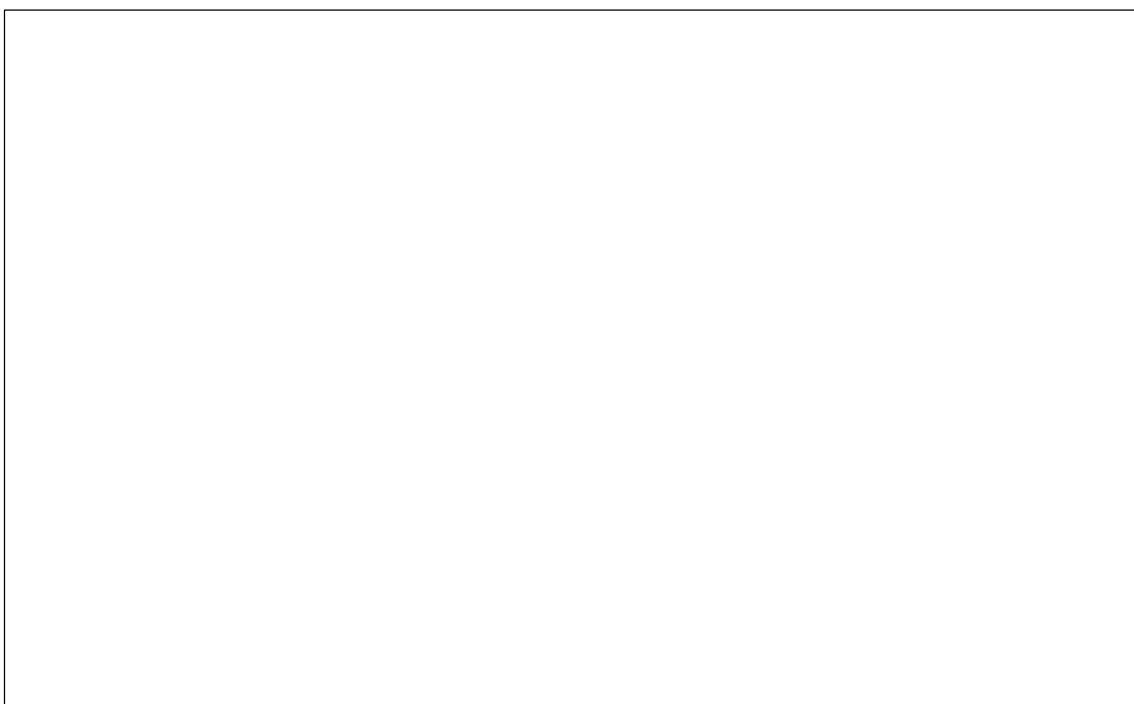
- | | | |
|--------|-----------|-------------|
| 1..... | ชั้น..... | เลขที่..... |
| 2..... | ชั้น..... | เลขที่..... |
| 3..... | ชั้น..... | เลขที่..... |
| 4..... | ชั้น..... | เลขที่..... |
| 5..... | ชั้น..... | เลขที่..... |
| 6..... | ชั้น..... | เลขที่..... |
| 7..... | ชั้น..... | เลขที่..... |

คำถาม

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าปัญหาในสถานการณ์คืออะไรหรือความต้องการของสถานการณ์

2. สาเหตุของปัญหาหรือสถานการณ์เกิดจากอะไร

6. ภาพร่างแบบจำลอง



6.1 นักเรียนคิดว่าจะสามารถนำสิ่งใดมาแทนที่เป็นล้อได้หรือไม่

6.2 นักเรียนคิดว่าจะออกแบบโดยนำสิ่งใดบ้างมาประกอบเข้าด้วยกันและจะทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น

6.3 นักเรียนคิดว่าจะเปลี่ยนอุปกรณ์ที่จะใช้ในส่วนใดอีกไหม แล้วจะสามารถนำสิ่งใดมาประยุกต์ใช้แทนได้บ้าง

6.4 นักเรียนคิดว่าจะสามารถดัดแปลงอุปกรณ์ที่ใช้สร้างเป็นอุปกรณ์อย่างอื่นได้อีกหรือไม่

6.5 รถล้อเลื่อนที่สร้างจากอุปกรณ์นี้เหมือนหรือต่างจากสิ่งอื่น ๆ ที่เคยมีหรือไม่

.....

.....

6.6 นักเรียนคิดว่าจะสามารถลดจำนวนของอุปกรณ์ที่ใช้ได้อีกหรือไม่ เพื่อให้การสร้างความคุ้มค่ามากที่สุดและประหยัดทรัพยากรมากที่สุด

.....

.....

6.7 นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นหากมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้น

.....

.....

7. ผลการทดสอบชิ้นงาน

ครั้งที่ทดสอบ	ข้อมูล				
	ระยะทาง (เมตร)	การกระจัด (เมตร)	เวลาที่ใช้ (วินาที)	อัตราเร็ว (m/s)	ความเร็ว (m/s)
ครั้งที่ 1					
ครั้งที่ 2					
ครั้งที่ 3					
เฉลี่ย					

8. สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. แนวทางการพัฒนาชิ้นงาน/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....



ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ความเร็วและอัตราเร็ว

เราสามารถบรรยายการเคลื่อนที่ของวัตถุว่าช้าหรือเร็วได้ 2 แบบ ได้แก่ อัตราเร็วและความเร็ว

อัตราเร็ว คือ ปริมาณที่บรรยายการเคลื่อนที่ของวัตถุว่าช้าหรือเร็ว ซึ่งพิจารณาจากอัตราส่วนของระยะทางต่อเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นปริมาณสเกลาร์ เมื่อกกล่าวถึงอัตราเร็วมักจะหมายถึงอัตราเร็วเฉลี่ย (average speed) ซึ่งเป็นการบรรยายภาพรวมของวัตถุในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ หาได้จากอัตราส่วนของระยะทางทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ หรือเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$\text{อัตราเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{ระยะทางทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมดที่ใช้}}$$

$$V_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{S_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}}$$

กำหนดให้ $V_{\text{เฉลี่ย}}$ แทน อัตราเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

$S_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน ระยะทางทั้งหมด มีหน่วยเป็นเมตร (m)

$t_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ความเร็วบอกถึงการที่วัตถุเปลี่ยนตำแหน่งจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งสุดท้ายได้เร็วหรือช้า ซึ่งพิจารณาจากอัตราส่วนของการกระจัดต่อเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยทิศทางของความเร็วจะมีทิศทางเดียวกับทิศทางการกระจัดนั้นคือ มีทิศทางจากตำแหน่งเริ่มต้นไปตำแหน่งสุดท้าย โดยทั่วไปมักกล่าวถึงความเร็วเฉลี่ย (average velocity) ซึ่งเป็นการบรรยายภาพรวมของความเร็วของวัตถุในช่วงหนึ่ง ๆ หาได้จากอัตราส่วนของการกระจัดทั้งหมดต่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ หรือเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$\text{ความเร็วเฉลี่ย} = \frac{\text{การกระจัดทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมดที่ใช้}}$$

$$\vec{V}_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\vec{S}_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}}$$

กำหนดให้ $V_{\text{เฉลี่ย}}$ แทน ความเร็วเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

$S_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน การกระจัดทั้งหมด มีหน่วยเป็นเมตร (m)

$t_{\text{ทั้งหมด}}$ แทน เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ตัวอย่างที่ 1 รถยนต์คันหนึ่งแล่นจากจุด A ไปยังจุด B ได้ระยะทาง 500 m ใช้เวลา 5 วินาที รถยนต์คันนี้มีอัตราเร็วและความเร็วเท่าไร



แนวคิด โจทย์กำหนด ระยะทาง (s) เท่ากับ 500 เมตร

การกระจัด ($\vec{S}$) เท่ากับ 500 เมตร

เวลา (t) เท่ากับ 5 วินาที

จากสูตรอัตราเร็วเฉลี่ย

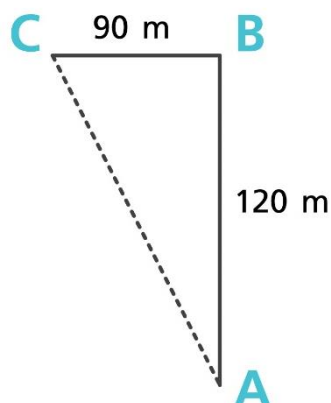
$$\begin{aligned} V_{\text{เฉลี่ย}} &= \frac{S_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}} \\ V_{\text{เฉลี่ย}} &= \frac{500 \text{ m}}{5 \text{ s}} \\ V_{\text{เฉลี่ย}} &= 100 \text{ m/s} \end{aligned}$$

จากสูตรความเร็วเฉลี่ย

$$\begin{aligned} \vec{V}_{\text{เฉลี่ย}} &= \frac{\vec{S}_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}} \\ \vec{V}_{\text{เฉลี่ย}} &= \frac{500 \text{ m}}{5 \text{ s}} \\ \vec{V}_{\text{เฉลี่ย}} &= 100 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ดังนั้น รถยนต์คันนี้มีอัตราเร็วและความเร็วเท่ากับ 100 m/s (อัตราเร็วมีขนาดเท่ากับความเร็ว เนื่องจากเป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทาง)

ตัวอย่างที่ 2 มารีโวิ่งจาก A ไป B ได้ระยะทาง 120 เมตร แล้ววิ่งจาก B ไป C ได้ระยะทาง 90 เมตร ใช้เวลา 15 วินาที ดังรูป มารีโวิ่งจาก A ไปถึง C ด้วยอัตราเร็วและความเร็วเท่าไร



แนวคิด โจทย์กำหนด ระยะทาง (s) เท่ากับ $90+120 = 210$ เมตร

การกระจัด ($\vec{S}$) เท่ากับ 150 เมตร

เวลา (t) เท่ากับ 15 วินาที

จากสูตรอัตราเร็วเฉลี่ย

$$v_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{s_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}} = \frac{210 \text{ m}}{15 \text{ s}} = 14 \text{ m/s}$$

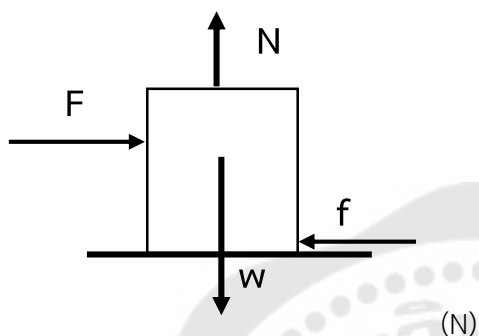
จากสูตรความเร็วเฉลี่ย

$$\vec{v}_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{\vec{s}_{\text{ทั้งหมด}}}{t_{\text{ทั้งหมด}}} = \frac{150 \text{ m}}{15 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

ดังนั้น มารีโวิ่งจาก A ไป C ด้วยอัตราเร็ว 14 เมตรต่อวินาที และความเร็ว 10 เมตรต่อวินาทีทิศจาก A ไป C

ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง แรงเสียดทาน

แรงเสียดทาน (friction) คือ ความต้านทานหรือแรงต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ ที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ 2 ชิ้น ที่สัมผัสกัน ซึ่งแรงเสียดทานจะมีทิศตรงข้ามกับแรงที่มากระทำเสมอ มีผลทำให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลง หรือขัดขวางการเคลื่อนที่ของวัตถุ



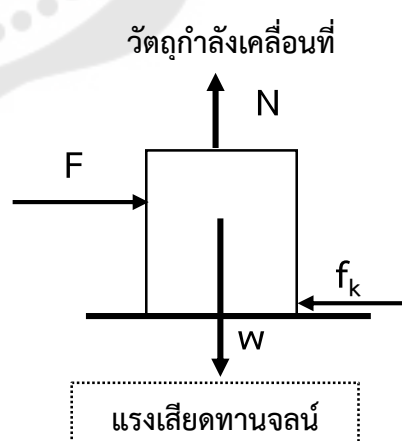
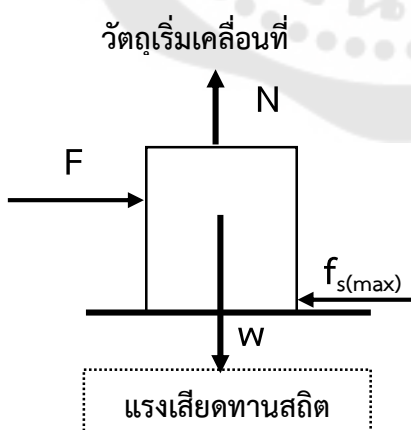
แรงที่กระทำต่อวัตถุ ได้แก่

- แรงที่ดึงให้วัตถุเคลื่อนที่ (F)
- แรงเสียดทานที่พื้นต้านแรงดึงวัตถุ (f)
- แรงโน้มถ่วงของโลกที่ดึงวัตถุลง (w)
- แรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุหรือแรงที่พื้นดันวัตถุขึ้น (N)

ชนิดของแรงเสียดทาน แรงเสียดทานแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

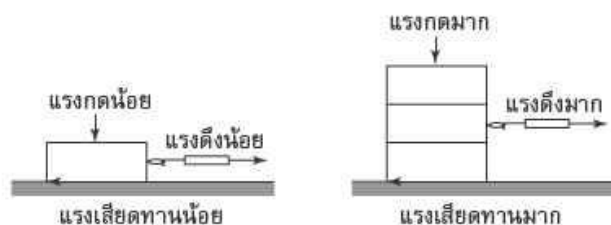
1. **แรงเสียดทานสถิต (Static Friction)** เป็นแรงเสียดทานซึ่งเกิดจากวัตถุ 2 ชนิดมาสัมผัสกัน โดยเกิดเมื่อวัตถุมีความพยายามจะเคลื่อนที่ แต่ยังไม่เคลื่อนที่ ค่าของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจะมีค่าไม่คงที่ จะมีขนาดเท่ากับแรงที่มากระทำ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนคือ f_s และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ เรียกว่า แรงเสียดทานสถิตสูงสุด สัญลักษณ์ที่ใช้แทนคือ $f_{s(max)}$

2. **แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic Friction)** เป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นกับผิวของวัตถุทั้งสองชนิดในขณะที่วัตถุกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ความเร่ง หรือความเร็วลดลงมีค่าคงที่ค่าเดียว



ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทาน มีดังนี้

1. **มวลของวัตถุ** วัตถุที่มีน้ำหนักกดทับบนพื้นผิวมาก จะมีแรงเสียดทานมากกว่าวัตถุที่มีน้ำหนักกดทับบนพื้นผิวน้อย เช่น มวล 5 kg กับมวล 10 kg ถูแรงกระทำเท่ากันบนโลก ดังนั้นวัตถุที่มีมวลมากก็จะมีแรงเสียดทานมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อย



2. **ลักษณะผิวสัมผัส** ผิวสัมผัสที่เรียบจะเกิดแรงเสียดทานน้อยกว่าผิวสัมผัสที่ขรุขระ



3. **ชนิดของวัตถุ** ยางมีแรงเสียดทานมากกว่าไม้
ประโยชน์ของการเพิ่มแรงเสียดทาน

1. ยางล้อรถยนต์ การผลิตยางล้อรถยนต์ให้มีลวดลาย ที่เรียกว่า ดอกยาง ทำให้ยางล้อรถยนต์เกาะถนนได้ดี ไม่ลื่นไถล
2. การทำให้พื้นมีความขรุขระ จะทำให้เดินและทรงตัวได้ดี
3. พื้นรองเท้า ผลิตโดยใช้วัสดุที่เพิ่มแรงเสียดทานระหว่างพื้นกับรองเท้าเพื่อกันลื่น ซึ่งช่วยให้การทรงตัวและเคลื่อนไหวสะดวกขึ้น

ประโยชน์ของการลดแรงเสียดทาน

1. บานพับประตู หน้าต่าง เมื่อใช้เป็นระยะเวลานานอาจฝืดทำให้เปิด-ปิดได้ยาก การหยอดน้ำมันหล่อลื่นลงไปที่แกนบานพับจะช่วยลดแรงเสียดทานทำให้เปิด-ปิดได้สะดวกขึ้น
2. ลูกสูบและกระบอกสูบของเครื่องจักรกล จะเสียดสีกันตลอดเวลา ส่งผลให้เครื่องยนต์สึกหรอ จึงต้องใช้น้ำมันเครื่องหล่อลื่น ช่วยลดการเสียดสี
3. กระดุกข้อพับ ข้อต่อกระดูกในร่างกายจะเกิดการเสียดสีกันตลอดเวลาจึงมีน้ำไขข้อมาหล่อเลี้ยง ซึ่งมีสมบัติเป็นสารหล่อลื่นช่วยลดการเสียดสีของกระดูกทำให้กระดูกระหว่างข้อต่อเคลื่อนไหวได้สะดวก
4. การเล่นกีฬาบางชนิด ต้องเล่นบนพื้นผิวที่มีแรงเสียดทานน้อยเช่น สเกตน้ำแข็ง ฮอกกี้น้ำแข็ง สเกตบอร์ด เป็นต้น

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน
2. แบบทดสอบฉบับนี้ มีลักษณะเป็นสถานการณ์ทั้งหมด 3 สถานการณ์ ซึ่งแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ ให้นักเรียนทำทุกข้อ
3. นักเรียนจะได้คะแนนสูงสุด ถ้าตอบคำถามได้จำนวนมาก แปลก และแตกต่างจากคนอื่น และให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบการตัดสินใจ ได้อย่างสมเหตุสมผล
4. แบบทดสอบฉบับนี้ใช้เวลาทำ 90 นาที



สถานการณ์ที่ 1

สถานการณ์ที่ 1

เทศกาลลอยกระทงของทุก ๆ ปี แม่และเอะจะทำกระทงไปลอยที่ท่าน้ำตรงสะพานพระรามเจ็ด ซึ่งเอะสังเกตเห็นว่า กระทงส่วนใหญ่ทำมาจากวัสดุธรรมชาติพวกต้นกล้วย ใบตองหรือวัสดุธรรมชาติอื่น ๆ บ้างก็ทำจากวัสดุประเภทโฟม บ้างก็ทำจากขนมปัง ซึ่งเอะก็จะสังเกตเห็นเพิ่มเติมพบว่า กระทงบางอันก็ลอยไปได้ไกล บางอันก็จมลงไปใต้น้ำ บางอันก็เอียงข้างหนึ่ง วันถัดมาเอะดูทีวีแล้วเห็นข่าวในทีวีเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นจากการลอยกระทงในปีนั้น มีการรายงานข่าวว่า กระทงที่ทำจากโฟมลอยน้ำได้ง่ายก็จริงแต่อาจจะไปอุดตันตามท่อและย่อยสลายยาก ส่วนกระทงที่ทำจากขนมปัง ก็เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ แต่ถ้าหากว่ามีกระทงที่ทำจากขนมปังจำนวนมาก ปลาก็จะกินไม่ทัน ส่งผลให้น้ำเน่าเสียอีก

สำหรับเทศกาลลอยกระทงในปีนั้น แม่ได้ชวนเอะทำกระทงไปลอยอีกเช่นเคย ดังนั้นเอะจึงได้คิดออกแบบกระทงเพื่อที่จะไปลอย โดยให้กระทงนั้นสามารถลอยน้ำได้จริงๆ และไม่ส่งผลเสียต่อแม่น้ำ



คำถามข้อที่ 1

1.1 จากสถานการณ์ที่กำหนด ให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ให้ได้มากที่สุด

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

1.2 ให้นักเรียนระบุจำนวนองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.

1.3 ให้นักเรียนเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขจากสถานการณ์นี้

เหตุผลที่เลือกปัญหานี้

คำถามข้อที่ 2

2.1 ให้นักเรียนบอกวิธีแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด เท่าที่จะเป็นไปได้

1.
2.
3.
4.
5.
6.

2.2 ให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาของสถานการณ์นี้

เหตุผลที่เลือกวิธีการแก้ปัญหานี้

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 3

3.1 ให้นักเรียนเขียนวิธีการแก้ปัญหโดยเรียงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญา

วิธีการแก้ปัญาแบบที่ 1

ที่	ขั้นตอนการแก้ปัญา
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

วิธีการแก้ปัญาแบบที่ 2

ที่	ขั้นตอนการแก้ปัญา
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

วิธีการแก้ปัญาแบบที่ 3

ที่	ขั้นตอนการแก้ปัญา
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

วิธีการแก้ปัญหาแบบที่ 4

ที่	ขั้นตอนการแก้ปัญหา
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

3.2 ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่น่าจะนำไปแก้ปัญหาได้จริงและแสดงเหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหานี้

.....

.....

เหตุผลที่เลือกปัญหานี้

.....

.....

.....

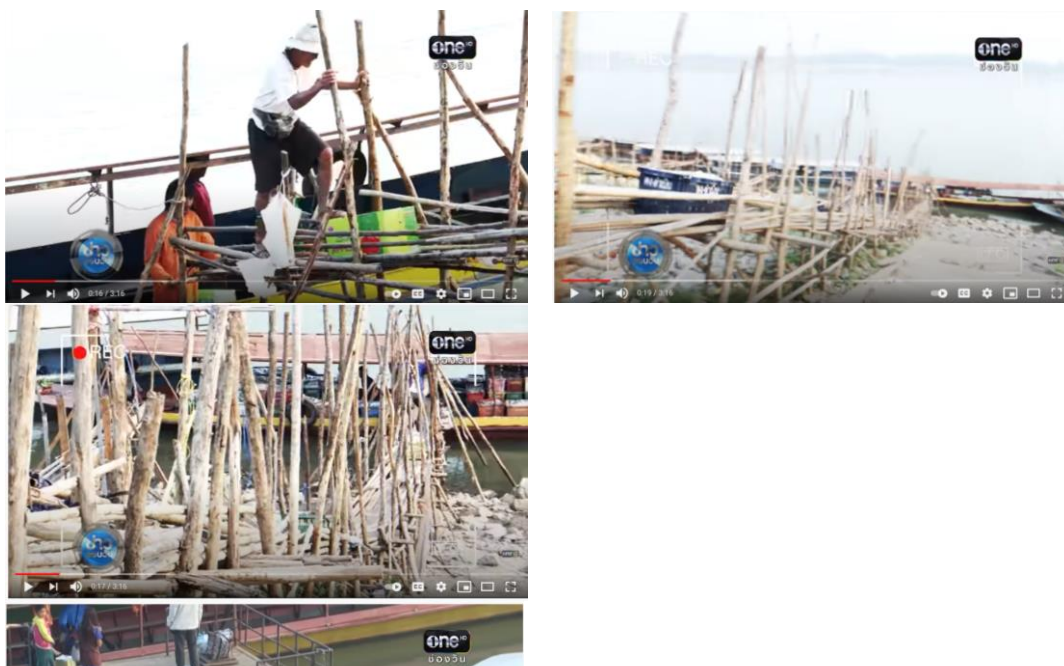
.....

.....

สถานการณ์ที่ 2

สถานการณ์ที่ 2

บริษัทขนส่งแห่งหนึ่ง รับขนส่งสินค้าข้ามแดนจากฝั่งไทยไปยังฝั่งลาว ซึ่งก็มีผู้โดยสารข้ามผ่านจากฝั่งด้วย นอกจากนี้สินค้าที่ส่งไปยังฝั่งลาว จะเป็นพืชผัก และผลไม้ ในช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำลดลง ทำให้เกิดทางลาดชันบริเวณริมฝั่งแม่น้ำโขงส่งผลให้การขนส่งสินค้าลงเรือเป็นไปได้ยากลำบาก บริษัทขนส่งได้มีการขนถ่ายสินค้าลงเรือ โดยใช้ราง เพื่อให้สินค้าเคลื่อนที่ลงเรือได้อย่างรวดเร็วและประหยัดแรงของคนขนส่ง โดยพนักงานขนส่งจะวางสินค้าลงในตระกร้าผักและผลไม้ จากนั้นปล่อยตระกร้าไหลลงไปด้วยความเร็ว แล้วพบว่าตระกร้าผักและผลไม้ที่ปล่อยลงมาด้วยความเร็วตามรางได้รับความเสียหาย ทำให้ไม่สามารถส่งสินค้าไปยังฝั่งลาวได้ หากนักเรียนเป็นพนักงานของบริษัทแห่งนี้ นักเรียนจะสร้างรางขนส่งสินค้าอย่างไร เพื่อให้สินค้าที่จะส่งลงเรือไม่ได้รับความเสียหาย



คำถามข้อที่ 1

1.1 จากสถานการณ์ที่กำหนด ให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ให้ได้มากที่สุด

1	
2	
3	
4	
5	

6	
7	

1.2 ให้นักเรียนระบุจำนวนองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....
- 7.....

1.3 ให้นักเรียนเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขจากสถานการณ์นี้

เหตุผลที่เลือกปัญหานี้

คำถามข้อที่ 2

2.1 ให้นักเรียนบอกวิธีแก้ปัญหให้ได้มากที่สุด เท่าที่จะเป็นไปได้

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....

2.2 ให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหของสถานการณ์นี้

เหตุผลที่เลือกวิธีการแก้ปัญหานี้

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 3

3.1 ให้นักเรียนเขียนวิธีการแก้ปัญหโดยเรียงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญา

วิธีการแก้ปัญาแบบที่ 1

ที่	ขั้นตอนการแก้ปัญา
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

วิธีการแก้ปัญาแบบที่ 2

ที่	ขั้นตอนการแก้ปัญา
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

วิธีการแก้ปัญาแบบที่ 3

ที่	ขั้นตอนการแก้ปัญา
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

วิธีการแก้ปัญหาแบบที่ 4

ที่	ขั้นตอนการแก้ปัญหา
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

3.2 ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่น่าจะนำไปแก้ปัญหาได้จริงและแสดงเหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหานี้

.....

.....

เหตุผลที่เลือกปัญหานี้

.....

.....

.....

.....

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ปรานวดี อุ่นญาติ
วัน เดือน ปี เกิด	13 สิงหาคม 2534
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ
วุฒิการศึกษา	พศ.2558 ครุศาสตร์บัณฑิต สาขา การสอน(วิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา
ที่อยู่ปัจจุบัน	177 หมู่ที่ 9 ตำบลโนนเพ็ก อำเภอพยุห์ จังหวัดศรีสะเกษ 33230

