การพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

วิทยานิพนธ์

ของ

ปวริศร ภูมิสูง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
กันยายน 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

วิทยานิพนธ์

ของ

ปวริศร ภูมิสูง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
กันยายน 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development Design Thinking of Mathayomsuksa 4 Students by Using STEAM Education

Pavarisorn Poomsoong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

September 2021

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายปวริศร ภูมิสูง แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. สมาน เอกพิมพ์)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....	.....
(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิร)	(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา
ผู้วิจัย ปวริศร ภูมิสูง
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยปฏิบัติการโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ และแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละและค่าเฉลี่ย ซึ่งทำการวิจัยจำนวน 2 วงจรปฏิบัติการ และมีผลการวิจัยมีดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบเฉลี่ยเท่ากับ 13.4 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 67 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 5 คน และไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 5 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยจัดกิจกรรมที่เน้นตีความหมาย วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำไปสู่การสรุปประเด็นปัญหา และฝึกทักษะกระบวนการออกแบบและวางแผน การสร้างชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ พบว่านักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบเฉลี่ยเท่ากับ 17.2 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 10 คน และไม่มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์

คำสำคัญ : สตีมศึกษา, การคิดเชิงออกแบบ

TITLE Development Design Thinking of Mathayomsuksa 4 Students by Using STEAM Education

AUTHOR Pavarisorn Poomsoong

ADVISORS Associate Professor Prasart Nuangchalerm , Ed.D.

DEGREE Master of Education **MAJOR** Teaching of Science and Mathematics

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2021

ABSTRACT

This research is an operational research aiming to develop the design thinking of Mathayom Suksa 4 students to have a passing score of 70% by organizing learning activities according to the Steam Education Guidelines. In this additional physics course on work and energy, the target group was 10 students in Mathayomsuksa 4/5, Demonstration School of Mahasarakham University (Secondary Division). The research equipment was Learning Management Plan according to the Steam Education Guidelines, Design Thinking Quiz and design thinking behavior observation model. The data were analyzed using percentages and averages, which researched 2 operating cycles. The results of the research are as follows:

Cycle 1, students had an average design thinking score of 13.4 out of 20, representing 67%. There were 5 students who passed the criteria and 5 students failed. Cycle 2 were developed with action cycle 1 by organizing activities that focus on interpreting, analyzing and synthesizing data in order to lead to the conclusion of the problem and practice design, planning process skills, and creating new pieces of work. It was found that the students had an average design thinking score of 17.2 out of 20, representing 86%. There were 10 students who passed the criteria and no students pass the criteria.

Keyword : STEAM Education, Design Thinking

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญา รัตน์ โคจร ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ กรรมการสอบ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานิตย์ อาษานอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน อาจารย์ ดร.ฉันชัย จันทะเสน อาจารย์สุนัย อิ่มอุรัง ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) อำเภอกันทรวิชัย มหาสารคาม ที่อนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนคณะอาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ทุกท่านและนักเรียนที่เกี่ยวข้อง

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ที่คอยให้การสนับสนุน คอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ปวริศร ภูมิสูง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายการวิจัย 4

ความสำคัญของการวิจัย 4

ขอบเขตการวิจัย 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) 7

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ 15

การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ 27

สตีมศึกษา (STEAM Education) 33

การคิดเชิงออกแบบ (Design thinking) 47

บริบทของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) 59

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 61

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 66

กลุ่มเป้าหมาย 66
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 67
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย 68
การเก็บรวบรวมข้อมูล 80
การวิเคราะห์ข้อมูล 85
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 86
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 87
ผลการดำเนินการ 87
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละวงจรปฏิบัติการ 88
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 99
ความมุ่งหมายของการวิจัย 99
สรุปผล 99
อภิปรายผล 100
ข้อเสนอแนะ 104
บรรณานุกรม 106
ภาคผนวก 114
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา เรื่อง งาน และพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 115
ภาคผนวก ข แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ 148
ภาคผนวก ค ตัวอย่างผลงานของนักเรียน 163
ภาคผนวก ง แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ 167
ภาคผนวก จ การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 169
ประวัติผู้เขียน 185

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 บทบาทของครูกับนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 46

ตารางที่ 2 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวสตีมศึกกับการคิดเชิงออกแบบ ... 59

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนนักเรียนที่ทดสอบแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบแยกเป็นขั้นตอน 66

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ 68

ตารางที่ 5 ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ 74

ตารางที่ 6 ข้อบ่งชี้การคิดเชิงออกแบบในการวัดการคิดเชิงออกแบบ 75

ตารางที่ 7 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบในส่วนของสถานการณ์ปัญหา 77

ตารางที่ 8 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบในส่วนของข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบ 77

ตารางที่ 9 ระดับความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน 79

ตารางที่ 10 แผนปฏิบัติงานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 80

ตารางที่ 11 แผนปฏิบัติงานในวงจรปฏิบัติการที่ 2 83

ตารางที่ 12 คะแนนรวมการคิดเชิงออกแบบของกลุ่มเป้าหมาย 87

ตารางที่ 13 คะแนนแต่ละขั้นของการคิดเชิงออกแบบของกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1 90

ตารางที่ 14 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 92

ตารางที่ 15 คะแนนแต่ละขั้นของการคิดเชิงออกแบบของกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 95

ตารางที่ 16 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 98

ตารางที่ 17 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 172

ตารางที่ 18 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 173

ตารางที่ 19 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 174

ตารางที่ 20 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 175

ตารางที่ 21 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 176

ตารางที่ 22 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 177

ตารางที่ 23 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 178

ตารางที่ 24 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 179

ตารางที่ 25 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบชุดที่ 1 181

ตารางที่ 26 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบชุดที่ 2 182

ตารางที่ 27 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบชุดที่ 3 182

ตารางที่ 28 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ 184

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพที่ 1 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ เคมมิสและแม็คทาคคาร์ท (Kemmis and 22

ภาพที่ 2 กระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของสตริงเกอร์ (Stringer)..... 23

ภาพที่ 3 กระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของคอกเลนและเบรนนิค 24

ภาพที่ 4 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart 25

ภาพที่ 5 STEAM ศิลปะเพื่อสตีมศึกษา: การพัฒนาการรับรู้ความสามารถและแรงบันดาลใจให้เด็ก (นครปฐม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2560)..... 44

ภาพที่ 6 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Empathize (วงรอบที่ 1)... 91

ภาพที่ 7 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Define (วงรอบที่ 1) 91

ภาพที่ 8 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Ideate (วงรอบที่ 1)..... 91

ภาพที่ 9 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Prototype (วงรอบที่ 1).... 92

ภาพที่ 10 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Test (วงรอบที่ 1)..... 92

ภาพที่ 11 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Empathize (วงรอบที่ 2). 96

ภาพที่ 12 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Define (วงรอบที่ 2)..... 96

ภาพที่ 13 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Ideate (วงรอบที่ 2) 97

ภาพที่ 14 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Prototype (วงรอบที่ 2).. 97

ภาพที่ 15 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Test (วงรอบที่ 2)..... 97

ภาพที่ 16 ตัวอย่างการทำใบงานของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย..... 164

ภาพที่ 17 ตัวอย่างชิ้นงานหรือนวัตกรรมของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย 165

ภาพที่ 18 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ผ่านเกณฑ์ 166

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

การศึกษาในโรงเรียนเป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ ความสามารถและทักษะต่าง ๆ ที่เป็นจำต่อการใช้ชีวิตบนโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการศึกษาต้องมีการเปลี่ยนแปลงสาระวิชาตามหลักสูตรควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะใหม่ ๆ สำหรับการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 นั้น สาระวิชาก็มีความสำคัญแต่ไม่เพียงพอสำหรับการใช้ชีวิตในโลกยุคศตวรรษที่ 21 ปัจจุบันการเรียนรู้สาระวิชาควรเป็นการเรียนจากการค้นคว้าเองของนักเรียนเอง โดยผู้สอนมีหน้าที่ช่วยแนะนำและช่วยออกแบบกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนแต่ละคนสามารถประเมินความก้าวหน้าของการเรียนรู้ของตนเองได้ (ไสว ฟักขาว, 2561) การใช้ชีวิตในโลกยุคศตวรรษที่ 21 หากมีเพียงความรู้จากสาระวิชาเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ นักเรียนต้องมีทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็น เพื่อเตรียมพร้อมในการแก้ปัญหาใหม่ของโลกอนาคต โดยโรงเรียนต้องพัฒนาหลักสูตรใหม่มีความทันสมัยและหาวิธีการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง เน้นการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถนำความรู้ หลักการ ทฤษฎี ทักษะกระบวนการและประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันหรือนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพเพื่อหาเลี้ยงตนเองได้ (สุวิธิดา จรุงเกียรติกุล, 2557) การคิดเชิงออกแบบเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนในการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยการคิดเชิงออกแบบเป็นกระบวนการคิดที่ใช้การทำความเข้าใจในปัญหาต่าง ๆ เพื่อที่จะหาวิธีการที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหา ซึ่งการแก้ปัญหาบนพื้นฐานกระบวนการนี้เน้นเอาผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง โดยเอาความคิดสร้างสรรค์จากการระดมสมองหรือไอเดียจากหลาย ๆ คน เพื่อให้ตอบโจทย์ผู้ใช้งาน ตลอดจนแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน การคิดเชิงออกแบบมีองค์ประกอบหลักอยู่ 5 ขั้น ประกอบด้วย 1) ขั้น Empathize เป็นการทำความเข้าใจต่อผู้ใช้งานหรือกลุ่มเป้าหมาย เพื่อค้นหาปัญหาของผู้ใช้งาน 2) ขั้น Define เป็นการสังเคราะห์ข้อมูลโดยการอธิบายปัญหาของผู้ใช้งานว่ามีปัญหาอย่างไร ปัญหาที่แท้จริงคืออะไร เพื่อที่จะนำไปแก้ไขปัญหา 3) ขั้น Ideate เป็นการระดมสมองหรือหาไอเดียเพื่อแก้ไขปัญหาโดยเน้นการหาแนวคิดในการแก้ปัญหาให้มากที่สุด เมื่อได้วิธีแก้ไขปัญหาให้วิเคราะห์ต่อว่าวิธีไหนเป็นวิธีที่ดีทีสุดหรือน่าลองใช้มากที่สุด 4) ขั้น Prototype เป็นการสร้างแบบจำลองหรือการสร้างต้นแบบเพื่อให้ผู้ใช้งานหรือกลุ่มเป้าหมายทดสอบ ซึ่งแบบจำลองที่ดีจะต้องช่วยแก้ปัญหาของผู้ใช้งาน

หรือตอบโจทย์ผู้ใช้งาน และ 5) ขั้น Test เป็นการทดสอบโดยเอาแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาทดสอบกับผู้ใช้งานหรือกลุ่มเป้าหมาย และประเมินผลที่ได้ว่าเป็นอย่างไร จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ แก้ไขปรับปรุงเพื่อแก้ปัญหาต่อไป (Phitsanu, 2020) และในปัจจุบันการคิดเชิงออกแบบเป็นกระบวนการหนึ่งในการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ผสมผสานระหว่างกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์และธุรกิจ เพื่อตอบโจทย์ผู้ใช้งานหรือกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นกระบวนการที่นำไปใช้ในองค์กรระดับโลกในการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ อย่างกว้างขวาง เช่น Apple, Nike, google หรือ Facebook เป็นต้น ดังนั้นองค์กรหรือบริษัทต่าง ๆ จึงต้องการบุคลากรหรือพนังงานที่มีกระบวนการการคิดเชิงออกแบบเข้ามาทำงานเป็นอย่างมาก เพื่อพัฒนาและสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ให้กับองค์กร (ศศิมา สุขสว่าง, 2560)

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เปิดสอนทั้งระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมต้นและชั้นมัธยมปลาย วิชาฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่จัดว่าเป็นพื้นฐานสำคัญของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างเป็นระบบ การสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ รวมทั้งฝึกให้นักเรียนเกิดกระบวนการการคิดเชิงออกแบบ (โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม), 2563) อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ของครูในห้องเรียนส่วนมากจะใช้วิธีการสอนแบบท่องจำสูตร บรรยายความรู้ และฝึกทำโจทย์ปัญหาเป็นหลัก ทำให้เด็กนักเรียนขาดโอกาสที่จะนำความรู้ทางด้านฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์นวัตกรรมต่าง ๆ จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนพบว่า นักเรียนมีปัญหาในการทำความเข้าใจกับสถานณ์ที่เป็นปัญหา การระบุประเด็นปัญหา การค้นคว้าหาข้อมูล การวางแผนแก้ปัญหา และรวมถึงการสร้างชิ้นงานตลอดจนการตรวจสอบชิ้นงาน กล่าวคือ นักเรียนขาดกระบวนการการคิดเชิงออกแบบ เนื่องจากไม่มีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการทำความเข้าใจกับสถานณ์ของปัญหา การระบุปัญหา การค้นคว้า การทดลอง การออกแบบ การสังเคราะห์ชิ้นงานขึ้นมาเป็นรูปธรรมที่จะต้องอาศัยการคิดแบบเป็นเหตุเป็นผล การตัดสินใจ การวางแผน รวมไปถึงการพิจารณาไตร่ตรองรวบรวมข้อมูลและเลือกใช้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงออกแบบ จากนั้นสร้างแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามให้ครบองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้น จำนวน 6 ชุด โดยแต่ละชุดประกอบด้วย 1 สถานการณ์ 5 ข้อคำถาม จำนวน 10 คะแนน และนำแบบทดสอบชุดที่ 1 และ 2 มาทดสอบกับนักเรียนเพื่อหากลุ่มเป้าหมาย จากการนำเครื่องมือไปตรวจพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 มีการคิดเชิงออกแบบต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 11.4 คิดเป็นร้อย

ละ 57 โดยร้อยละ 70 เป็นเกณฑ์จากคะแนนสมรรถนะของนักเรียนในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ซึ่งใช้ในการประเมินสมรรถนะด้านต่าง ๆ ของนักเรียนประกอบด้วย 1) ความสามารถในการสื่อสาร 2) ความสามารถในการคิด 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และ 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ซึ่งร้อยละ 70 อยู่ในเกณฑ์ระดับดี (โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม), 2563) เนื่องจากการคิดเชิงออกแบบมีความหมายและความสอดคล้องกับสมรรถนะของนักเรียนที่กล่าวไปข้างต้น ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้เกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นเกณฑ์การประเมินการคิดเชิงออกแบบที่นักเรียนต้องผ่านการประเมิน

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสำหรับการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา (STEAM education) เป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาการคิดเชิงออกแบบได้ เนื่องจากสตีมศึกษามีขั้นตอนการจัดกิจกรรมที่คล้ายกับกระบวนการการคิดเชิงออกแบบ โดยมีการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) ศิลปะ (A) และคณิตศาสตร์ (M) เป็นการนำเอาวิธีการสอนและจุดเด่นของแต่ละแขนงวิชามารวมกันอย่างลงตัว ซึ่งเป็นแนวคิดที่เกิดขึ้นจากการขาดแคลนแรงงานคุณภาพทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา สตีมศึกษาจึงเน้นการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ การค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา และนำข้อมูลนั้นไปออกแบบ วางแผน สร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมโดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ และตรวจสอบว่าชิ้นงานหรือนวัตกรรมสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร (ปาริชาติ ประเสริฐสังข์, 2556) การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาในงานวิจัยนี้จะอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นเครื่องมือในการดำเนินกิจกรรม โดยมีขั้นตอนในการกิจกรรมประกอบด้วย 1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) 3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) และ 6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) โดยจะเน้นไปที่การออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลายและแปลกใหม่แล้ววิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสม และเน้นที่การประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และเป็นระบบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) จะเห็นได้ว่าสตีมศึกษาที่อาศัยอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการดำเนินกิจกรรมมีขั้นตอนและจุดมุ่งหมายของการดำเนินงานที่คล้ายกับกระบวนการ

การคิดเชิงออกแบบคือการออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลายและแปลกใหม่ ดังนั้นสตีมศึกษามีแนวโน้มที่จะพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนได้

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายให้ดีขึ้นจึงจะทำให้เกิดการยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต่อไป

ความมุ่งหมายการวิจัย

เพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ จะทำให้ได้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง งาน และพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สามารนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 ห้องแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์แบบปกติที่มีคะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงออกแบบต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

นวัตกรรมที่ใช้ในการวิจัย : การเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัย : การคิดเชิงออกแบบ

3. เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการทำวิจัย

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งาน และพลังงาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และหลักสูตรของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. ระยะเวลาดำเนินการ

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สตีมศึกษา (STEAM Education) หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้หลักการ และทฤษฎีมาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผน ออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือวัตกรรมที่แปลกใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่หรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่พบเจอได้ และเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน โดยอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นเครื่องมือในการดำเนินกิจกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนกล่าวถึงสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้นักเรียนฟัง จากนั้นผู้สอนจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ มองเห็นปัญหา และนำไปสู่การระบุปัญหา โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจและวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาได้ โดยมีผู้สอนค่อยช่วยเหลือ

1.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนกล่าวถึงปัญหาที่ได้จากขั้นที่ 1.1 จากนั้นตั้งคำถามกับนักเรียนว่าเราสามารถนำแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร โดยมีผู้สอนค่อยช่วยเหลือและตรวจสอบความถูกต้อง

1.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในขั้นที่ 1.2 มาประยุกต์ใช้กับความรู้ทางด้านวิศวกรรม เพื่อออกแบบชิ้นงานหรือนวัตกรรมในการแก้ปัญหา และนำศาสตร์ความรู้ทางด้านศิลปะมาช่วยในการออกแบบนวัตกรรมให้มีความน่าสนใจและแปลกใหม่ โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยผู้สอนจะยกตัวอย่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่างเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาของตน โดยมีผู้สอนค่อยช่วยเหลือ

1.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนร่วมกันวางแผนและดำเนินการสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมตามการออกแบบในขั้นที่ 1.3 โดยมีผู้สอนค่อยช่วยเหลือ

1.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนทำการทดสอบและประเมินชิ้นงานหรือนวัตกรรมของตนเองว่าสามารถแก้ไขปัญได้หรือไม่อย่างไร และทำการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้สามารถแก้ปัญหาได้มากที่สุด โดยมีผู้สอนค่อยช่วยเหลือและตรวจสอบความถูกต้อง

1.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้น

2. การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) หมายถึง กระบวนการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างเป็นระบบเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา หรือการทำความเข้าใจปัญหาให้ถูกต้องกับประเด็นและความต้องการ และหาแนวทางในการแก้ปัญหาจากไอเดียหรือแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อออกแบบและพัฒนาเป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ สิ่งที่บ่งบอกว่านักเรียนมีการคิดเชิงออกแบบสามารถตรวจสอบตามองค์ประกอบ 5 ขั้น ของการคิดเชิงออกแบบดังต่อไปนี้

2.1 ขั้นการทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมาย (Empathize) นักเรียนสามารถทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อระบุปัญหาของสถานการณ์ว่ามีอะไรบ้าง อย่างไร

2.2 ขั้นการตั้งกรอบโจทย์ (Define) นักเรียนสามารถสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากขั้น Empathize โดยการอธิบายปัญหาของสถาการณ์ว่าปัญหาที่แท้จริงคืออะไร เพื่อที่จะนำปัญหาไปแก้ไข

2.3 ขั้นการสร้างความคิด (Ideate) นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อแก้ไขปัญหา โดยเน้นการหาแนวคิดในการแก้ปัญหาให้มากที่สุด และทำการวิเคราะห์ต่อว่าวิธีไหนเป็นวิธีที่ดีที่สุดหรือน่าลองใช้มากที่สุด

2.4 ขั้นการสร้างต้นแบบ (Prototype) นักเรียนสามารถนำข้อมูลจากขั้น Ideate มาสร้างแบบจำลองหรือชิ้นงานเพื่อนำไปทดสอบการแก้ปัญหา โดยการวาดแบบจำลองหรือภาพชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหา

2.5 ขั้นการทดสอบต้นแบบ (Test) นักเรียนสามารถทดสอบการแก้ปัญหา โดยเอาแบบจำลองหรือชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาทดสอบ โดยอธิบายหลักการทำงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการคิดเชิงออกแบบคือแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามย่อย 5 ข้อ ตามองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบจำนวน 20 คะแนนต่อชุด โดยชุดที่ 1 ใช้ทดสอบเพื่อหากลุ่มเป้าหมาย ชุดที่ 2 ใช้ทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 และชุดที่ 3 ใช้ทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
2. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ
3. การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ
4. สตีมศึกษา (STEAM Education)
5. การคิดเชิงออกแบบ (Design thinking)
6. บริบทของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    7.1 งานวิจัยภายในประเทศ
    7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

กระทรวงศึกษาธิการได้ทบทวนหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อนำไปสู่การพัฒนาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ที่มีความเหมาะสมชัดเจน ทั้งเป้าหมายของหลักสูตรในการพัฒนาคุณภาพนักเรียน และกระบวนการนำหลักสูตรไปสู่การปฏิบัติในระดับเขตพื้นที่การศึกษาและสถานศึกษา โดยได้มีการกำหนดวิสัยทัศน์ จุดหมาย สมรรถนะสำคัญของนักเรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่ชัดเจน เพื่อใช้เป็นทิศทางในการจัดทำหลักสูตร การเรียนการสอนในแต่ละระดับ นอกจากนั้นได้กำหนดโครงสร้างเวลาเรียนขั้นต่ำของแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ในแต่ละชั้นปีไว้ในหลักสูตรแกนกลาง และเปิดโอกาสให้สถานศึกษาเพิ่มเติมเวลาเรียนได้ตามความพร้อมและจุดเน้น อีกทั้งได้ปรับกระบวนการวัดและประเมินผลนักเรียน เกณฑ์การจบการศึกษาแต่ละระดับ และเอกสารแสดงหลักฐานทางการศึกษาให้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และมีความชัดเจนต่อการนำไปปฏิบัติ

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ในเอกสารนี้ ช่วยทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในทุกระดับเห็นผลคาดหวังที่ต้องการในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนที่ชัดเจนตลอดแนว ซึ่งจะสามารถช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในระดับท้องถิ่นและสถานศึกษาร่วมกันพัฒนาหลักสูตรได้อย่าง

มั่นใจ ทำให้การจัดทำหลักสูตรในระดับสถานศึกษามีคุณภาพและมีความเป็นเอกภาพยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้เกิดความชัดเจนเรื่องการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และช่วยแก้ปัญหาการเทียบโอนระหว่างสถานศึกษา ดังนั้นในการพัฒนาหลักสูตรในทุกระดับตั้งแต่ระดับชาติจนกระทั่งถึงสถานศึกษาจะต้องสะท้อนคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน รวมทั้งเป็นกรอบทิศทางในการจัดการศึกษาทุกรูปแบบ และครอบคลุมนักเรียนทุกกลุ่มเป้าหมายในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

การจัดหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานจะประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่คาดหวังได้ ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งระดับชาติ ชุมชน ครอบครัว และบุคคลต้องร่วมรับผิดชอบ โดยร่วมกันทำงานอย่างเป็นระบบ และต่อเนื่อง ในการวางแผน ดำเนินการ ส่งเสริมสนับสนุน ตรวจสอบ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไข เพื่อพัฒนาเยาวชนของชาติไปสู่คุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมีหลักการที่สำคัญดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ

3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์

จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนานักเรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับนักเรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐานดังนี้

1. มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

สมรรถนะสำคัญของนักเรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนานักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ดังนี้

สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิด อย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลกดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเองที่บ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์ของนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) คือ กล้าคิด กล้าทำ และกล้านำ

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 สาระ 10 มาตรฐาน โดยมีสาระและมาตรฐานดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิต กับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของ ประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของ สสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิด ปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติ ของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้ง นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ ที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลง ภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

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

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็น ขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมีฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนจำเป็นต้องมีวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหาที่ทัดเทียมกับนานาชาติเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง

สาระฟิสิกส์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ ประกอบด้วย 4 สาระดังนี้

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกลของวัตถุ งานและ

กฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการมองเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติและสมการแบร์นูลลีกฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสีแรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

คำอธิบายรายวิชา

วิชาฟิสิกส์ 1 รหัสวิชา ว31211 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 2.0 หน่วยกิต โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

ศึกษา วิเคราะห์ หลักการของงานและพลังงาน ประสิทธิภาพเครื่องกล โมเมนตัมและการชน การเคลื่อนที่แบบวงกลม การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบ S.H.M โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล และการอภิปรายใช้กระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อสร้างความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ เห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

ผลกาเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ ข้อ 1 ผลการเรียนรู้ที่ 10-17

10. วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบาย และคำนวณกำลังเฉลี่ย

11. อธิบาย และคำนวณพลังงานจลน์พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์ และพลังงานจลน์และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์

12. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

13. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล

14. อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม

15. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

16. อธิบาย วิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

17. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

รวม 8 ผลการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ ข้อ 2 ผลการเรียนรู้ที่ 1-2

1. ทดลอง และอธิบายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายของวัตถุติดปลายสปริงและลูกตุ้มอย่างง่ายรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. อธิบายความถี่ธรรมชาติของวัตถุและการเกิดการสั่นพ้อง

รวม 2 ผลการเรียนรู้

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

1. ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ดังนี้

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล (2541) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการหมายถึงการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาวิธีแก้ปัญหา ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนาคุณภาพของงานที่ตนกำลังปฏิบัติอยู่และขณะเดียวกันก็สร้างความเข้าใจถึงสภาพและกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยผ่านกระบวนการของวงจรแบบบันไดเวียน ข้อมูลที่รวบรวมได้ระหว่างดำเนินงานเป็นฐานของการปรับแก้ไขขั้นถัดไป

บุญชม ศรีสะอาด (2552) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นการศึกษาค้นคว้า หรือวิจัยที่มุ่งแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่ เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ปฏิบัติการที่กำลังดำเนินการอยู่ของผู้วิจัยให้มีคุณภาพ แต่ความรู้หรือผลการวิจัยที่ได้จะอยู่เฉพาะในวงแคบไม่สามารถไปสรุปอ้างอิงกับกลุ่มตัวอย่างอื่น

องอาจ นัยพัฒน์ (2548) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ทำโดยนักวิจัยและคณะบุคคลที่เป็นผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน โดยมีจุดมุ่งหมายหลักคือการนำเอาผลการศึกษาวิจัยที่ค้นพบไปปรับปรุงแก้ไขปัญหาและพัฒนาคุณภาพให้ดีขึ้น มีความสอดคล้องกับสภาพรวมไปถึงบริบททางด้านสังคมและวัฒนธรรมและด้านอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น

ประสาท เนืองเฉลิม (2556) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นการดำเนินการวิจัยควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานของครู ซึ่งต้องใช้กระบวนการที่น่าเชื่อถือและเป็นระบบในการแสวงหา คำตอบในสถานการณ์หรือบริบทของชั้นเรียน

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) หมายถึง การศึกษาที่รวบรวมหรือการแสวงหาข้อเท็จจริงโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปอันจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่เผชิญอยู่ ทั้งในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานในขอบข่ายที่รับผิดชอบ โดยผู้วิจัยสามารถดาเนินการได้หลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งผลการปฏิบัติงานนั้นบรรลุวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ประสบอยู่ได้สำเร็จ โดยกำหนดขั้นตอนของการวิจัยประกอบด้วยการวางแผน (Plan) การปฏิบัติ (Action) การสังเกต (Observation) และการสะท้อนกลับ (Reflection)

Kemmis, S & McTaggart (1988) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นรูปแบบหนึ่งของการวิจัยที่ไม่ได้แตกต่างไปจากการวิจัยอื่น ๆ ในเชิงเทคนิค แต่แตกต่างในด้านวิธีการ ซึ่งวิธีการของ การวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การทำงานที่เป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองทั้งเป็นวงจรแบบขดลวด (Spiral of Self-Reflecting) โดยเริ่มต้นที่ขั้นตอนการวางแผน (planning) การปฏิบัติ

(action) การสังเกต (observing) และการสะท้อนกลับ (reflecting) เป็นการวิจัยที่จำเป็นต้องอาศัยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนกลับเกี่ยวกับการปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการพัฒนา ปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

จากความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ว่า การวิจัยในชั้นเรียนเป็นกระบวนการแก้ปัญหาหรือพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสืบค้นสาเหตุของปัญหาและเพื่อได้มาซึ่งข้อสรุปการแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยต้องการที่จะแก้ปัญหานั้นอย่างเร่งด่วนเพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น โดยผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้หลาย ๆ ครั้ง จนสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ โดยมีขั้นตอนการวิจัย คือ การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนกลับ

2. ขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

พินันทร์ คงคาเพชร (2552) กล่าวว่า การดำเนินการตามวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Planning) คือ แนวทางปฏิบัติซึ่งตั้งความคาดหวังไว้ เป็นการมองไปในอนาคตข้องหน้า การกำหนดแผนทั่วไปต้องสามารถปรับให้เข้ากับความเปลี่ยนแปลงและความขัดแย้งที่เกิดขึ้นได้ กิจกรรมที่เลือกเข้ามากำหนดในแผนต้องได้รับความร่วมมือจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการวิพากษ์ เพื่อให้เกิดการวิเคราะห์และปรับปรุงการกำหนดแผนงานที่จะสามารถปฏิบัติได้จริงในสภาพการณ์ที่เป็นอยู่ ผู้วิจัยอาจเริ่มต้นด้วยการสำรวจปัญหาและวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างบุคลากรภายในโรงเรียน เพื่อให้ได้ปัญหาที่สำคัญที่ต้องการให้แก้ไขตลอดจนการแยกแยะรายละเอียดของปัญหาได้อย่างชัดเจน

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ (Action) เป็นการนาแนวคิดที่กำหนดเป็นกิจกรรมในขั้นวางแผนที่วางไว้มาดำเนินการอย่างมีเหตุผล เปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสมโดยกำหนดให้เกิดความสมดุลกับการปฏิบัติและมีการควบคุมอย่างสมบูรณ์ แผนที่วางไว้สาหรับการปฏิบัติจะต้องสามารถปรับแก้ไขได้และสามารถปรับปรุงไปได้เรื่อย ๆ ตามผลการตัดสินใจเกี่ยวกับการกระทำนั้น ๆ เนื่องจากการปฏิบัตินั้นไม่ได้มีการควบคุมสภาพแวดล้อมในการวิจัย ดังนั้นแผนที่วางไว้อาจมีการผันแปรตามสถานการณ์และบุคคล ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะต้องพบปัญหาในการวิจัยมากมาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงควรทำการวิเคราะห์วิจารณ์ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นร่วมกันของทีมงาน เพื่อทำการแก้ไขปรับปรุงแผนให้เหมาะสมทันท่วงที

ขั้นตอนที่ 3 การสังเกต (Observation) เป็นการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยความรอบคอบโดยทาการสังเกตกระบวนการปฏิบัติการและผลของการปฏิบัติการ สังเกตสถานการณ์ของข้อขัดข้องของการปฏิบัติ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับผลที่ได้จากการปฏิบัติงาน มี

รายงานหลักฐานที่มาจากวิจารณญาณการสังเกตอย่างรอบคอบ และระมัดระวัง โดยอาศัยเครื่องมือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกิดจากการปฏิบัติ

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflection) เป็นขั้นสุดท้ายของวงจรการทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการ การประเมินหรือตรวจสอบกระบวนการแก้ไขปัญหา หรือสิ่งที่เป็นอุปสรรคหรือข้อจำกัดของการปฏิบัติงาน ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะทำงานร่วมกับกลุ่มผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายเพื่อช่วยกันตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างรอบด้าน ว่ามีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับบริบททางสังคม สิ่งแวดล้อมของโรงเรียนหรือกิจกรรมที่กำลังศึกษา และของระบบการศึกษาที่ประกอบกันอยู่หรือไม่ โดยผ่านกระบวนการวิพากษ์ และอภิปรายเกี่ยวกับปัญหา การประเมินโดยกลุ่มจะทำให้ได้แนวทางของการพัฒนาขั้นตอนการดาเนินกิจกรรมและเป็นพื้นฐานข้อมูลที่จะเป็นแนวทางนำไปสู่การปรับปรุงและการวางแผนปฏิบัติ

ประสาท เนืองเฉลิม (2556) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการดังนี้

ขั้นที่ 1 การสำรวจสภาพการปฏิบัติงาน เป็นขั้นตอนของการสำรวจบริบทของครูว่ามีปัญหาอะไร แล้ววิเคราะห์ว่าปัญหาเหล่านั้นมีสาเหตุมาจากอะไร และจะสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขสภาพการปฏิบัติงานส่วนใดบ้าง

ขั้นที่ 2 การวางแผน (Planning) เป็นขั้นตอนสำหรับกำหนดให้มีวัตถุประสงค์วิธีการและวางแผนเพื่อนำไปลงมือปฏิบัติให้ค้นคว้าคำตอบ หรือพัฒนานวัตกรรมและการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงสภาพการปฏิบัติการที่เป็นปัญหา

ขั้นที่ 3 การลงมือปฏิบัติ (Action) เป็นขั้นตอนการปฏิบัติการตามแผนที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflection) หลังจากที่มีการปฏิบัติเพื่อแก้ไขปรับปรุง และพัฒนาตามแผนจนปรากฏผลแล้ว นักวิจัยต้องมีการสะท้อนผลการปฏิบัติว่ามีสิ่งใดที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาไปบ้าง เพื่อสรุปและวางแผนเพื่อการปรับปรุงแก้ปัญหาใหม่ในวงรอบต่อไป

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558) กล่าวว่า การดำเนินการตามวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการมีดังนี้

1) การจำแนกหรือพิจารณาปัญหาที่ประสงค์จะศึกษา ผู้วิจัยและกลุ่มที่ทาการวิจัยจะต้องศึกษารายละเอียดของปัญหาที่จะศึกษาอย่างชัดแจ้ง ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเรียนที่จะทาการวิจัยเชิงปฏิบัติการจะต้องศึกษาค้นคว้า แสวงหาหลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ๆ ให้กว้างขวางพอสมควร

2) เลือกปัญหาสำคัญที่เป็นสาระควรแก่การศึกษาวิจัย โดยอาศัยพื้นฐานจากหลักการและทฤษฎีมาใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของปัญหา แล้วสร้างวัตถุประสงค์และสมมติฐาน

ของการวิจัย ในรูปแบบของข้อความที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของปัญหากับหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3) เลือกเครื่องมือดาเนินการวิจัยที่จะช่วยให้ได้คาตอบของปัญหาตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติหรือการฝึกหัดตามวิธีการ และเครื่องมือที่ใช้สาหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นผลจากการปฏิบัติหรือฝึกหัดตามวิธีการ และเครื่องมือที่ใช้สาหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นผลจากการปฏิบัติการ เช่น แบบทดสอบ แบบสังเกตพฤติกรรม เป็นต้น

4) บันทึกเหตุการณ์อย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอนของการวิจัย ทั้งส่วนที่เป็นความก้าวหน้าและที่เป็นอุปสรรคตามวงจรของการปฏิบัติการทั้ง 4 ขั้นตอน โดยจะต้องเก็บสะสมข้อบันทึกต่าง ๆ ไว้เพื่อใช้ในการปรับปรุงวงจรปฏิบัติในรอบต่อไป และเพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลสาหรับใช้วิเคราะห์หาคาตอบของสมมติฐาน

4.1) ขั้นวางแผน (Planning) เริ่มด้วยการสำรวจปัญหาร่วมกันระหว่างบุคลากรภายในโรงเรียน เพื่อให้ได้ปัญหาที่สำคัญที่ต้องการให้แก้ไข ตลอดจนการแยกแยะรายละเอียดของปัญหานั้น เกี่ยวกับลักษณะของปัญหา เกี่ยวข้องกับใคร แนวทางแก้ไขอย่างไร และจะต้องปฏิบัติอย่างไร

4.2) ขั้นปฏิบัติ (Action) เป็นการนำแนวคิดที่กำหนดเป็นกิจกรรมในขั้นวางแผนมาดำเนินการ โดยวิเคราะห์วิจารณ์ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นร่วมกันของทีมงานประกอบด้วย เพื่อทาการแก้ไขปรับปรุงแผน ฉะนั้นแผนที่กำหนดควรจะมีความยืดหยุ่นปรับได้

4.3) ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการศึกษาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยความรอบคอบ ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นทั้งที่คาดหวังและไม่คาดหวัง โดยต้องอาศัยเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าช่วย

4.4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการ (Reflection) ซึ่งเป็นขั้นสุดท้ายของวงจรการทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยทำการประเมินหรือตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาหรือสิ่งที่เป็นข้อจำกัดอันเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติการ ผู้วิจัยร่วมกับกลุ่มผู้เกี่ยวข้องจะต้องตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในแง่มุมต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับสภาพสังคม สิ่งแวดล้อม และระบบการศึกษาของโรงเรียนที่ประกอบกันอยู่ โดยผ่านการร่วมอภิปรายปัญหาและการประเมินโดยกลุ่ม ซึ่งจะทำให้ได้แนวทางของการพัฒนาและขั้นตอนการดาเนินกิจกรรม เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่นำไปสู่การปรับปรุงและวางแผนการปฏิบัติต่อไป

5) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ในด้านต่าง ๆ ของข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ทำการตรวจสอบรายละเอียดของข้อมูลเพื่อให้มั่นใจในความถูกต้อง แสดง

รายละเอียดในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ จัดหมวดหมู่และแยกประเภทของกลุ่มข้อมูลตามหัวข้อที่เหมาะสม เปรียบเทียบข้อแตกต่างและความคล้ายคลึงของข้อมูลแต่ละประเภทโดยการวิเคราะห์อย่างลึกซึ้งร่วมกับกลุ่มผู้วิจัย

6) ตรวจสอบข้อมูลที่กลุ่มวิจัยได้ร่วมกันพิจารณาไว้แล้วอีกครั้งหนึ่ง เพื่อสรุปหาคำตอบที่เป็นสาเหตุ วิธีการแก้ปัญหา และผลที่ได้รับ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดหากผู้วิจัยสามารถทาการประมวลและสรุปเป็นหลักการ รูปแบบ ของการปฏิบัติ ข้อเสนอเชิงทฤษฎีหรือทฤษฎีของปฏิบัติการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ ทั้งนี้ ต้องอาศัยหลักตรรกวิทยา โดยวิธีอุปนัยและความรู้เชิงทฤษฎีของผู้วิจัยเป็นสำคัญ

Kemmis, S & McTaggart (1988) ได้กล่าวถึงการวิจัยเชิงปฏิบัติการในแนวการนำไปใช้เพื่อพัฒนาและปรับปรุงสภาพการเรียนการสอนจริงในโรงเรียน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) เริ่มด้วยการสำรวจปัญหาสำคัญที่ต้องการให้มีการแก้ไขร่วมกันระหว่างครูและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอาจเป็นครูคนอื่น ๆ ที่สอนร่วมกัน นักเรียน ผู้ปกครองหรือผู้บริหาร โดยการสำรวจสภาพการณ์ของปัญหาว่ามีอย่างไรบ้าง ปัญหาที่ต้องการแก้ไขคืออะไรปัญหานั้นเกี่ยวข้องกับใครบ้าง จะมีวิธีแก้ไขในรูปแบบใดบ้าง และการปฏิบัติการแก้ไขจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องใดบ้าง เช่น ครูต้องเปลี่ยนวิธีใช้คำถามในชั้นเรียน นักเรียนต้องทำงานเป็นกลุ่ม เนื้อหาบางหัวข้อในแบบเรียนจะต้องตัดทอน หรือขยายเพิ่มเติม ผู้บริหารต้องรับทราบการเปลี่ยนแปลงบางอย่างและให้การสนับสนุน เป็นต้น ในขั้นการวางแผนจะมีการปรึกษาร่วมกันระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้อง การใช้แนวคิดวิเคราะห์สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จะช่วยให้มองสภาพการณ์ของปัญหาชัดเจนขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นการนำแนวคิดที่มีการกำหนดเป็นกิจกรรมในขั้นวางแผนมาดำเนินการลงมือปฏิบัติ ใช้การวิเคราะห์วิจารณ์ประกอบกันไปด้วย โดยรับฟังจากผู้ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ จากการปฏิบัติจะเป็นการมองย้อนกลับว่า แผนที่วางไว้นั้นสมเหตุสมผลกับการปฏิบัติได้จริงมากน้อยเพียงใด และอาจจะมีอุปสรรคอื่น ๆ มาเกี่ยวข้องโดยไม่คาดคิด ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ฉะนั้น แผนงานที่กำหนดไว้อาจยืดหยุ่นได้ โดยผู้วิจัยต้องใช้วิจารณญาณและการตัดสินใจที่เหมาะสม และมุ่งสู่การปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) ขณะที่การวิจัยดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนที่วางไว้ เป็นเรื่องแน่นอนว่าสภาพการณ์จริงนั้นต้องมีความไม่ราบรื่น อุปสรรค และมีการขัดข้องบางประการ ฉะนั้น จึงจำเป็นต้องใช้การสังเกตการณ์ควบคู่ไปด้วย ควรมีการสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างระมัดระวัง ด้วยความใจกว้าง พร้อมกับจัดบันทึกสิ่งที่สังเกตขึ้น ทั้งที่เกิดขึ้นทั้งสิ่งที่คาดหวังและสิ่งที่ไม่ได้คาดหวัง สิ่งที่ต้องทำการสังเกต คือกระบวนการของการปฏิบัติการ (The

Action Process) ผลของการปฏิบัติการ (The Effect of Action) ซึ่งอาจเกิดขึ้นโดยตั้งใจหรือมิได้ตั้งใจก็ได้ และสภาพการณ์แวดล้อมและข้อจำกัดของการปฏิบัติการการสังเกตการณ์นี้ รวมถึงการรวบรวมผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติทั้งโดยการเห็นด้วยตา การได้ฟัง และการใช้เครื่องมือแบบทดสอบวัดผลออกมาในเชิงตัวเลข หรือใช้แบบสำรวจ แบบสอบถาม วัดสิ่งที่ต้องการทราบการเปลี่ยนแปลงด้วย ขณะที่การปฏิบัติการวิจัยกำลังดำเนินงานควบคู่กับการใช้การสังเกตผลการปฏิบัตินั้นควรเลือกใช้เทคนิคต่าง ๆ ที่เหมาะสมช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วย ซึ่งมีหลายวิธี เช่น การจัดบันทึกสะสม การใช้บันทึกภาคสนาม การวิเคราะห์เอกสาร การใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ การใช้เครื่องบันทึกเสียง การใช้แบบทดสอบ เป็นต้น

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) คือ การประเมินหรือการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา หรือสิ่งที่เป็นข้อจำกัดที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติการวิจัย จะต้องตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในแง่มุมต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับสภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมของโรงเรียน และของระบบการศึกษาที่ประกอบกันอยู่ โดยผ่านการอภิปรายปัญหา เป็นพื้นฐานข้อมูลที่นำไปสู่การปรับปรุงและการวางแผนการปฏิบัติต่อไป

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การดำเนินการตามวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการประกอบด้วย 1.การวางแผน เป็นการกำหนดปัญหาและแยกแยะรายละเอียดของปัญหาและวางแผนกำหนดกิจกรรม 2.การปฏิบัติ เป็นการนำแผนกิจกรรมที่กำหนดไว้ในขั้นวางแผนมาดาเนินการปฏิบัติอย่างเหมาะสมกับสถานการณ์และสามารถมีการยืดหยุ่นได้ 3.การสังเกต เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงจากการปฏิบัติกิจกรรม พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลในการปฏิบัติงานอย่างละเอียด และ 4.การสะท้อนผล เป็นการประเมินหรือตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาในการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการวางแผนและการปฏิบัติในวงจรถัดไป

3.กระบวนการของวิจัยเชิงปฏิบัติการ

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558) ได้ศึกษากระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของนักการศึกษา 4 ท่าน ดังต่อไปนี้

1) กระบวนการการดาเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ เคมมิสและแม็คทาคาร์ท (Kemmis and McTaggart) ประกอบด้วยกิจกรรมการวิจัยที่สำคัญ 4 ขั้นตอนหลัก คือ

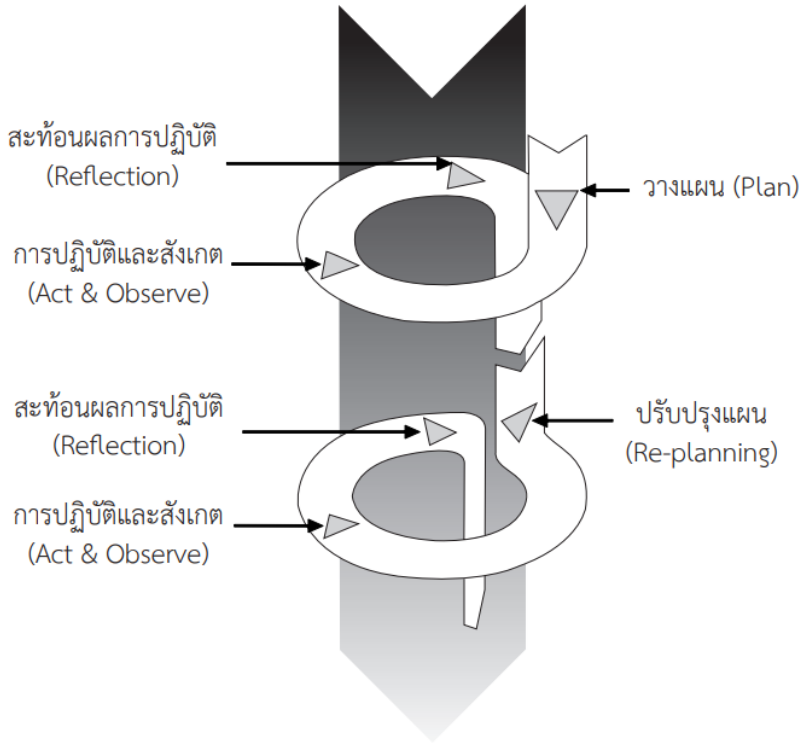
1.1) การวางแผน (Planning) เป็นการกำหนดแนวทางปฏิบัติการเอาไว้ก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยการคาดคะเนแนวโน้มของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ประกอบกันการระลึกถึงเหตุการณ์หรือเรื่องราวในอดีตที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขตามประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของผู้วางแผน ภายใต้การไตร่ตรองถึงปัจจัยสนับสนุนขัดขวางความสำเร็จในการแก้ไข ปัญหาการต่อต้าน รวมทั้งสภาวการณ์เงื่อนไขอื่น ๆ ที่แวดล้อม

ปัญหาอยู่ในเวลานั้น โดยทั่วไปการวางแผนจะต้องคำนึงถึงความยืดหยุ่น ทั้งนี้เพื่อจะสามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

1.2) การปฏิบัติการ (Action) เป็นการลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้อย่างระมัดระวังและควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในแผน อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้มีโอกาสแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขและข้อจากัดของสภาวการณ์เวลานั้นได้ ด้วยเหตุนี้แผนปฏิบัติการที่ดีจะต้องมีลักษณะเป็นเพียงแผนชั่วคราว ซึ่งเปิดช่องให้ผู้ปฏิบัติการสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามเงื่อนไขและปัจจัยที่เป็นอยู่ในขณะนั้น การปฏิบัติที่ดีจะต้องดาเนินไปอย่างต่อเนื่องเป็นพลวัตรภายใต้การใช้ดุลพินิจในการตัดสินใจ

1.3) การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำลงไป รวมทั้งสังเกตการณ์ปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการดาเนินงานตามแผนที่วางไว้ ตลอดจนประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติการตามแผนว่ามีสภาพหรือลักษณะเป็นอย่างไร การสังเกตการณ์ที่ดีจะต้องมีการวางแผนไว้ก่อนล่วงหน้าอย่างคร่าว ๆ โดยจะต้องมีขอบเขตไม่แคบหรือจำกัดจนเกินไป เพื่อจะได้เป็นแนวทางสำหรับการสะท้อนกลับกระบวนการและผลการปฏิบัติที่จะเกิดขึ้นตามมา

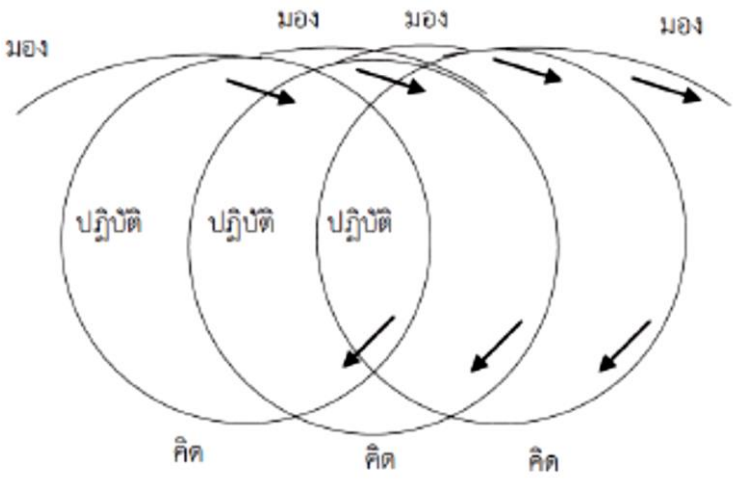
1.4) การสะท้อนกลับ (Reflection) เป็นการให้ข้อมูลถึงการกระทำตามที่บันทึกข้อมูลไว้จากการสังเกตในเชิงวิพากษ์กระบวนการและผลการปฏิบัติงานตามแผนที่วางไว้ ตลอดจนการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการพัฒนา รวมทั้งประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ การสะท้อนกลับโดยอาศัยกระบวนการกลุ่มในลักษณะวิพากษ์วิจารณ์ หรือประเมินผลการปฏิบัติงานระหว่างบุคคลที่มีส่วนร่วมในการวิจัย จะเป็นวิธีการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานตามแนวทางดั้งเดิมที่เป็นการปฏิบัติงานตามวิธีการใหม่ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทบทวนและปรับปรุงวางแผนปฏิบัติการในวงจรกระบวนการวิจัยในรอบหรือเกลียวต่อไป



ภาพที่ 1 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ เคมมิสและแม็คทาคคาร์ท (Kemmis and McTaggart) (ที่มา: วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์. 2558 : 40)

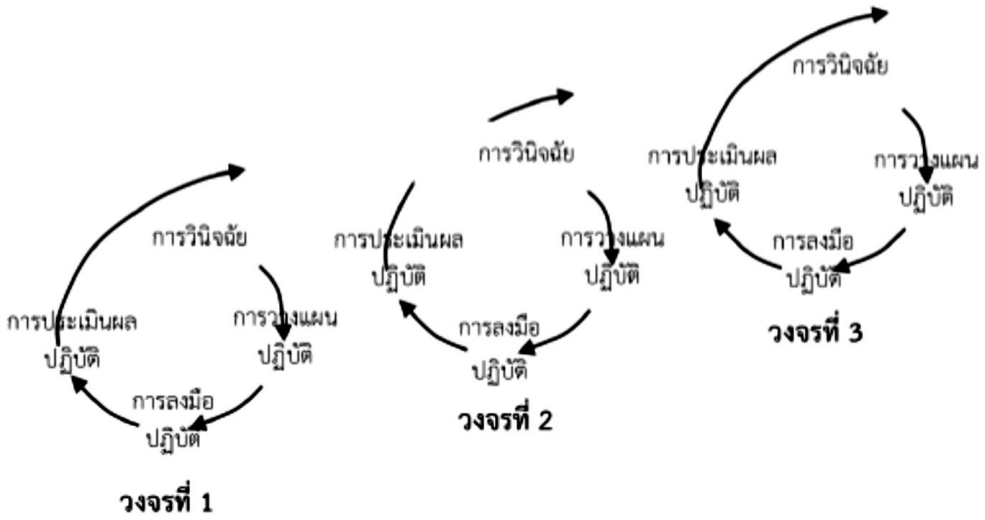
2) กระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของสตริงเกอร์ (Stringer) ประกอบด้วยกิจกรรมการวิจัยที่สำคัญ 3 ขั้นตอนได้แก่ การพินิจพิเคราะห์ การคิดวิเคราะห์ และการปฏิบัติการ ซึ่งเป็นไปตามภาพที่ 2 โดยกิจกรรมทั้ง 3 ขั้นตอนนี้ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักรซ้ำกันหลายรอบ (Recycling Set Activities) การดำเนินกิจกรรมการวิจัยในขั้นตอนแรกมีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อช่วยให้บุคคลทุกฝ่ายมีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัยได้เข้าใจสภาพปัญหาปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการปรับปรุงแก้ไขปัญหาและบริบทอื่น ๆ ที่แวดล้อมปัญหาที่ต้องการแก้ไขอย่างถ่องแท้และชัดเจน เพื่อที่จะได้คิดหาหนทางที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมายดังกล่าว นักวิจัยที่เป็นบุคคลภายนอกจะเป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือและอานวยความสะดวกในการทำวิจัย บุคคลภายในองค์กรหรือชุมชนทำหน้าที่นิยามปัญหาที่เกิดขึ้น ตลอดจนพรรณนำรายละเอียดเกี่ยวกับบริบทแวดล้อมองค์กรหรือชุมชนและสภาวการณ์เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นอกจากนี้ยังร่วมมือกันเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและบริบทแวดล้อม โดยใช้วิธีการสังเกตการณ์ สัมภาษณ์หรือการศึกษาเอกสาร ส่วนการดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 ได้แก่ การตีความและวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จากขั้นตอนแรก โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความชัดเจนและขยายความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับลำดับ

ขั้นตอนการปฏิบัติงานในขั้นตอนที่ 3 ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อลงมือปฏิบัติการแก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปตามที่ได้วิเคราะห์ไว้โดยมีการประเมินผลการปฏิบัติงานเป็นกลยุทธ์สำคัญ เพื่อการระบุความสำเร็จของการแก้ไขปัญหาว่าอยู่ในระดับใด มีประเด็นใดบ้างที่จะต้องทำการแก้ไขในวงจรต่อไป



ภาพที่ 2 กระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของสตริงเกอร์ (Stringer)
(ที่มา: วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์. 2558 : 42)

3) กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของคอกเลนและเบรนนิค (Coghlan and Brannick) ประกอบด้วยกิจกรรมการวิจัยที่สำคัญเป็นขั้นตอนเบื้องต้น 1 ขั้นตอน คือ การทำความเข้าใจบริบทของปัญหาที่ต้องการแก้ไขและกำหนดจุดมุ่งหมายการปฏิบัติการ และมีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ได้แก่ การวินิจฉัย (Diagnosing) การวางแผนปฏิบัติการ (Planning) การลงมือปฏิบัติการ (Taking Action)และการประเมินผลการปฏิบัติการ (Evaluation Action) ซึ่งกระบวนการวิจัยเป็นไปตามภาพที่ 6 โดยเริ่มจากการวินิจฉัยสภาวการณ์ของปัญหาที่จาเป็นต้องแก้ไข รวมทั้งการระบุกรอบแนวคิดทฤษฎีและหลักการพื้นฐานสำหรับใช้รองรับการปฏิบัติงาน จากนั้นจึงทำการวางแผนปฏิบัติการตามจุดมุ่งหมายของการแก้ปัญหาหรือโครงการพัฒนาที่กำหนดไว้ โดยอาศัยข้อมูลจากผลการวินิจฉัยในขั้นตอนแรกและความร่วมมือร่วมใจของบุคลากรฝ่าย ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินแล้วจึงลงมือปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ทีละขั้นตอน เสร็จแล้วจึงทำการประเมินผลการปฏิบัติงานทั้งที่เกิดขึ้นโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ เพื่อตรวจดูความถูกต้องและความเหมาะสมของการวินิจฉัยและการปฏิบัติตามแผน สารสนเทศที่ได้จากการประเมินผลในขั้นตอนนี้จะนำไปสู่การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในวงจรรอบต่อไป



ภาพที่ 3 กระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของคอกเลนและเบรนนิค (Coghlan & Brannick) (ที่มา: วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์. 2558: 43)

4) กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ องอาจ นัยพัฒน์ ประกอบด้วยกิจกรรมการวิจัยเป็นขั้นย่อย ๆ 10 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

4.1) ระบุแนวคิดและนิยามปัญหาอย่างชัดเจน

4.2) รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องเพื่ออธิบายข้อเท็จจริงของสภาวการณ์ที่เป็นปัญหา ซึ่งต้องได้รับการแก้ไขปรับปรุงหรือพัฒนา

4.3) วางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีปฏิบัติการแก้ไขปัญหา

4.4) นำยุทธวิธีปฏิบัติที่วางไว้ไปลงมือปฏิบัติจริง

4.5) สังเกตการณ์ ติดตามตรวจสอบ และประเมินผลการปฏิบัติงานตามยุทธวิธีปฏิบัติที่ได้ลงมือกระทำไปแล้ว

4.6) สะท้อนกลับผลของการนำยุทธวิธีปฏิบัติที่ได้ลงมือปฏิบัติแล้ว โดยอาศัยการคิดในเชิงวิพากษ์ด้วยทัศนะอันหลากหลายจากนักวิจัยเชิงปฏิบัติการและผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยบนพื้นฐานของข้อมูลหลักฐานร่องรอยต่าง ๆ ที่ได้รับจากขั้นตอนที่ 4.5

4.7) ทบทวนและปรับปรุงแผนยุทธวิธีปฏิบัติการแก้ไขปัญหา

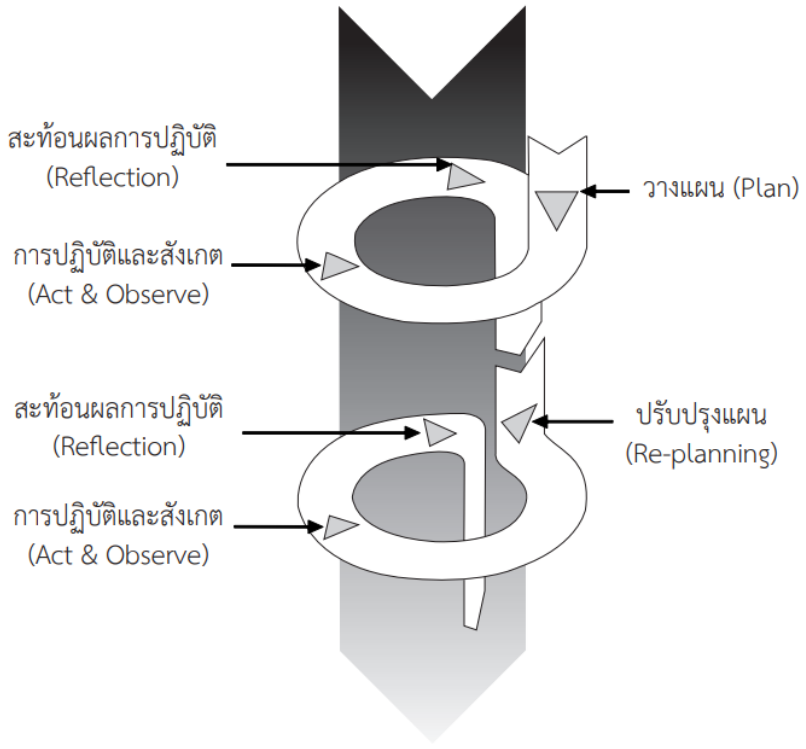
4.8) นำแผนยุทธวิธีปฏิบัติที่ได้ปรับแล้วไปลงมือปฏิบัติจริง

4.9) สะท้อนกลับผลของการนำยุทธวิธีปฏิบัติที่ปรับและลงมือปฏิบัติแล้ว

4.10) ดำเนินการเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งนักวิจัยเชิงปฏิบัติการและผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีความเห็นร่วมกันอย่างสอดคล้องว่า สถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้นได้รับการปรับปรุงแก้ไขจนกระทั่งเป็นที่พอใจ ภายใต้ข้อจำกัดทางด้านเวลาและทรัพยากรของการวิจัย โดยหลังจากที่

ผู้วิจัยทำการประเมินผลการปฏิบัติงานตามแผนที่กำหนดไว้แล้ว ผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้ใน 2 ลักษณะ คือ ในกรณีที่แผนงานนั้นสามารถแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาในสิ่งที่ต้องการได้สำเร็จก็ยุติได้ และในกรณีที่แผนงานนั้นไม่สามารถแก้ไขปัญหาหรือพัฒนางานได้ตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยต้องย้องกลับไปเริ่มต้นดำเนินการศึกษาวิจัยใหม่ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 4.2 อีกครั้ง

จากการศึกษาข้อมูลจาก ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบกระบวนการดำเนินงานการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart (Kemmis, S & McTaggart, 1988) ประกอบด้วยกิจกรรมการวิจัยที่สำคัญ 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1. การวางแผนเพื่อไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น (planning) 2. ลงมือปฏิบัติการตามแผน (action) 3. สังเกตการณ์ (observation) และ 4. สะท้อนกลับ (reflection) กระบวนการ ผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และปรับปรุงแผนการปฏิบัติงาน (re - planning) จะดำเนินการเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ เป็นดังแสดงรายละเอียดตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart

ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการวิจัยหลักที่หมุนเคลื่อนไปเป็นวัฏจักรของกระบวนการวิจัยดังกล่าว จึงเป็นเสมือนแหล่งที่ก่อให้เกิดความรู้เชิงปฏิบัติการและกลไกการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้แก้ไขปัญหาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นการดำเนินงานวิจัยที่ไม่แยก

กิจกรรมการสืบค้นหาความรู้ ความจริงออกจากกิจกรรมการพัฒนา ซึ่งกิจกรรมการวิจัยหลักแต่ละขั้นตอนมี รายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การวางแผน (Planning) เป็นการกำหนดแนวทางปฏิบัติการไว้ก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยการคาดคะเนแนวโน้มของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ประกอบกับการระลึกถึงเหตุการณ์หรือเรื่องราวในอดีตที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขตามประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของผู้วางแผน ภายใต้การไตร่ตรองถึงปัจจัยสนับสนุนขัดขวางความสำเร็จในการแก้ไข ปัญหาการต่อต้านรวมทั้งสภาวการณ์เงื่อนไขอื่น ๆ ที่แวดล้อมปัญหาอยู่ในเวลานั้น โดยทั่วไปการวางแผนจะต้องคำนึงถึงความ ยืดหยุ่น ทั้งนี้เพื่อจะสามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

2) การปฏิบัติการ (Action) เป็นการลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้อย่างระมัดระวังและควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในแผน อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้มีโอกาสแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของสภาวการณ์เวลานั้นได้ด้วยเหตุนี้แผนปฏิบัติการที่ดีจะต้องมีลักษณะเป็นเพียงแผนชั่วคราว ซึ่งเปิดช่องให้ผู้ปฏิบัติการสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามเงื่อนไขและปัจจัยที่เป็นอยู่ ในขณะนั้นการปฏิบัติการที่ดีจะต้องดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเป็นพลวัตรภายใต้การใช้ดุลยพินิจในการตัดสินใจ

3) การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำลงไป รวมทั้งสังเกตการณ์ปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ ตลอดจนประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติการตามแผนว่ามีสภาพหรือลักษณะเป็นอย่างไร การสังเกตการณ์ที่ดีจะต้องมีการวางแผนไว้ก่อนล่วงหน้าอย่างคร่าว ๆ โดยจะต้องมีขอบเขตไม่ แคบหรือจำกัดจนเกินไป เพื่อจะได้เป็นแนวทางสำหรับการสะท้อนกลับกระบวนการและผลการปฏิบัติที่จะเกิดขึ้นตามมา

4) การสะท้อนกลับ (Reflection) เป็นการให้ข้อมูลถึงการกระทำตามที่บันทึกข้อมูลไว้จากการสังเกตในเชิงวิพากษ์กระบวนการและผลการปฏิบัติงานตามที่วางแผนไว้ ตลอดจนการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการพัฒนา รวมทั้งประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ การสะท้อนกลับโดยอาศัยกระบวนการกลุ่มในลักษณะวิพากษ์วิจารณ์ หรือประเมินผลการปฏิบัติงานระหว่างบุคคลที่มีส่วนร่วมในการวิจัย จะเป็นวิธีการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานตามแนวทางดั้งเดิมไปเป็นการปฏิบัติงานตามวิธีการใหม่ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทบทวนและปรับปรุงวางแผนปฏิบัติการในวงจรกระบวนการวิจัยในรอบหรือเกลียวต่อไป

การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

สำหรับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ (Integrated Management) เป็นกระบวนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ตามความสนใจ ความสามารถ โดยเชื่อมโยงเนื้อหาสาระของศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม สามรถนำความรู้ ทักษะ และเจตคติไปสร้างงาน แก้ปัญหาและใช้ในชีวิตประจำวันได้ด้วยตนเอง โดยนำกระบวนการดังกล่าวมาจัดเป็นหลักสูตรบูรณาการ (Integrated Curriculum) ซึ่งหลักสูตรบูรณาการ หมายถึง การรวมเนื้อหาสาระของวิชาต่าง ๆ ในหลักสูตรที่มีลักษณะเหมือนกัน หรือคล้ายกันและทักษะในการเรียนรู้ ให้เชื่อมโยงสัมพันธ์เป็นสิ่งเดียวกัน โดยการตั้งเป็นหัวข้อเรื่องขึ้นใหม่ และมีหัวข้อย่อยตามเนื้อหาสาระ อีกทั้งสอดคล้องกับบริบทการเรียนรู้ของสังคมอย่างสมดุล มีความหมายแก่นักเรียน และให้โอกาสนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองให้มากที่สุด (สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์, 2563)

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

การเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ มีกระบวนการและวิธีที่หลากหลาย ผู้สอนต้องคำนึงถึงพัฒนาการทางด้านร่างกายและสติปัญญา วิธีการเรียนรู้ ความสนใจและความสามารถของนักเรียน ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ควรใช้รูปแบบและวิธีการที่หลากหลายเน้นการเรียนการสอนตามสภาพจริง การปฏิบัติจริง การเรียนรู้จากธรรมชาติและการเชื่อมโยงเนื้อหารายวิชาและหลักสูตรที่ผสมผสานเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการเรียนรู้อย่างบูรณาการและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ นักวิชาการศึกษาหลายท่าน ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

กาญจณา คุณารักษ์ (2552) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ หมายถึง กระบวนการหรือการปฏิบัติเกี่ยวกับการเรียนรู้ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางจิตพิสัย และพุทธิพิสัย หรือกระบวนการหรือการปฏิบัติในอันที่จะรวบรวมความคิด มโนภาพ ความรู้ เจตคติ ทักษะ และประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อให้ชีวิตมีความสมดุล

ผกา สัตยธรรม (2523) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ หมายถึง ลักษณะการสอนที่นำเอาวิชาต่าง ๆ เข้ามาผสมผสานกัน โดยใช้วิชาใดวิชาหนึ่งเป็นแกนหลักและนำเอาวิชาต่าง ๆ มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันตามความเหมาะสม

สุมานิน รุ่งเรืองธรรม (2526) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ หมายถึง การสอนเพื่อจัดประสบการณ์ให้แก่นักเรียน เพื่อการเรียนรู้ที่มีความหมาย ให้เข้าใจลักษณะความเป็นไปอันสำคัญของสังคม เพื่อดัดแปลงปรับปรุงพฤติกรรมของนักเรียนให้เข้ากับสภาพชีวิตได้ดียิ่งขึ้น

นที ศิริมัย (2529) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ หมายถึง เทคนิคการสอนโดยเน้นความสนใจความสามารถ และความต้องการของนักเรียน ด้วยการผสมผสานเนื้อหาวิชาในแง่มุมต่าง ๆ อย่างสัมพันธ์กัน เป็นการสร้างความคิดรวบยอดให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน และยังสามารถนำความคิดรวบยอดไปสร้างเป็นหลักการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วย

สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์ (2563) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ (Integrated Instruction) เป็นการสอนที่เชื่อมโยงความรูความคิด รวบยอด หรือทักษะเขาด้วยกัน เพื่อใหเกิดการเรียนรู้โดยองครวม ทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย ที่เนนควาสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู และบูรณาการตามความเหมาะสม ซึ่งเป็นไปตามสภาพจริงของสังคม การเรียนรูแบบบูรณาการเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เนนนักเรียนเป็นสำคัญ เป็นการเรียนรูที่เชื่อมโยงเนื้อหาสาระทั้งหลายเขาด้วยกันอย่างมีความหมาย และสามารถนำไปประยุกต์ใชในชีวิต

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ หมายถึง กระบวนการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามความสนใจ ความสามารถ และความต้องการ โดยการเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้ในศาสตร์สาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงพฤติกรรมของนักเรียน ทั้งทางด้านสติปัญญา (Cognitive) ทักษะ (Skill) และจิตใจ (Affective) สามารถนำความรู้และทักษะที่ได้ไปแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน

2. ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

นักวิชากา รศึกษาหลายท่าน ได้กล่าวถึงแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

กระทรวงศึกษาธิการ (2546) ได้แบ่งประเภทการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการออกเป็น 2 ประเภท ไว้ดังนี้

1) การบูรณาการภายในวิชา เป็นการเชื่อมโยงการสอนระหว่างเนื้อหาวิชาในกลุ่มประสบการณ์หรือรายวิชาเดียวกันเข้าด้วยกัน

2) การบูรณาการระหว่างวิชา มี 4 รูปแบบ ดังนี้

2.1) การสอนบูรณาการแบบสอดแทรก เป็นการสอนในลักษณะที่ผู้สอนในวิชาหนึ่งสอดแทรกเนื้อหาวิชาอื่น ๆ ในการสอนของตน

2.2) การสอนบูรณาการแบบคู่ขนาน เป็นการสอนโดยผู้สอนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ร่วมวางแผนการสอนร่วมกันโดยมุ่งสอนหัวเรื่อง ความคิดรวบยอด หรือปัญหาเดียวกันแต่สอนต่างวิชากันหรือต่างคนต่างสอน

2.3) การสอนบูรณาการแบบสหวิทยาการ เป็นการสอนบูรณาการแบบคู่ขนาน แต่มีการมอบหมายงานหรือโครงการร่วมกัน

2.4) การสอนแบบบูรณาการแบบข้ามวิชาหรือสอนเป็นคณะ เป็นการสอนที่ผู้สอนวิชาต่าง ๆ ร่วมกันสอนเป็นคณะหรือเป็นทีมวางแผนปรึกษาร่วมกัน โดยกำหนดหัวเรื่องความคิดรวบยอด ปัญหาร่วมกันแล้วร่วมกันสอนนักเรียนเป็นกลุ่มเดียว

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2546) ให้แนวคิดการแบ่งประเภทการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

แบบที่ 1 จำแนกตามจำนวนผู้สอน แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1.1) การบูรณาการแบบผู้สอนคนเดียว ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้โดยเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ กับหัวเรื่องที่สอดคล้องกันกับชีวิตจริง หรือสาระที่กำหนดขึ้นมาเชื่อมโยงสาระและกระบวนการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ใช้ทักษะและกระบวนการเรียนรู้ไปแสวงหาความรู้ความจริงจากหัวข้อเรื่องที่กำหนด

1.2) การบูรณาการแบบคู่ขนาน ซึ่งมีผู้สอนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ร่วมกันจัดการเรียนการสอนโดยอาจยึดหัวข้อที่เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วบูรณาการเชื่อมโยงแบบคู่ขนานกันไปภายใต้เรื่องเดียวกัน

1.3) การบูรณาการแบบสอนเป็นทีม ผู้สอนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ร่วมกันคิดหัวข้อเรื่องหรือโครงการมาโดยใช้เวลาเรียนต่อเนื่องกัน อาจรวมจำนวนชั่วโมงของสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ แบบมีเป้าหมายเดียวกัน

แบบที่ 2 จำแนกตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1) การบูรณาการภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้ เป็นลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิด ทักษะและความคิดรวบยอดของสาระการเรียนรู้สาระใดสาระหนึ่งนั่นเอง

2.2) การบูรณาการระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ เป็นลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำเอาสาระการเรียนรู้จากหลายกลุ่มสาระมาเชื่อมโยงกันเพื่อจัดการเรียนรู้ภายใต้หัวข้อเรื่องเดียวกัน

แบบที่ 3 จำแนกตามประเภทของการบูรณาการ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

3.1) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ เป็นลักษณะการบูรณาการระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ การนำเอาสาระการเรียนรู้จากหลายกลุ่มสาระมาเชื่อมโยงร้อยรัดให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อจัดการเรียนรู้ภายใต้หัวเรื่องเดียวกัน

3.2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ เป็นลักษณะการบูรณาการที่ผู้สอนนำเอาเรื่องหรือสาระการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ ไปสอดแทรกในสาระการเรียนรู้หรือวิชาที่ตัวเองรับผิดชอบสอน

ทิศนา แขมมณี (2548) ได้แบ่งประเภทการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเป็น 2 ประเภทไว้ดังนี้

1) การบูรณาการภายในวิชา (Interdisciplinary) หมายถึง การนำเนื้อหาสาระในวิชาเดียวกัน หรือกลุ่มประสบการณ์เดียวกันมาสัมพันธ์กันผู้สอนสามารถนำสาระทุกเรื่องมาสัมพันธ์กันเป็นเรื่องเดียวได้

2) การบูรณาการระหว่างวิชา (Interdisciplinary หรือ multidisciplinary) หมายถึง การนำเนื้อหาสาระของสองวิชา หรือหลาย ๆ วิชามาสัมพันธ์ให้เป็นเรื่องเดียวกันภายใต้หัวข้อเรื่อง theme ที่เลือกในส่วนบูรณาการระหว่างวิชา สามารถจัดได้หลายลักษณะด้วยกันและนำเสนอ 3 รูปแบบ ดังนี้

2.1) แบบสอดแทรก (Infusion) คือลักษณะการจัดการเรียนรู้จะสอดแทรกเนื้อหาหรือทักษะกระบวนการของกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ เข้าใจในการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระของตน โดยมีผู้สอน 1 คน

2.2) แบบคู่ขนาน (Parallel) คือลักษณะการจัดการเรียนรู้จะมีครู 2 คนขึ้นไป โดย 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วางแผนร่วมกันตามหัวเรื่อง/มโนทัศน์ (concept) /ปัญหา (problem) เดียวกันและเชื่อมโยงเนื้อหาสาระ กระบวนการและคุณธรรม แล้วต่างคนต่างสอนเนื้อหาตามกลุ่มสาระของตนเองโดยมีเป้าหมายร่วมกัน

2.3) แบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) แบ่งเป็น 4 ลักษณะดังนี้คือ

2.3.1) แบบสอนคนเดียว คือจะจัดการเรียนรู้โดยเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ กับหัวเรื่อง/มโนทัศน์/ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงหรือสาระที่กำหนดขึ้นมา

2.3.2) แบบแยกกันสอน คือการจัดการเรียนรู้จะคล้ายแบบคู่ขนานโดยเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้ต่าง ๆตามหัวเรื่อง/มโนทัศน์/ปัญหา แล้วต่างคนต่างสอนเนื้อหาตามกลุ่มสาระของตัวเองแต่มอบหมายให้ทำโครงงานเชื่อมโยงสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ร่วมกันหรือบางเรื่องจัดสอนด้วยกัน

2.3.3) แบบสอนร่วมกันหรือแบบคณะ คือการจัดการเรียนรู้จะร่วมกันวางแผน ปรึกษาหารือ กำหนดหัวเรื่องความคิดรวบยอดหรือปัญหาร่วมกันสร้างหน่วยเรียนรู้ บูรณาการร่วมกันและสอนเป็นทีมหรือแยกกันสอนในบางเรื่อง

2.3.4) แบบข้ามวิชา (Transdisciplinary) คือลักษณะการจัดการเรียนรู้เป็นการบูรณาการที่สูงขึ้น สลัดความเป็นวิชาของแต่ละศาสตร์ออกไป เป็นการเรียนโดยมีเค้าโครงหรือโจทย์ประเด็นปัญหาที่วางไว้นักเรียนเรียนรู้หรือแสวงหาแนวทางการแก้ปัญหาโดยผ่านกิจกรรมและการศึกษาค้นคว้าที่หลากหลาย

Lardizabal and others (1970) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการต้องยึดหลักสำคัญที่ว่าแกนกลางของประสบการณ์อยู่ที่ความต้องการของนักเรียนและประสบการณ์ในการเรียนรู้ ซึ่งจัดเป็นหน่วยการเรียน โดยหน่วยการเรียนอาจแบ่งแยกออกเป็นประเภทใหญ่ได้ 3 ประเภท ดังนี้

1) หน่วยเนื้อหา (Subject–Matter Unit) เป็นการเน้นหน่วยเนื้อหาหรือหัวข้อเรื่องต่าง ๆ หลักการหรือสิ่งแวดล้อม

2) หน่วยความสนใจ (Center of Interest Unit) จัดเป็นหน่วยที่ขึ้นอยู่กับพื้นฐานความสนใจและความต้องการ หรือจุดประสงค์เด่น ๆ ของนักเรียน

3) หน่วยเสริมสร้างประสบการณ์ (Integrative Experience Unit) เป็นการรวบรวมประสบการณ์ หรือจุดเน้นอยู่ที่ผลการเรียนรู้และสามารถนำไปสู่การปรับพฤติกรรมและการปรับตัวของนักเรียน หน่วยดังกล่าว หมายถึง กลุ่มกิจกรรมหรือประสบการณ์ที่จัดไว้เพื่อสนองจุดมุ่งหมายหรือสำหรับการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง การเรียนเริ่มจากจุดสนใจใหญ่ แล้วแยกไปสู่กิจกรรมในแง่มุมต่าง ๆ จนกระทั่งนักเรียนสามารถตอบสนองสถานการณ์ที่กำหนดไว้ได้

UNESCO-UNEP (1997) ได้กำหนดลักษณะของการบูรณาการการเรียนการสอนไว้ 2 ประเภท ดังนี้

1) แบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) ได้แก่ การสร้างเรื่อง (Theme) ขึ้นมา แล้วนำความรู้จากวิชาต่าง ๆ มาโยงสัมพันธ์กับหัวเรื่องนั้น ซึ่งบางครั้งเราก็อาจเรียกวิธีการบูรณาการแบบนี้ว่า สหวิทยาการแบบหัวข้อ (Thematic Interdisciplinary Studies) หรือการบูรณาการที่เน้นการนำไปใช้เป็นหลัก (Application – First Approach)

2) แบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) ได้แก่การนำเรื่องที่ต้องการจะจัดให้เกิดการบูรณาการไปสอดแทรก (Infusion) ไว้ในวิชาต่าง ๆ ซึ่งบางครั้ง เราก็อาจเรียกวิธีการบูรณาการ แบบนี้ว่า การบูรณาการที่เน้นเนื้อ หารายวิชาเป็นหลัก (Discipline – First Approach)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) การบูรณาการภายในวิชา คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชา เช่น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาแยกกัน เช่น การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชา เพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกันโดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเอง โดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากสาขาวิชาต่าง ๆ เช่น จัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตัวเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือ theme ของปัญหากว้างๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ (1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ (2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และ (3) ความรู้เดิมของนักเรียน การจัดการเรียนรู้แบบ problem/ project-based learning เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (instructional strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับแนวทางบูรณาแบบนี้

โดยงานวิจัยนี้มีลักษณะรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา โดยอาศัยหลักการการจัดกิจกรรมตามแนวทางสตีมศึกษา

สตีมศึกษา (STEAM Education)

สตีมศึกษาถูกพัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineer) และคณิตศาสตร์ (Mathematic) โดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นผู้ริเริ่มใช้คำดังกล่าว ซึ่งทั้ง 4 สาขาวิชาที่กล่าวมาข้างต้นนั้น แต่ก่อนจัดการเรียนการสอนแยกตามสาระวิชา ซึ่งต่างจากหลักการของสะเต็มศึกษานั้นคือ จะนำสาระหรือสาขาวิชาทั้ง 4 สาขาวิชามาบูรณาการเป็นส่วนหนึ่งในการจัดการเรียนการสอนโดยการใช้เทคโนโลยี หรือผสมผสานเทคโนโลยีในบางส่วนในไปในกิจกรรมการเรียนการสอน โดยส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และหาวิธีการใหม่ในการแก้ปัญหาและนำไปประยุกต์ต่อสิ่งที่เรียนรู้ต่อไปได้ การจัดการศึกษาสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีบูรณาการในระดับหลักสูตรหรือรายวิชา ซึ่งเนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องไม่จำเป็นต้องมีสัดส่วนที่เท่ากัน อาจจะเน้นเรื่องใดเรื่องหนึ่งและบูรณาการวิชาอื่น ๆ ไปพร้อมกัน จากแนวทางสะเต็มศึกษา ได้มีผู้ศึกษาและพัฒนาต่อยอดแนวทางดังกล่าว ได้แก่ Yakman นักวิชาการชาวอเมริกา ได้ทำการพัฒนาแนวการจัดการศึกษาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นสตีมศึกษา (STEAM Education) โดยเพิ่มตัวอักษร A เข้ามาบรูณาการร่วมด้วย โดยที่ตัว A หมายถึง Arts หรือ ศิลปศาสตร์ โดยจะช่วยทำให้ประยุกต์ใช้แนวคิดสำคัญ (Concept) ด้วยความคิดสร้างสรรค์และมีจินตนาการมากยิ่งขึ้น สามารถสื่อสารความคิดของตนเองออกมาในรูปแบบของดนตรีและการเคลื่อนไหว การสื่อสารด้วยภาษาท่าทาง การสื่อสารออกมาในรูปแบบของการวาดภาพ หรือการออกแบบรูปทรง สิ่งของ กระบวนการ หรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ให้มีความสวยงามและน่าสนใจ และยังรวมถึงเรื่องของภาษา วรรณกรรม ปรัชญา จิตวิทยา สังคมและมนุษย์ (วิสูตร โพธิ์เงิน, 2560) ดังนั้นศิลปศาสตร์ที่เพิ่มเข้ามาจะช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเรียกแนวทางการจัดกิจกรรมนี้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

1. ความหมายของสตีมศึกษา

นักวิชาการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของสตีมศึกษาไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ยศวีร์ สายฟ้า (2556) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสตีมศึกษา ประกอบไปด้วยศาสตร์วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ล้วนต่างมีความเป็นวิชาการสูง เน้นตรรกะการคำนวณทั้งวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เน้นการใช้สมองซีกซ้ายมาก และในความเป็นจริง คนเก่งๆ ที่ถนัดการใช้สมองซีกซ้าย ย่อมจะต้องใช้สองซีกขวาในการคิดสร้างสรรค์

หรือการประดิษฐ์ผลงานออกมาโดยการนำศิลปศาสตร์เข้าไปผสมผสาน เป็นการลดความเป็นวิชาการให้สมองซีกขวาได้ทำงานบ้าง เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างสมองซีกซ้ายและซีกขวา

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) กว่าวว่า สตีมศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ที่นำศิลปะมาบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ปัจจัยสำคัญในการนำแนวคิดสตีมศึกษามาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ บริบท (Context) การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) และการสร้างความจับใจ (Emotional Touch) ในการออกแบบกิจกรรมสร้างสรรค์ สิ่งสำคัญในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สำคัญ 4 ประเด็น คือ 1. การบูรณาการ (Integration) 2.ความหลากหลาย (Variety) 3.ความลึก (Deep) และ 4.ความเป็นพลวัต (Dynamic)

โรงเรียนสาธิตมศวประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) (2562) กล่าวว่า สตีมศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการซึ่งประกอบด้วย 5 สาขาวิชาเฉพาะ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ซึ่งทั้งหมดนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มพูนทักษะของนักเรียนในการแก้ปัญหาและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ องค์ประกอบหลักใน STEAM Education มี 3 ส่วน ได้แก่ สถานการณ์ การนำเสนอการออกแบบสร้างสรรค์ และการสัมผัสทางอารมณ์ การพัฒนาองค์ประกอบทั้ง 3 นี้จะส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะและความสามารถที่สัมพันธ์กับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาของสังคมและโลกในศตวรรษที่ 21

สุภัค โอฬาพิริยกุล (2562) กล่าวว่า สตีมศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ(Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาจนเกิดทักษะในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ในการดำเนินชีวิต โดยมีปัจจัยสำคัญในการจัดการเรียนรู้ 3 ส่วน คือ การนำเสนอสถานการณ์ (Presentation Situation) การออกแบบอย่างสร้างสรรค์ (Creative Design) และการสร้างความจับใจ (Emotional Touch) ผ่านการเรียนรู้และสร้างสรรค์ผลงานในรูปแบบต่าง ๆ ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะ สมรรถนะ ตลอดจนบูรณาการการเรียนรู้สู่การดำเนินชีวิตประจำวันและต่อยอดองค์ความรู้ด้วยนวัตกรรม เพื่อพัฒนาและตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปในศตวรรษที่ 21

Yakman (2014) กล่าวว่า สตีมศึกษาเป็นการมุ่งเน้นการเรียนรู้แบบองค์รวม โดยมีจุดมุ่งหมายในการสร้างสรรค์นวัตกรรม การสร้างองค์ความรู้ใหม่ ผ่านการเรียนรู้แบบบูรณาการวิธีการที่เป็นการทำงานร่วมกัน เพื่อให้สอดคล้องกับโลกทางเศรษฐกิจและสังคมโลก โดยประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างนวัตกรรมผ่านกระบวนการวิศวกรรมศาสตร์หรือ

วิศวกรรม และสร้างสรรค์งานชิ้นนั้น ๆ ตามองค์ความรู้ด้านศิลปะและใช้คณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ และทดสอบ เพื่อหาข้อสรุปในการปรับปรุงชิ้นงาน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สตีมศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ หลักการ และทฤษฎีมาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผน ออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือวัตกรรมที่แปลกใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่หรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่พบเจอได้ และเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน

2. ประเภทของศาสตร์สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

นักวิชาการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประเภทของศาสตร์สำหรับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสตีมศึกษาไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

สุนารี ศรีบุญ (2547) ได้กล่าวถึงศาสตร์สำหรับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสตีมศึกษาไว้ดังนี้

Science คือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชีวเคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์และอวกาศ เทคโนโลยีชีวภาพและชีวการแพทย์

Technology คือ เทคโนโลยีการเกษตร การก่อสร้าง การสื่อสารข้อมูลและการขนส่ง

Engineer คือ กระบวนการริเริ่มสร้างสรรค์บนพื้นฐานวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีใน
การสร้างสรรค์การบินและอวกาศ การเกษตร สถาปัตยกรรม โยธา คอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า สิ่งแวดล้อม

Arts คือ การแสดง ภาษา ท่าทางหรือการสื่อสารความคิดออกมาในรูปแบบของดนตรีและการเคลื่อนไหวร่างกาย/นาฏศิลป์หรือการสื่อสารออกมาในรูปแบบของการวาดภาพ

Mathematic คือ พีชคณิต แคลคูลัส เรขาคณิต ตรีโกณมิติ การสื่อสารทางภาษาคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูล การดำเนินการแก้ปัญหาและการมีเหตุผล

ยศวีร์ สายฟ้า (2556) ได้กล่าวถึงศาสตร์สำหรับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสตีมศึกษาไว้ดังนี้

Science คือ วิทยาศาสตร์มุ่งเน้นการปลูกฝังความรู้สึก สงสัยใคร่รู้ (Curiosity) ให้เกิดขึ้นกับนักเรียนเป็นสำคัญและส่งเสริมกระบวนการสืบสอบ (Investigation) ตลอดจนการทดลองสิ่งต่าง ๆ (Experiment) เป็นกระบวนการสำคัญสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ การกระตุ้นกระบวนการคิด (Thinking Skill) สามารถทำได้จากการตั้งคำถามกับนักเรียนบ่อย ๆ สิ่งสำคัญ คือ ครูต้องมองว่าวิทยาศาสตร์ไม่ได้จำกัดอยู่ในห้องเรียนหรือตำราเท่านั้น แต่วิทยาศาสตร์นั้นคือ

ประสบการณ์เรียนรู้ในทุก ๆ วัน (Everyday Experiences) และนักเรียนจะมีวิธีการคิดในลักษณะของการตั้งสมมติฐาน (Hypothesis) อยู่เสมอ

Technology คือ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ (Tool) แต่สำหรับนักเรียนแล้วเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือธรรมดาที่เป็นเครื่องใช้สอยทั่วไป ที่อำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการทำสิ่งต่าง ๆ ให้ลุล่วง เช่น ดินสอสี ไม้บรรทัด แว่นขยาย กรรไกร

Engineer เป็นกระบวนการที่เริ่มต้นมาจากการระบุปัญหา (Problem) จากนั้นจึงมุ่งเน้นไปที่กระบวนการคิดแก้ปัญหา (Problem-Solving Thinking Skill) และทดลองวิธีการแก้ปัญหา (Trial) ทั้ง 3 กระบวนการ นักเรียนเป็นผู้ริเริ่มดำเนินการด้วยตนเอง

Arts เป็นการเพิ่มศาสตร์ทางศิลปะศาสตร์เข้าไปใน STEM จะช่วยทำให้นักเรียนมีโอกาสได้ถ่ายทอดหรือประยุกต์ใช้แนวคิดสำคัญ (Concept) ด้วยความคิดสร้างสรรค์และมีจินตนาการมากยิ่งขึ้น นักเรียนสามารถสื่อสารความคิดของตนเองออกมาในรูปแบบของดนตรีและการเคลื่อนไหว การสื่อสารด้วยภาษาท่าทาง หรือการสื่อสารออกมาในรูปแบบของการวาดภาพ

Mathematic คือ คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน หมายถึงกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ภาษาคณิตศาสตร์มีความสำคัญ เพราะเวลานักเรียนถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจะใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง ไม่ได้เกิดขึ้นจากการฝึกฝนอย่างหนักจากการทำแบบฝึกหัดในห้องเรียน แต่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือการทำกิจกรรมการเล่นของนักเรียนได้เช่นกัน

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) ได้กล่าวถึงศาสตร์สำหรับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสตีมศึกษาไว้ดังนี้

Science คือ ประวัติศาสตร์ ธรรมชาติ แนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชีวเคมี เคมีธรณีวิทยา ฟิสิกส์และอวกาศ เทคโนโลยีชีวภาพ และชีวการแพทย์

Technology คือ ธรรมชาติของเทคโนโลยีเทคโนโลยีกับสังคม การออกแบบประโยชน์จากเทคโนโลยีในโลกรวมถึงเทคโนโลยีการเกษตรการก่อสร้าง การสื่อสารข้อมูล การแพทย์ไฟฟ้าและพลังงาน และการขนส่ง

Engineer คือ การใช้เหตุผลหลักการ และการสร้างสรรค์ บนพื้นฐานวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีในการสร้างสรรค์ การบินและอวกาศ การเกษตร สถาปัตยกรรม เคมี โยธา คอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า สิ่งแวดล้อม ของเหลวอุตสาหกรรมและระบบวัสดุ เครื่องจักรกล สินแร่ นิวเคลียร์กองทัพเรือ และมหาสมุทรอาร์ต

Arts คือ การสื่อสารการสร้างความเข้าใจแนวคิดทัศนคติและขนบธรรมเนียมประเพณีที่ส่งต่อมาจากอดีตสู่ปัจจุบันและอนาคต ทัศนศิลป์ ดนตรีการเคลื่อนไหวร่างกาย/นาฏศิลป์ การแสดงภาษาวรรณกรรมรวมทั้งการศึกษาประวัติศาสตร์ ปรัชญา การเมือง จิตวิทยา สังคมวิทยา เทววิทยา

Mathematic คือ ตัวเลขและการปฏิบัติ (คำนวณ): พีชคณิต แคลคูลัส เรขาคณิต ตรีโกณมิติ การวิเคราะห์ข้อมูล ความน่าจะเป็น การดำเนินการแก้ปัญหา การมีเหตุผลและหลักฐานทฤษฎี

เจษฎา จำปาเงิน (2561) ได้กล่าวถึงศาสตร์สำหรับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสตีมศึกษาไว้ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 Science เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

องค์ประกอบที่ 2 Technology เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานที่มีการประยุกต์ศาสตร์สาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง มาใช้ในการแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการ หรือความจำเป็นของมนุษย์

องค์ประกอบที่ 3 Engineering เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสร้างสิ่งต่าง ๆ เพื่อมาอำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้สร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น ๆ

องค์ประกอบที่ 4 Mathematics เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับการคำนวณ หรือ วิชาที่เกี่ยวกับการคำนวณ เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาและต่อยอดทางวิศวกรรมศาสตร์

องค์ประกอบที่ 5 Art เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับศิลปะ เพื่อจะทำให้เด็กได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ และมีจินตนาการในการออกแบบชิ้นงานนั้น ๆ ให้สวยงามมากยิ่งขึ้น

Yakman (2014) ได้กล่าวถึงศาสตร์สำหรับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสตีมศึกษาไว้ดังนี้

Science คือ ชีววิทยา, เคมี-ชีววิทยา, เคมี, ฟิสิกส์, อวกาศ, เทคโนโลยีชีวภาพ, ชีวการแพทย์

Technology คือ การเกษตร, ก่อสร้าง, การสื่อสารข้อมูล, การขนส่ง

Engineer คือ การบินและอวกาศ, เกษตร, สถาปัตยกรรม, คอมพิวเตอร์, โยธา, ไฟฟ้า, สิ่งแวดล้อม,
ระบบอุตสาหกรรม, วัสดุ, หุ่นยนต์

Arts คือ ภาษา, การเมือง, จิตวิทยา, สังคม, ศาสนา

Mathematic คือ พีชคณิต, แคลคูลัส, การวิเคราะห์ข้อมูล, ความน่าจะเป็น, รูปทรงเรขาคณิต, การแก้ไขปัญหา, หลักทฤษฎี, ตรีโกณมิติ

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ประเภทของศาสตร์สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาประกอบด้วย 5 ส่วน ดังนี้

Science (S) คือ วิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ซึ่งนำไปสู่แนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชีวเคมี เคมีธรณีวิทยา ฟิสิกส์และอวกาศ เทคโนโลยีชีวภาพ และชีวการแพทย์

Technology (T) คือ เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานที่มีการประยุกต์ศาสตร์สาขาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ศิลปะ หรือศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไข หรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ขึ้นมา เพื่อตอบสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์

Engineer (E) คือ กระบวนการริเริ่มสร้างสรรค์บนพื้นฐานวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยใช้เทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้สร้างสรรค์ขึ้นเป็นชิ้นงานหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ เช่น การสร้างสรรค์การบินและอวกาศ การเกษตร สถาปัตยกรรม โยธา คอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า สิ่งแวดล้อม เป็นต้น

Arts (A) คือ วิชาที่ว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับศิลปะ เพื่อจะทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ และมีจินตนาการในการออกแบบชิ้นงานนั้น ๆ ให้สวยงามมากและน่าสนใจยิ่งขึ้น และรวมทั้งการใช้ภาษา ท่าทางหรือการสื่อสารความคิดออกมาในรูปแบบของดนตรีและการเคลื่อนไหวร่างกาย/นาฏศิลป์หรือการสื่อสารออกมาในรูปแบบของการวาดภาพ หรือการนำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรมให้น่าสนใจ

Mathematic (M) คือ วิชาที่ว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับการคำนวณ ซึ่งประกอบด้วย พีชคณิต แคลคูลัส เรขาคณิต ตรีโกณมิติ การวิเคราะห์ข้อมูล ความน่าจะเป็น การดำเนินการแก้ปัญหา การมีเหตุผลและหลักฐานทฤษฎี และรวมถึงกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ โดยสิ่งเหล่านี้เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาและต่อยอดทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

3. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

นักวิชาการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า จุดเด่นของการจัดการเรียนรูปแบบสะเต็มศึกษาหรือสตีมศึกษา คือ การผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ศิลปะ และเทคโนโลยี

ของนักเรียน ในขณะที่ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ศิลปะ และเทคโนโลยี นักเรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา จึงนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้เป็นฐานดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1) การระบุปัญหา (identify a challenge) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (explore ideas) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการดังนี้

2.1) การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไรและมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2.2) การค้นหาแนวคิด คือ การคำนหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหา แล้วจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มทุน ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3) การวางแผนและพัฒนา (plan and develop) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาขั้นตอนต่อไป คือการวางแผนการดำเนินงาน โดยผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ในขั้นตอนของการพัฒนา ผู้แก้ปัญหาต้องวาดแบบและพัฒนาต้นแบบ (prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4) การทดสอบและประเมินผล (test and evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการ

ปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

5) การนำเสนอผลลัพธ์ (present the solution) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์นั้นต่อสาธารณชนโดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน้าสนใจ

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) กล่าวว่า ปัจจัยพื้นฐานของสตีมศึกษา คือ การออกแบบสร้างสรรค์และการสร้างความจับใจโดยที่จัดประสบการณ์ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง อยู่บนพื้นฐานความรู้กระบวนการธรรมชาติที่หลากหลายของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มูลนิธิแห่งประเทศสาธารณรัฐเกาหลีเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และการสร้างสรรค์ ได้นำเสนอแนวทางการนำสตรีมศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรม โดยมีปัจจัยสำคัญหลักในการนำแนวคิด scream ไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ บริบทการออกแบบและการสร้างความจับใจ โดยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาประกอบด้วย 3 ขั้นหลักดังนี้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอสภาพปัญหาบริบทเชื่อมโยงกับชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ปัจจุบันมีส่วนเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือที่เกิดขึ้นบนโลกเพื่อให้มีข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการคิดขั้นตอน เช่น เข้าใจหรือวิเคราะห์มองเห็นประเด็นที่เป็นสถานการณ์ที่นักเรียนจะร่วมกันคิดหาทางพัฒนาหรือแก้ไขปัญหาหรือต้องการหาข้อค้นพบใหม่ในเชิงสร้างสรรค์

ขั้นที่ 2 การออกแบบสร้างสรรค์เพื่อแก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกคิดอย่างมีอิสระ โดยมุ่งจุดหมายสำคัญไม่เพียงแต่จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ แต่อย่างมุ่งเน้นทักษะการสื่อสารการเรียนรู้ร่วมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของกันและกัน กระบวนการออกแบบสร้างสรรค์หรือแนวทางการแก้ไขปัญหาเริ่มจากนักเรียนตัดสินใจในความเป็นจริง คุณค่าและความต้องการที่จำเป็นในสถานการณ์นั้น ๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้นักเรียนจะต้องเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 การสร้างความรู้สึกจับใจ อันนับเป็นขั้นขยายสิ่งที่ค้นพบโดยเน้นเจตคติต่อสิ่งที่เรียนรู้ผ่านการลงมือทำที่ผ่านประสบการณ์ในการค้นหาจากการที่นักเรียนได้เรียนรู้ ในขั้นนี้ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาการรับรู้ การแสดงออก และการเห็นอกเห็นใจผู้อื่น ซึ่งการสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ การค้นหา และการได้ลงมือทำจริง ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสนใจในวิทยาศาสตร์ อีกทางหนึ่งของการนำสตรีมศึกษาไปใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในหลากหลายประเทศ จะขอยกตัวอย่างการใช้สตรีมที่ประเทศสหรัฐ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เพราะเป็นฐานในการเริ่มต้นด้วยการนำเสนอประเด็นให้นักเรียนเห็นและทำความเข้าใจปัญหาในสังคม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดนำความเข้าใจปัญหา และการคิดการหาวิธีการ

แก้ปัญหา รวมทั้งการมีส่วนร่วมให้เกิดการอยากค้นหา นำไปสู่การสร้างสรรค์และแนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยการบูรณาการเนื้อหาสาระครอบคลุมสะเต็มศึกษาและศิลปะ ที่เน้นการสร้างแรงจูงใจด้วยการให้ลงมือปฏิบัติโดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สุธิดา การีมี (2560) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นขั้นตอนที่นำมาปรับใช้กับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้จะช่วยให้นักเรียนนำศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ ในสตีมศึกษาปรับบรูณาการร่วมกัน โดยเริ่มจากการระบุปัญหาที่พบแล้วกำหนดเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นจึงทำการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและทำการวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไข เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้วจึงทำการวางแผนและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ เมื่อสร้างชิ้นงานหรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบ หากมีข้อบกพร่องก็ให้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นสามารถใช้แก้ไขปัญหาหรือสนองความต้องการได้ ส่วนในตอนสุดท้ายจะดำเนินการประเมินผลว่าสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นจะสามารถใช้แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ดังนั้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจึงประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

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

Who เป็นการตั้งคำถามเกี่ยวกับบุคคลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ

What เป็นการตั้งคำถามว่าปัญหาหรือความต้องการจากสถานการณ์นั้น ๆ คืออะไร

When เป็นการตั้งคำถามปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นจะเกิดขึ้นเมื่อใด

Where เป็นการตั้งคำถามปัญหาหรือความต้องการของสถานการณ์นั้นจะเกิดขึ้นที่ไหน

Why เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์สาเหตุว่าทำไมถึงเกิดปัญหาหรือความต้องการ

How เป็นการตั้งคำถามเพื่อวิเคราะห์ถึงแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหานั้นจะสามารถทำได้ด้วยวิธีการอย่างไร

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ในขั้นตอนนี้จะเป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ และแนวทางการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการตามที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 เพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น สอบถามจากผู้รู้ สืบค้นหรือสำรวจจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้จะเป็นการศึกษาองค์รู้จากทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอาจมีได้มากกว่า 1 วิธี จากนั้นจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการในประเด็นต่าง ๆ เช่น ข้อดี ข้อเสีย ความสอดคล้องและการนำไปใช้ได้จริงของวิธีการแต่ละวิธี ดังนั้นวิธีการที่จะถูกพิจารณาคัดเลือกจะอยู่ภายใต้กรอบของปัญหาหรือความต้องการมาเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือก

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

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นตอนของการวางลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ จากนั้นจึงลงมือสร้างหรือพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อที่จะนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบและประเมินชิ้นงานวิธีการที่สร้างขึ้นว่า สามารถทางานหรือใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้หรือไม่ มีข้อบกพร่องอย่างไร และควรปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือแบบจาลองวิธีการใน ส่วนใด ควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร แล้วจึงดาเนินการปรับปรุงแก้ไขในส่วนนั้นจนได้ชิ้นงานวิธีการที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนของการคิดวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานหรือวิธีการที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ให้มีความน่าสนใจและเข้าใจได้ง่าย

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาหรือสตีมศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยเน้นให้นักเรียนนำความรู้ในภาคทฤษฎีมาใช้ ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ส่งผลให้นักเรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็น ความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศในอนาคต ผ่าน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทายวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนว ทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการ น าเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

Yakman (2014) ได้นำเสนอกรอบแนวคิดสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา หรือพีระมิดสตีมศึกษา ซึ่งแบ่งระดับขั้นของเนื้อหาและรูปแบบการใช้ได้ดังนี้

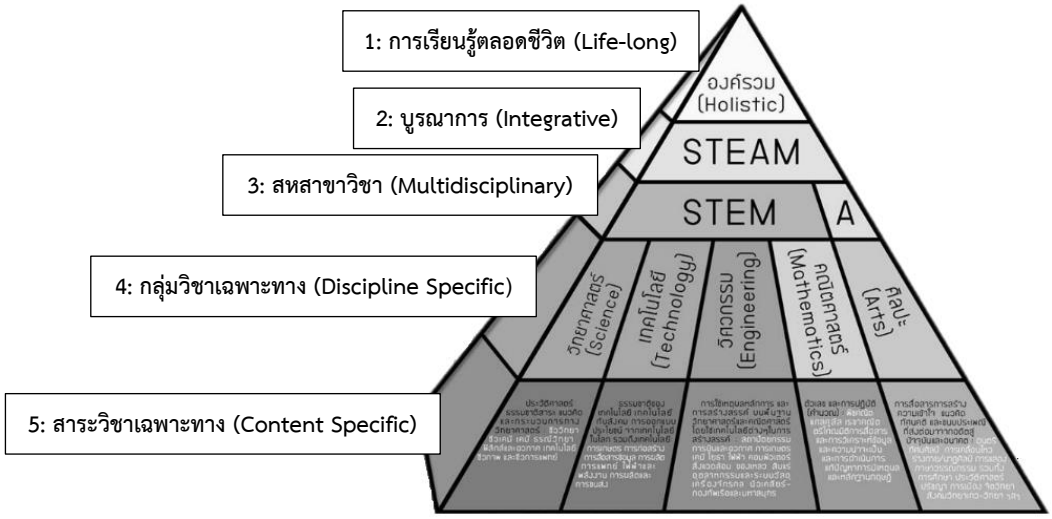
ขั้นที่ 1 จะเป็นเนื้อหาสาระที่เฉพาะเจาะจง (content Specific) ต่อมาด้วยจะเป็นการศึกษาที่อยู่หลังมัธยมศึกษาที่จะเฉพาะทางมากกว่าทุกลำดับชั้นของปิรามิด

ขั้นที่ 2 เป็นกลุ่มองค์ความรู้ที่แบ่งตามศาสตร์ (Discipline Specific) เป็นการศึกษาขั้นพื้นฐานของศาสตร์ในแต่ละศาสตร์จะเป็นการศึกษาเน้นพื้นฐานของศาสตร์เหมาะสำหรับช่วงชั้นมัธยมศึกษา

ขั้นที่ 3 เป็นการเรียนรู้แบบสหสาขาวิชา (Multidisciplinary) เป็นการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นวิทยาศาสตร์ในเชิงการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อสร้างผลงาน โดยที่แยกศิลปศาสตร์ออกอย่างชัดเจนหรือเป็นตัวเสริมแนวคิดหลักที่มักจะจัดกิจกรรมโดยการผ่านการกำหนดหัวเรื่องหรือโปรเจ็ค ซึ่งทาง Yakman ได้นำเสนอว่าแนวทางในระดับชั้นเหมาะกับเด็กระดับชั้นมัธยมศึกษาในการปฏิบัติ

ขั้นที่ 4 บูรณาการ (Integrative) เป็นการเชื่อมโยงศาสตร์ทั้งแนวคิดของสะเต็มศึกษาและ Arts เข้าด้วยกันโดยผ่านการลงมือทำเป็นผลงานหรือเป็นหัวเรื่องที่ได้รับมอบหมาย เป็นการบูรณาการเนื้อหาสาระและวิธีสอนที่ให้ Arts มีบทบาทไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าสะเต็มศึกษา ซึ่งสามารถส่งเสริมให้เด็กมองเห็นภาพในเชิงองค์รวมของสิ่งที่มีอยู่ ซึ่งเหมาะสำหรับเด็กประถมศึกษาจนถึงมัธยมศึกษา

ขั้นที่ 5 การศึกษาแบบองค์รวมตลอดชีวิต เป็นชั้นที่มุ่งเน้นแนวคิดการเรียนรู้ของคนทุกเพศทุกวัยที่สามารถเรียนรู้แบบองค์รวมได้ด้วยตัวเอง (Life-long Holistic)



ภาพที่ 5 STEAM ศิลปะเพื่อสตีมศึกษา: การพัฒนาการรับรู้ความสามารถและแรงบันดาลใจให้เด็ก (นครปฐม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2560)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสตีมศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ หลักการ และทฤษฎีมาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผน ออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือวัตกรรมที่แปลกใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นเครื่องมือในการดำเนินกิจกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนกล่าวถึงสถานการณ์ที่เป็นปัญหาให้นักเรียนฟัง จากนั้นผู้สอนจะตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ มองเห็นปัญหา และนำไปสู่การระบุปัญหา โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจและวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาได้ โดยมีผู้สอนค่อยช่วยเหลือ

2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนกล่าวถึงปัญหาที่ได้จากขั้นที่ 1.1 จากนั้นตั้งคำถามกับนักเรียนว่าเราสามารถนำแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร โดยมีผู้สอนค่อยช่วยเหลือและตรวจสอบความถูกต้อง

3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในขั้นที่ 1.2 มาประยุกต์ใช้กับความรู้ทางด้านวิศวกรรม เพื่อออกแบบชิ้นงานหรือนวัตกรรมในการแก้ปัญหา และนำศาสตร์ความรู้ทางด้านศิลปะมาช่วยในการออกแบบนวัตกรรมให้มีความน่าสนใจและแปลกใหม่ โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยผู้สอนจะยกตัวอย่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่างเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาของตน โดยมีผู้สอนค่อยช่วยเหลือ

4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนร่วมกันวางแผนและดำเนินการสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมตามการออกแบบในขั้นที่ 1.3 โดยมีผู้สอนค่อยช่วยเหลือ

5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนทำการทดสอบและประเมินชิ้นงานหรือนวัตกรรมของตนเองว่าสามารถแก้ไขปัญได้หรือไม่อย่างไร และทำการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้สามารถแก้ปัญหาได้มากที่สุด โดยมีผู้สอนค่อยช่วยเหลือและตรวจสอบความถูกต้อง

6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หมายถึง ขั้นที่นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้น

การนำรูปแบบการสอนตามแนวทางสตีมศึกษาไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ สิ่งที่ครูควรคำนึงถึงคือการจัดเตรียมกิจกรรมการรู้เรียน เพราะครูจะต้องจัดเตรียมกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของนักเรียน และคอยพิจารณาตรวจสอบบทบาทของครูและนักเรียนให้เหมาะสมในการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาว่าเป็นอย่างไร และนำมาปรับใช้ให้มากที่สุด การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาจะอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นเครื่องมือในการดำเนินกิจกรรม โดยมีแนวทางในการดำเนินกิจกรรมบทบาทที่ควรทำของครูผู้สอนและนักเรียนที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 บทบาทของครูกับนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	สิ่งที่ครูควรทำ	สิ่งที่นักเรียนควรทำ
1. ขั้นระบุปัญหา	- กล่าวถึงสถานการณ์ที่เป็นปัญหา - อธิบายปัญหาของสถานการณ์	- วิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อระบุปัญหาจากสถานการณ์
2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	- ครูเตรียมแหล่งข้อมูล ความรู้และทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับประยุกต์ในการแก้ปัญหา - ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- ศึกษาและทำความเข้าใจกับแหล่งข้อมูล ความรู้ ทฤษฎีต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี แล้วนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา
3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	- ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน - ยกตัวอย่างการออกแบบชิ้นงาน โดยอาศัยหลักการหรือทฤษฎีความรู้ที่ได้ศึกษามา - ชี้แนวทางในการในออกแบบสำหรับการแก้ปัญหา	- นำข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในขั้นที่ 2 มาประยุกต์ใช้กับความรู้ทางด้านวิศวกรรมและศิลปะ เพื่อออกแบบชิ้นงานให้มีความน่าสนใจและแปลกใหม่เพื่อแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	- ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน - ยกตัวอย่างการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	- ลงมือสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา
5. ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	- ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- ทำการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงาน
6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	- รับฟังและสักถามประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนแก้ปัญหา - ให้คำแนะนำกับนักเรียน	- นำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหา

การคิดเชิงออกแบบ (Design thinking)

การคิดเชิงออกแบบ (Design thinking) เป็นกระบวนการที่มีการพัฒนามาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1960 โดยเป็นการรวมของเครื่องมือและเทคนิคที่พัฒนามาจากการคิดสร้างสรรค์ทางสังคมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และคอมพิวเตอร์ เริ่มแรก Design thinking มีจุดเริ่มต้นมาจาก Design Science เป็นการออกแบบทางอุตสาหกรรมและออกแบบทางผลิตภัณฑ์ เพื่อหาแนวทางการออกแบบการตัดสินใจและการออกแบบการทำงานที่มีลักษณะเฉพาะ แล้วมีการนำไปใช้ในกระบวนการพัฒนานวัตกรรมในการทำโครงการต่าง ๆ และพัฒนาจนมาเป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงธุรกิจ ความคิดสร้างสรรค์ และมุ่งเน้นที่ลูกค้า กลุ่มเป้าหมายเป็นหลักในปัจจุบัน การคิดเชิงออกแบบไม่ใช่เรื่องใหม่สำหรับคนที่ทำงานอยู่ในสายงานของการออกแบบหรือพัฒนานวัตกรรม เพราะเป็นกระบวนการคิดสร้างสรรค์ที่มีการใช้ในการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ สำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่มานานแล้ว ซึ่งกระบวนการพัฒนานวัตกรรมที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ นั้น ขึ้นอยู่กับว่าจะมาจากการค้นพบเทคโนโลยีใหม่ๆ (technology push) มาจากความต้องการจากตลาด (market pull) หรือจากความต้องการของมนุษย์หรือลูกค้า โดยการคิดเชิงออกแบบจะพัฒนานวัตกรรมโดยให้ความสำคัญกับความต้องการจากผู้บริโภคหรือตลาดมาก่อน แล้วทางทีมผู้ทำวิจัยและผู้พัฒนานั้นพยายามที่จะตอบสนองความต้องการหรือแก้ไขปัญหาให้กับผู้บริโภคเหล่านั้นให้ได้ด้วยกระบวนการใหม่ เทคโนโลยีใหม่ ผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือการบริการใหม่ให้โดนใจ (ศศิมา สุขสว่าง, 2560)

1. ความหมายของการคิดเชิงออกแบบ

นักวิชาการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของการคิดเชิงออกแบบไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ศศิมา สุขสว่าง (2560) กล่าวว่า การคิดเชิงออกแบบคือกระบวนการคิดเชิงออกแบบสำหรับพัฒนานวัตกรรมที่ผสมผสานการคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking) และการคิดเชิงธุรกิจ (Business thinking) เพื่อพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ และนวัตกรรมอย่างมีระบบ โดยมีหลักสำคัญคือ การเข้าใจความต้องการและปัญหาของกลุ่มเป้าหมายหรือลูกค้า (Human-Centered) อย่างแท้จริง แล้วการระดมความคิดเพื่อค้นหาทางแก้ไข และการเรียนรู้และลงมือทำเพื่อสร้างคุณค่าและนวัตกรรม

มานิตย์ อาษานอก (2561) กล่าวว่า กระบวนการคิดเชิงออกแบบ เป็นกระบวนการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างเป็นระบบ โดยยึดคนเป็นศูนย์กลางในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา มีกระบวนที่สำคัญอยู่ 3 ระยะคือ 1) ระยะเข้าใจปัญหา (Understanding) คือการทำความเข้าใจปัญหาให้ถูกต้องกับประเด็นและความต้องการ 2) ระยะพัฒนาไอเดีย (Creating) คือปัจจัยสำคัญที่จะทำให้เกิดนวัตกรรม ไอเดียหรือแนวคิดใหม่ๆ เมื่อได้รับการพัฒนาจะเป็นจุดตั้งต้นของการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และ 3) ระยะส่งมอบนวัตกรรม (Delivering) คือการเปลี่ยนไอเดียให้เป็นต้นแบบนวัตกรรม

Murray Cox (2016) กล่าวว่า การคิดเชิงออกแบบ เป็นการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยมีมนุษย์เป็นศูนย์กลาง เน้นการลงมือปฏิบัติและการเรียนรู้จากการทดลอง กระบวนการทำงานวนซ้ำจากการสร้างความเข้าใจมนุษย์ การคิดสร้างสรรค์ และการทดสอบกับผู้ใช้เพื่อเรียนรู้และลดข้อผิดพลาดหลาย ๆ ครั้ง เอื้อให้สามารถพัฒนาความคิดและทางออกใหม่ที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ และเพิ่มโอกาสความสำเร็จของโครงการ

Tada Ratchagit (2019) กล่าวว่า การคิดเชิงออกแบบ คือ กระบวนการคิดเพื่อแก้ไขปัญหาหรือโจทย์ให้ถูกจุด ตลอดจนพัฒนาแนวคิดใหม่ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาหรือโจทย์ที่ตั้งไว้ เพื่อที่จะหาวิถีทางที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา การแก้ปัญหาบนพื้นฐานกระบวนการนี้จะเน้นยึดไปที่หลักของผู้ใช้/ผู้บริโภค (User-centered) เป็นหลัก โดยมีเจตนาในการสร้างผลลัพธ์ในอนาคตที่เป็นรูปธรรม เพื่อให้ตอบโจทย์ตลอดจนแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงเกิดนวัตกรรมใหม่ๆ ที่เป็นประโยชน์อีกด้วย

Tiger (2019) กล่าวว่า Design Thinking หรือการคิดเชิงออกแบบ คือ กระบวนการทำความเข้าใจปัญหาของผู้ใช้ นำเสนอทางแก้ไขปัญหาแบบใหม่ที่อาจไม่เคยคิดมาก่อน ผ่าน 5 ขั้นตอน ได้แก่การเข้าใจ นิยาม สร้างสรรค์ จำลอง และ ทดสอบ (Empathize Define Ideate Prototype & Test) โดย Design Thinking ถือว่าเป็นกระบวนการสร้างนวัตกรรมอย่างหนึ่ง

Tim Brown (2020) กล่าวว่า การคิดเชิงออกแบบ คือ กระบวนการคิดที่เน้นผู้คนเป็นศูนย์กลาง ไม่มีรูปแบบที่สมบูรณ์แบบ ไม่มีกระบวนการที่ตายตัว แต่เป็นกระบวนการที่มีลักษณะของเป็นตัวของตัวเอง ซึ่งไม่ว่าจะเป็นความท้าทายจากกการออกแบบประเภทใด จะต้องผ่านสามช่วงหลักได้แก่ แรงบันดาลใจ อุดมการณ์ และการนำไปใช้ ซึ่งหากสามารถทำตามขั้นตอนทั้งสามนี้ได้จะเป็นการเปิดโอกาสในการออกแบบนวัตกรรมใหม่ ที่เป็นการใช้การออกแบบที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลาง เพื่อจัดการกับความท้าทายมากมายในการออกแบบ และการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การคิดเชิงออกแบบ หมายถึงกระบวนการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างเป็นระบบเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา หรือการทำความเข้าใจปัญหาให้ถูกต้องกับประเด็นและความต้องการ และหาแนวทางในการแก้ปัญหาจากไอเดียหรือแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อออกแบบและพัฒนาเป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

2. องค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบ

นักวิชาการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ศศิมา สุขสว่าง (2560) กล่าวว่า Design Thinking เป็นกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ต้องค้นหาประสบการณ์ของผู้บริโภค (End user experience) แล้วนำมาคิดอย่างเป็นระบบ (Systems Thinking) เพื่อพัฒนาต้นแบบออกมาทดลองตลาด (iterative Prototyping) จากนั้นเมื่อได้รับคำวิจารณ์จากผู้ที่มีใช้งานจริง ผู้ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ (Stakeholder feedback) จึงนำมาปรับปรุง แล้วค่อยผลิตสู่เชิงพาณิชย์ต่อไป โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าใจกลุ่มเป้าหมายหรือผู้ใช้งานจริง (Empathize) คือ การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายที่แท้จริง เข้าใจในปัญหา ความต้องการ ความจำเป็น อารมณ์ ความรู้สึก การกระทำที่ออกมา ความหมายในสายตาของกลุ่มเป้าหมาย วิธีการทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายนี้สามารถใช้ได้หลายวิธี เช่น การสังเกตพฤติกรรม การสัมภาษณ์ การฟังอย่างลึกซึ้ง เพื่อให้เข้าใจเป้าหมายและประเด็นที่ต้องการแก้ไข

ขั้นที่ 2 การระบุปัญหาหรือประเด็น (Define) หลังจากที่ทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายด้วยกระบวนการข้างต้นแล้ว จากนั้นคือการระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไขให้ชัดเจน และเป็นปัญหาที่แท้จริง

ขั้นที่ 3 การระดมความคิด (Ideate) ขั้นตอนนี้จะใช้วิธีการระดมสมองผสมผสานกับเครื่องมือต่าง ๆ เช่น root cause analysis, PDCA, Brain storming เป็นต้น คิดให้ได้ไอเดียให้มากที่สุด ซึ่งต้องใช้ทั้ง Creative thinking คิดนอกกรอบ, Analysis thinking วิเคราะห์ข้อมูล

จากนั้นค่อยจัดให้เหลือไอเดียที่ดีจำนวนหนึ่งและสามารถนำมาทำเป็นต้นแบบได้จริง ภายใต้ทรัพยากรและกำลังของบริษัทในขณะนั้น

ขั้นที่ 4 การสร้างต้นแบบ (Prototype) ขั้นตอนนี้จะเป็นการเอาไอเดียที่คัดเลือกไว้แล้วมาสร้างต้นแบบนวัตกรรมที่ใช้แก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนนี้สามารถอาจจะเป็นต้นแบบที่ง่าย ๆ ก่อนเพื่อทดสอบแนวคิด เมื่อทดสอบกับผู้ใช้แล้ว ตอนหลังจะระดมใช้ทั้งเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญ ทรัพยากรที่มีขององค์กร หรือบางองค์กรอาจจะเปิดรับเทคโนโลยี ความรู้ ข้อมูล จากหน่วยงานภายนอกในลักษณะ (Open Innovation) เพื่อให้สามารถที่จะนำสร้างต้นแบบให้ออกมาทดสอบ

ขั้นที่ 5 เป็นการทดสอบต้นแบบ (Test) เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาของกลุ่มเป้าหมาย แล้วเก็บข้อมูลที่ได้มา เรียนรู้ แล้วนำไปที่ขั้นตอนแรก จนกว่าจะได้นวัตกรรมที่นำไปสู่เชิงพาณิชย์ได้จริง ๆ

มานิตย์ อาษานอก (2561) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบไว้ดังนี้

1) เข้าใจปัญหา (Understand) นักเรียนได้ใช้เวลาเพื่อทำความเข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง (empathy) และกำหนดประเด็นและทิศทางในการแก้ปัญหาที่ชัดเจน (define) ถูกต้องตรงประเด็น

2) พัฒนาไอเดีย (Create) นักเรียนต้องสร้างไอเดีย (ideate) หรือการต่อยอดไอเดียจากหลากหลายมุมมอง (idea generation) เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมที่แปลกใหม่และตอบโจทย์การแก้ไขปัญหา

3) ส่งมอบนวัตกรรม (Deliver) นักเรียนต้องเปลี่ยนไอเดียเป็นนวัตกรรมต้นแบบ (Prototype) และทำการทดสอบ (test) กับกลุ่มเป้าหมายปรับปรุงแก้ไขจนสามารถนำไปใช้ได้จริง

จีระพงษ์ โพพันธุ์ (2562) กล่าวว่า Design Thinking เป็นวิธีการออกแบบที่ทำให้เกิดแนวทางพื้นฐานสำหรับการแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการจัดการกับปัญหาที่ซับซ้อนด้วยการทำความเข้าใจความต้องการของมนุษย์ การกำหนดกรอบของปัญหาโดยเน้นมนุษย์เป็นจุดศูนย์กลาง การระดมสมองเพื่อหาไอเดียที่หลากหลาย และการสร้างต้นแบบไปจนถึงการทดสอบวิธีการนั้น ซึ่งกระบวนการของ Design Thinking ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

1) Empathise การทำความเข้าใจปัญหาที่เราพยายามแก้ไข โดยการสังเกต การมีส่วนร่วม และการเอาใจใส่ผู้คนรอบตัวเพื่อทำความเข้าใจประสบการณ์และแรงจูงใจของพวกเขา การเอาใจใส่เป็นสิ่งสำคัญต่อกระบวนการออกแบบที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลางอย่างแนวคิด Design Thinking เป็นอย่างมาก เพราะมันช่วยให้เราสามารถตั้งสมติฐานเกี่ยวกับผู้คนรอบตัวและความต้องการของพวกเขาได้

2) Define การนำข้อมูลทั้งหมดที่หาได้จากขั้น Empathise มารวมกันเพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์สิ่งที่ได้ จากนั้นจึงเลือกเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แล้วนำมาอธิบายปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่

3) Ideate การนำไอเดียที่ได้มาสร้างให้เป็นรูปธรรม จากขั้นแรกที่ทำให้เราเข้าใจผู้บริโภคมากขึ้น ส่วนขั้นที่สองเราได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล จากนั้นด้วยวัตถุดิบที่เรามีอยู่ในมือสมาชิกทีมอาจเริ่มที่จะ คิดนอกกรอบเพื่อมองหาวิธีแก้ปัญหาใหม่ ๆ อาจใช้การระดมสมองสำหรับกระตุ้นให้สมาชิกทีมได้คิดอย่างอิสระและขยายขอบเขตแนวทางแก้ปัญหา จากนั้นจึงรวบรวมไอเดียที่ได้แล้วเลือกวิธีที่คิดว่าดีหรือเหมาะสมที่สุด

4) Prototype การสร้างผลิตภัณฑ์หรือแนวทางต้นแบบโดยลดขนาด ฟังก์ชันหรือลดทอนรายละเอียดลง เพื่อตรวจสอบวิธีแก้ปัญหาที่พบ อาจมีการส่งต่อเพื่อทำการทดสอบทั้งภายในทีมและแผนกอื่น ๆ รวมถึงการมองหากลุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบผลิตภัณฑ์ในเบื้องต้น เป้าหมายของขั้นตอนนี้ก็คือการรวบรวมข้อมูลว่าแนวคิด Design Thinking ที่เราได้ไอเดียมาและนำมาสร้างแนวทางแก้ปัญหาทั้งหมดยังมีจุดบกพร่องตรงไหน หรือต้องปรับปรุงส่วนใดบ้างจึงจะสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและนำไปแก้ปัญหาได้ดีที่สุด

5) Test การทดสอบแนวทางแก้ไขปัญหาหรือผลิตภัณฑ์ทั้งหมดอย่างเข้มงวดอีกครั้ง โดยมุ่งเน้นไปที่การทำความเข้าใจผู้บริโภคอย่างลึกซึ้งที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

Chia Yuan Hung (2014) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบไว้ดังนี้

1) Empathize: ประเมินแนวทางการออกแบบที่เน้นมนุษย์เป็นศูนย์กลาง โดยจะดูว่านักเรียนมีการสังเกต มีส่วนร่วม และทำความเข้าใจกับผู้ที่จะได้รับผลกระทบหรือไม่ อย่างไร

2) Define: ประเมินว่านักเรียนนมีการวางกรอบปัญหาตามข้อสังเกตที่รวบรวมและพัฒนามุมมองที่จะเข้าถึงปัญหาหรือไม่ อย่างไร

3) Ideate: ประเมินว่านักเรียนนมีพัฒนาแผนการออกแบบ โดยขยายวงกว้างและใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่นการทำแผนที่ความคิดร่างภาพและวิธีการอื่น ๆ ในการระดมความคิดหรือไม่อย่างไร

4) Prototype: ประเมินว่านักเรียนเริ่มต้นด้วยแผนคร่าว ๆ สร้างต้นแบบของนวัตกรรมที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาหรือไม่ อย่างไร

5) Test: ประเมินว่านักเรียนมีการทดสอบการออกแบบหรือนวัตกรรมของตน ว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

Katie Rapp and Caitlin Stroup (2016) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบไว้ดังนี้

1) การให้ความสำคัญกับผู้ใช้ คือ การประเมินว่าผู้ออกแบบมีการสัมภาษณ์และโฟกัสกลุ่มกับกลุ่มเป้าหมายหรือไม่ เพื่อสำรวจความต้องการและปัญหาของผู้ใช้ว่าเป็นอย่างไร

2) กำหนดปัญหา คือ การประเมินว่าผู้ออกแบบมีการสังเคราะห์ปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ด้วยข้อมูลสำคัญด้านทรัพยากรบุคคล เพื่อระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไขให้ชัดเจน และเป็นปัญหาที่แท้จริง

3) การสร้างความคิด คือ การประเมินว่าผู้ออกแบบมีการสังเคราะห์ความคิดอย่างหลากหลาย โดยมุ่งเน้นไปที่แนวทางการแก้ไขปัญหาที่มีอยู่ให้ได้มากและหลากหลายที่สุด จากนั้นทำการเลือกวิธีแก้ปัญที่ดีที่สุด โดยคำนึกถึงทรัพยากรที่มีอยู่

4) การสร้างต้นแบบ คือ การประเมินว่าผู้ออกแบบสามารถนำหลักการ ความรู้และวิธีการที่สรุปออกมาแล้วมาสร้างเป็นนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาได้หรือไม่

5) เป็นการทดสอบต้นแบบ คือ การประเมินว่าผู้ออกแบบแก้ปัญหาของผู้ใช้ได้หรือไม่ หากไม่ได้มีการเก็บข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติม และหาวิธีการแก้ปัญหาแบบใหม่ จนกว่าจะได้นวัตกรรมที่นำไปการแก้ปัญหาได้จริง ๆ

Published January (2016) กล่าวว่า กระบวนการ Design Thinking หรือกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เป็นกระบวนการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างเป็นระบบ เป็นกระบวนนำมาปรับใช้ในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรมผ่านผลิตภัณฑ์และบริการใหม่ ๆ สามารถสรุปได้เป็น 3 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1) เข้าใจปัญหาให้ถูกต้อง (Understand) นั่นคือ การใช้เวลาทำความเข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง มีบทบาทมากต่อการกำหนดทิศทางในการแก้ปัญหา การเข้าใจปัญหาที่ถูกต้องและตั้งคำถามที่ถูกต้องเท่านั้นที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ตรงประเด็น

2) คิดแบบไม่มีกรอบ (Brainstorm) แม้เราจะเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้องแล้ว อีกอุปสรรคสำคัญที่ทำให้นวัตกรรมใหม่ ๆ ไม่เกิด คือ กรอบความคิดของเรา กระบวนการ Design Thinking เน้นการแยกประบวนการสร้างสรรค์ไอเดีย (Idea Generation) ออกจากการประเมิน (Idea Evaluation) นั่นคือ คิดไอเดียออกมาเยอะ ๆก่อน แล้วค่อยมาประเมินว่าไอเดียไหนเป็นไปได้มากน้อยอย่างไร

3) เรียนรู้ผ่านการทดลองลงมือทำ (Prototype) แม้ว่าจะได้ไอเดียดี ๆ มากมาย บ่อยครั้งเราก็คิดแต่ไม่ลงมือทำ การสร้างต้นแบบคือการลงมือทำที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ ทำให้เราเห็นชัดเจนขึ้นว่าไอเดียที่เราคิดนั้นจะตอบโจทย์ของกลุ่มเป้าหมายอย่างที่เราเข้าใจหรือไม่ อย่างไร

Stanford d.school (2016) ได้แบ่งขั้นตอนกระบวนการคิดออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ Empathize, Define, Ideate, Prototype, และ Test โดยทั้ง 5 ขั้นตอนนี้ แสดงให้เห็นว่า

ขั้นตอนที่หนึ่งและสอง (Empathize และ Define) เป็นขั้นตอนทำความเข้าใจและตีความปัญหาอย่างลึกซึ้ง ขั้นตอนที่สาม (Ideate) คือขั้นตอนในการใช้ความคิดสร้างสรรค์และมุมมองจากหลาย ๆ ด้านมาสร้างไอเดีย และขั้นตอนที่สี่และห้า (Prototype และ Test) คือขั้นตอนในการทดสอบแนวคิดและพัฒนาต้นแบบที่เป็นตัวอย่างแนวคิด เพื่อให้ได้แนวทางหรือนวัตกรรมที่ตอบโจทย์กับสถานการณ์หรือปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้น Empathize คือ การทำความเข้าใจกับปัญหาของบุคคลที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ในขั้นตอนนี้รวมไปถึงการเข้าใจปัญหาของสิ่งที่สร้าง หรือสิ่งที่แก้ไข ด้วยการรับฟัง สังเกต สำรวจ และมีประสบการณ์ร่วม

ขั้น Define คือ การวิเคราะห์ กำหนด ตีความของปัญหา จากการที่ได้ศึกษาจากกลุ่มเป้าหมาย เป็นขั้นตอนที่ทำให้เห็นความชัดเจนที่มากขึ้นว่าปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร

ขั้น Ideate คือ การสร้างความคิด สังเคราะห์ความคิด อย่างหลากหลาย โดยมุ่งเน้นไปที่แนวทางการแก้ไขปัญหาที่มีอยู่ให้ได้มาก และหลากหลายที่สุด รวมถึงความสอดคล้องกับปัญหา

ขั้น Prototype คือ การสร้างต้นแบบ โดยอาจเป็นต้นแบบที่เป็นแบบจำลอง ให้เกิดการสัมผัสขึ้นมาได้ ด้วยความเป็นรูปธรรม จากสิ่งที่ผู้นำเสนอตั้งใจจะนำเสนอ

ขั้น Test คือ การทดสอบ และการนำไปใช้ เพื่อรับผลตอบรับ และสามารถนำมาแก้ไขปรับปรุงได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบมีดังต่อนี้

1) ขั้นการทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมาย (Empathize) นักเรียนสามารถทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อระบุปัญหาของสถานการณ์ว่ามีอะไรบ้าง อย่างไร

2) ขั้นการตั้งกรอบโจทย์ (Define) นักเรียนสามารถสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากขั้น Empathize โดยการอธิบายปัญหาของสถาการณ์ว่าปัญหาที่แท้จริงคืออะไร เพื่อที่จะนำปัญหาไปแก้ไข

3) ขั้นการสร้างความคิด (Ideate) นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อแก้ไขปัญหา โดยเน้นการหาแนวคิดในการแก้ปัญหาให้มากที่สุด และทำการวิเคราะห์ต่อว่าวิธีไหนเป็นวิธีที่ดีที่สุดหรือน่าลองใช้มากที่สุด

4) ขั้นการสร้างต้นแบบ (Prototype) นักเรียนสามารถนำข้อมูลจากขั้น Ideate มาสร้างแบบจำลองหรือชิ้นงานเพื่อนำไปทดสอบการแก้ปัญหา โดยการวาดแบบจำลองหรือภาพชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหา

5) ขั้นการทดสอบต้นแบบ (Test) นักเรียนสามารถทดสอบการแก้ปัญหา โดยเอาแบบจำลองหรือชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาทดสอบ โดยอธิบายหลักการทำงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

3. การประเมินการคิดเชิงออกแบบ

การประเมินการคิดเชิงออกแบบ เป็นการประเมินลักษณะของบุคคลมีที่ทักษะ กระบวนการและพฤติกรรมที่แสดงถึงการเป็นนักออกแบบ ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญและนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมาย รูปแบบ และลักษณะของบุคคลที่มีการคิดเชิงออกแบบไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

Razzouk & Shute (2012) กล่าวถึงประเมินการคิดเชิงออกแบบไว้ดังนี้

1) ต้องคำนึงมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเป็นศูนย์กลาง คือ นักออกแบบต้องพิจารณาอย่างต่อเนื่อง ว่าสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นจะตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์อย่างไร ควรพิจารณาผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมในระดับเดียวกับความสนใจของมนุษย์ เป็นข้อจำกัดหลักสำหรับกระบวนการออกแบบ

2) มีความสามารถในการมองเห็น คือ เป็นนักออกแบบต้องทำงานด้วยสายตา เช่น การแสดวงความคิดในการสังเกต

3) Predisposition toward multifunctionality คือ นักออกแบบควรมองการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน หลากหลายวิธี และคำนึงถึงภาพรวมของปัญหา

4) มองอย่างเป็นระบบ คือ นักออกแบบควรปฏิบัติต่อปัญหาในฐานะปัญหาของระบบ โดยแก้ปัญหาเชิงระบบที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนและแนวคิดที่แตกต่างกัน เพื่อสร้างโซลูชันแบบองค์รวม

5) มีความสามารถในการใช้ภาษาเป็นเครื่องมือ คือ นักออกแบบสามารถอธิบายกระบวนการสร้างสรรค์ของพวกเขาด้วยวาจา โดยบังคับการประดิษฐ์ที่ขาดรายละเอียดและแสดงความสัมพันธ์ที่ไม่ชัดเจนด้วยภาพ เช่น คำอธิบายควรควบคู่ไปกับกระบวนการสร้างสรรค์

6) การทำงานเป็นทีม คือ นักออกแบบจำเป็นต้องพัฒนาทักษะด้านมนุษย์สัมพันธ์ที่ทำให้พวกเขาสามารถสื่อสารข้ามสาขาวิชาและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

7) หลีกเลี่ยงความจำเป็นในการเลือก คือ นักออกแบบค้นหาทางเลือกที่แข่งขันกันก่อนที่จะตัดสินใจเลือกหรือตัดสินใจ พยายามหาวิธีสร้างการกำหนดค่าใหม่ กระบวนการนี้นำไปสู่โซลูชันที่หลีกเลี่ยงการตัดสินใจและรวมตัวเลือกที่ดีที่สุด

Lewis (2016) กล่าวถึงลักษณะของผู้ที่มีการคิดเชิงออกแบบไว้ดังนี้

1) มองโลกในแง่ของปัญหาและผลิตภัณฑ์ ใช้มุมมองกว้าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ซึ่งรวมถึงข้อมูล สิ่งประดิษฐ์ กิจกรรม บริการ ระบบ และสภาพแวดล้อม ทั้งหมดนี้สามารถออกแบบเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะได้

2) มองตัวเองเป็นสินค้า ผู้ที่มองว่าตนเองเป็นผลิตภัณฑ์หมายถึง การนำเอาทัศนคติ พฤติกรรม และมุมมองของตนเองไปใช้โดยนักออกแบบ ผู้ที่คิดเชิงออกแบบจะทบทวนตัวเองในเวอร์ชันต่าง ๆ ซึ่งจะนำไปสู่ประสิทธิภาพของทีมที่ยอดเยี่ยม

3) ฝึกฝนความสามารถของนักออกแบบอย่างจริงจัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเอาใจใส่และการมองโลกในแง่ดี การเอาใจใส่การคิดเชิงบูรณาการ การมองโลกในแง่ดี การทดลอง และการทำงานร่วมกัน

4) เข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อย่างลึกซึ้ง และรู้วิธีทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดความคิดสร้างสรรค์

5) ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ คิดหาวิธีใหม่ในการมีส่วนร่วมของกลุ่มเพื่อให้งานเดินหน้าต่อไป

6) ยอมรับความผิดพลาดและปรับปรุงแก้ไข แสวงหาโอกาสในการใช้แบบจำลองและรูปแบบอื่น ๆ ในการสร้างเพื่อขจัดความสับสนและสร้างระเบียบ เช่น การสร้างแบบจำลอง การร่างภาพ และการเล่าเรื่อง เป็นต้น

7) ต้นแบบวิสัยทัศน์ โดยทั่วไปแล้วต้นแบบจะใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่าง ๆ ของความเที่ยงตรง เพื่อรับข้อเสนอแนะที่มีความหมายจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ควรมองหาวิธีการสร้างต้นแบบและทดสอบวิสัยทัศน์ที่แตกต่างกันสำหรับองค์กรของตน เช่น การสวมบทบาทหรือการเขียนบทความในนิตยสารเกี่ยวกับความสำเร็จในอนาคตของบริษัท เป็นต้น ซึ่งทำให้มีโอกาสที่จะพัฒนาต้นแบบให้มีความน่าพอใจมากขึ้นในอนาคต

Chakravarthy (2018) ได้กล่าวถึงประเมินการคิดเชิงออกแบบและคุณลักษณะทั้ง 4 ประการ ที่บ่งบอกการเป็นนักคิดด้านการออกแบบที่ดีไว้ดังนี้

1) รับรู้ถึงความต้องการของมนุษย์ นักคิดด้านการออกแบบที่ดีควรมีความรับผิดชอบในการพัฒนาบริการและกลยุทธ์ที่เป็นนวัตกรรมและให้ผลกำไร มีกรอบความคิดด้านการออกแบบมีความถนัดในการรับฟังความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่าง ๆ ของโครงการทั้งภายในและภายนอกองค์กร และแปลให้เป็นข้อมูลเชิงลึกที่ใช้งานได้ ผลลัพธ์ที่ได้คือการพัฒนาโซลูชันที่มีความหมายซึ่งดึงดูดผู้คนและบรรลุเป้าหมายทางธุรกิจ สิ่งนี้จะกลายเป็นพื้นฐานของการดำเนินธุรกิจที่ยั่งยืน

2) มีทักษะการทำงานร่วมกัน นักคิดด้านการออกแบบที่ดีควรมีทักษะในการใช้นวัตกรรมเพื่อสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการทำงานร่วมกันระหว่างบุคคลในองค์กร องค์กรในปัจจุบันต้องการผู้ที่สามารถเติมเต็มความต้องการของผู้รู้ทั่วไปได้ ซึ่งก็คือผู้ที่สามารถพูดและสื่อสารกับผู้ได้ ร่วมกันคิด ตัดสินใจ เพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และไอเดียใหม่ ๆ ขององค์กรได้

3) มีต้นแบบของกระบวนการวนซ้ำ จุดเด่นของวิธีการออกแบบคือกระบวนการของการทำงาน กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการใช้ความพยายามที่หลากหลายเพื่อเข้าถึงโซลูชันในขณะที่ทำการทดสอบและปรับปรุงแต่ละวิธีอย่างต่อเนื่อง ทางออกที่ดีที่สุดคือการแก้ปัญหา ตั้งคำถามถึงสภาพที่เป็นอยู่ นักคิดด้านการออกแบบที่ดีควรสามารถปรับกระบวนการเพื่อปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานหรือนวัตกรรม ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่หรือรูปแบบธุรกิจ ในโลกดิจิทัลที่ดำเนินไปอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน อุปสรรคในการสร้างและการทดสอบลดลงอย่างมาก ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ที่เชี่ยวชาญปรัชญาการออกแบบแบบวนซ้ำที่คล่องตัวนี้จะประสบความสำเร็จเร็วขึ้นกว่าผู้อื่น

4) เป็นผู้ที่มองเห็นอนาคต ทักษะและความชัดเจนของจินตนาการเป็นตัวกำหนดคุณภาพของเป้าหมาย ในโลกปัจจุบันที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีที่ขับเคลื่อนด้วยไฮเปอร์ของโซเชียลมีเดีย การระดมทุนจากฝูงชน และเศรษฐกิจการแบ่งปัน ธุรกิจต่าง ๆ อำนวยความสะดวกในการกำหนดนิยามใหม่ของการใช้ชีวิตของเรา องค์กรที่อยู่ในธุรกิจที่สร้างกระแสที่มีความหมายมากกว่าการปรับให้เข้ากับบรรทัดฐานยังคงมีความเกี่ยวข้องกับนักลงทุนและผู้คนที่พวกเขาให้บริการ ในขณะที่การวิจัยสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับอดีตและปัจจุบันได้ แต่ต้องใช้จินตนาการที่สร้างสรรค์และสร้างสรรค์เพื่อสร้างอนาคต นักคิดด้านการออกแบบที่ดีได้รับแรงบันดาลใจให้สร้างแนวคิดเกี่ยวกับสภาวะที่พึงประสงค์ในอนาคต และมีทักษะในการสื่อสารวิสัยทัศน์เหล่านั้นอย่างชัดเจน

กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เครื่องมือสำคัญของการสร้างความสำเร็จให้องค์กร (2562) ได้กล่าวถึงการประเมินการคิดเชิงออกแบบไว้ว่า กระบวนการคิดเชิงออกแบบจะทำให้เรามองเห็นวิธีการใหม่ ๆ ในการแก้ไขปัญหา สร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ตลอดจนสร้างนวัตกรรมตอบโจทย์ผู้บริโภคได้ ทำให้เรารู้จักมองปัญหาตลอดจนโจทย์ของการทำงานต่าง ๆ ได้รอบทิศและรอบคอบขึ้น ฝึกให้มีการคิดอย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอน และมีลำดับการบริหารจัดการที่ดีไม่ว่าจะนำไปใช้กับการปฏิบัติงานอย่างไรก็ตาม โดยสิ่งที่บ่งบอกว่าผู้นั้นมีกระบวนการการคิดเชิงออกแบบแล้วนั้น สามารถตรวจสอบได้จากข้อสรุปต่อไปนี้

1) มีกระบวนการแก้ไขปัญหาตลอดจนหาทางออกที่เป็นลำดับขั้นตอน กล่าวคือ มีกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มองอย่างรอบคอบและละเอียด ทำให้เราเข้าใจปัญหาได้อย่างถ่องแท้ และแก้ไขได้ตรงจุด

2) มีทางเลือกที่หลากหลาย กล่าวคือ การคิดบนพื้นฐานข้อมูลที่มีหลากหลายตลอดจนพยายามคิดหาวิถีทางหรือแชร์ไอเดียที่ดีออกมาหลากหลายรูปแบบ ทำให้เรามองเห็นอะไรรอบด้าน และมีตัวเลือกที่ดีที่สุดก่อนนำไปใช้แก้ปัญหาจริงหรือนำไปปฏิบัติจริง

3) มีตัวเลือกที่ดีและเหมาะสมที่สุด กล่าวคือ มีตัวเลือกที่หลากหลาย มีการคิดวิเคราะห์ ซึ่งทำให้สามารถเลือกทางเลือกที่ดีและเหมาะสมที่สุดได้ มีประสิทธิภาพ

4) มีความคิดสร้างสรรค์ กล่าวคือ การแชร์ไอเดียตลอดจนระดมความคิดนั้น จะทำให้สมองเราฝึกคิดหลากหลายรูปแบบ หลากหลายวิธีการ หลากหลายมุมมอง และทำให้เรารู้จักหาวิธีแปลก ๆ ใหม่ ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการฝึกความคิดสร้างสรรค์ที่ดีที่เป็นพื้นฐานที่ดีในการแก้ปัญหาตลอดจนการบริหารจัดการเช่นกัน

5) มีกระบวนการใหม่หรือมีนวัตกรรมใหม่ กล่าวคือ มีการคิดมากมายหลากหลายรูปแบบ ตลอดจนแชร์ไอเดียดี ๆ มากมาย การที่ได้พยายามฝึกคิดจะทำให้เรามักค้นพบวิธีใหม่ ๆ เสมอ หรือเกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ

6) มีแผนสำรองในการแก้ปัญหา กล่าวคือ การคิดที่หลากหลายวิธีนอกจากจะทำให้เราสามารถวิเคราะห์เลือกวิธีที่ดีที่สุดได้แล้วนั้น ยังทำให้มีตัวเลือกสำรองไปในตัวโดยผ่านกระบวนการลำดับความสำคัญมาเรียบร้อยแล้ว ทำให้สามารถเลือกใช้แก้ปัญหาได้ทันท่วงทีหากวิธีการที่เลือกไม่ประสบความสำเร็จ

7) มีการทำงานอย่างเป็นระบบ กล่าวคือ เมื่อถูกฝึกให้คิดอย่างเป็นระบบแบบแผนแล้วจะปลูกฝังระบบการทำงานที่ดี นั่นย่อมส่งผลให้มีการทำงานอย่างเป็นระบบ และทำงานได้มีประสิทธิภาพมากและเพิ่มศักยภาพให้กับบุคคลและทีมงาน

AdminP (2563) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีกระบวนการคิดเชิงออกแบบไว้ดังนี้

1) มีกระบวนการแก้ไขปัญหาตลอดจนหาทางออกที่เป็นลำดับขั้นตอน มองอย่างรอบคอบและใส่ใจรายละเอียด เข้าใจปัญหาได้อย่างถ่องแท้และแก้ไขได้ตรงจุด

2) มีทางเลือกที่หลากหลาย การคิดบนพื้นฐานข้อมูลที่มีหลากหลาย คิดหาวิถีทางหรือแชร์ไอเดียที่ดีออกมาหลากหลายรูปแบบ มีตัวเลือกที่ดีที่สุดก่อนนำไปใช้แก้ปัญหาจริงหรือนำไปปฏิบัติจริง

3) มีความคิดสร้างสรรค์ การแชร์ไอเดีย คิดหลากหลายรูปแบบ หลากหลายวิธีการ หลากหลายมุมมอง และทำให้รู้จักหาวิธีแปลก ๆ ใหม่ ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการฝึกความคิดสร้างสรรค์ที่ดี ที่เป็นพื้นฐานที่ดีในการแก้ปัญหา ตลอดจนการบริหารจัดการ

4) มีกระบวนการใหม่ ๆ หรือนวัตกรรมใหม่ ๆ คิดมากมายหลากหลายรูปแบบ ตลอดจนแชร์ไอเดียดี ๆ มากมาย การที่พยายามฝึกคิดมักค้นพบวิธีใหม่ ๆ เสมอหรือเกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ ขึ้นมาได้เช่นกัน

5) มีแผนสำรองในการแก้ปัญหา การคิดที่หลากหลายวิธีนอกจากจะทำให้สามารถวิเคราะห์เลือกวิธีที่ดีที่สุดได้แล้วนั้น ก็ยังทำให้มีตัวเลือกสำรองโดยผ่านกระบวนการลำดับ

ความสำคัญมาเรียบร้อยแล้ว ทำให้สามารถเลือกใช้แก้ปัญหาได้ทันท่วงทีหากวิธีการที่เลือกไม่ประสบความสำเร็จ

6) มีการทำงานอย่างเป็นระบบ คิดอย่างเป็นระบบแบบแผน ส่งผลให้เกิดระบบการทำงานที่ดี ส่งผลให้องค์กรมีการทำงานอย่างเป็นระบบ และทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย อีกทั้งยังเพิ่มศักยภาพให้กับบุคลากรและองค์กร

จากการศึกษาข้อมูลการประเมินการคิดเชิงออกแบบที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการประเมินการคิดเชิงออกแบบเป็นการประเมินลักษณะของบุคคลมีที่ทักษะ กระบวนการ และพฤติกรรมที่แสดงถึงการเป็นนักออกแบบ โดยสิ่งที่บ่งบอกว่าผู้นั้นเป็นนักออกแบบหรือมีกระบวนการการคิดเชิงออกแบบแล้วนั้น สามารถตรวจสอบได้จากข้อสรุปดังนี้

1) เป็นผู้ที่มีการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ โดยมีมนุษย์เป็นศูนย์กลาง

2) เป็นผู้เน้นการลงมือปฏิบัติและการเรียนรู้จากการทดลอง

3) มีลักษณะกระบวนการทำงานวนซ้ำจากการสร้างความเข้าใจมนุษย์

4) ใช้การคิดสร้างสรรค์ และมีการทดสอบกับผู้ใช้เพื่อเรียนรู้และลดข้อผิดพลาดหลาย ๆ ครั้ง เอื้อให้สามารถพัฒนาความคิดและทางออกใหม่ที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ เพิ่มโอกาสความสำเร็จของโครงการ

5) มุ่งส่งเสริมการทำงานร่วมกันของสมาชิกในทีมซึ่งมีพื้นฐานความรู้ความชำนาญในศาสตร์ที่แตกต่างหลากหลาย และเปลี่ยนขอบเขตของการใช้การคิดเชิงออกแบบซึ่งสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนไม่ว่าจะเป็นในศาสตร์ใดนอกจากการออกแบบผลิตภัณฑ์

จากศึกษาความหมาย องค์ประกอบ และการประเมินการคิดเชิงออกแบบจากนักวิชาการและนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เป็นแบบทดสอบการคิดเชิงออกขึ้นมา ซึ่งแบบทดสอบประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหา ข้อคำถาม และแบบประเมิน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการคิดเชิงออกแบบขึ้นมา ซึ่งสามารถดูรายละเอียดการสร้างและการหาคุณภาพของแบบทดสอบและเกณฑ์ประเมินการคิดเชิงออกแบบในบทที่ 3

จากการศึกษาข้อมูลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสตีมศึกษาที่อาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการดำเนินกิจกรรมและการคิดเชิงออกแบบ พบว่าทั้ง 2 กระบวนการนี้มีวัตถุประสงค์รูปแบบวิธีการ และขั้นตอนการดำเนินการที่เหมือนและสอดคล้องกัน ซึ่งมีแนวโน้มที่จะพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนให้ดีขึ้นได้ โดยแสดงความสัมพันธ์ของกระบวนการทั้ง 2 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวสตีมศึกกับการคิดเชิงออกแบบ

สตีมศึกษา		**การคิดเชิงออกแบบ**
1. ขั้นระบุปัญหา		1. Empathize
2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา		2. Define
3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา		3. Ideate
4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา		4. Prototype
5. ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน		5. Test
6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน		

บริบทของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) สังกัดสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม เปิดสอนทั้งระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตั้งอยู่ที่ กลุ่มอาคารเรียนมัธยม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เขตพื้นที่ขามเรียง ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

1. วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติ ให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

2. สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

ในการพัฒนานักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดสมรรถนะที่สำคัญ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

2.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์การคิด อย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

2.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น ต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

2.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

3. บริบทของห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5

ห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นห้องเรียนแผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ แบบปกติ มีนักเรียนทั้งหมด 36 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย

15 คน และนักเรียนหญิง 21 คน มีการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ทั้งหมด 80 ชั่วโมงต่อเทอม หรือ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ห้องเรียนมีลักษณะเป็นห้องสอบ โต๊ะและเก้าอี้จัดไว้ในลักษณะที่นั่งแบบการสอบ ได้รับการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์แบบบรรยายความรู้ ใช้วิธีการสอนแบบท่องจำสูตร บรรยายความรู้ และฝึกทำโจทย์ปัญหาเป็นหลัก ทำให้เด็กนักเรียนขาดโอกาสที่จะนำความรู้ทางด้านฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือการสร้างสรรค์นวัตกรรมต่าง ๆ จากการสังเกตห้องเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในการระบุประเด็นปัญหา การค้นคว้าหาข้อมูล การวางแผนแก้ปัญหา การสร้างชิ้นงานและการตรวจสอบชิ้นงาน กล่าวคือ นักเรียนส่วนใหญ่ขาดกระบวนการการคิดเชิงออกแบบนั่นเอง เนื่องจากไม่มีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการค้นคว้า การระบุปัญหา การทดลอง การออกแบบ การสังเคราะห์ชิ้นงานขึ้นมาเป็นรูปธรรมที่จะต้องอาศัยการคิดแบบเป็นเหตุเป็นผล การตัดสินใจ การวางแผน รวมไปถึงการพิจารณาไตร่ตรองรวบรวมข้อมูลและเลือกใช้อย่างถูกต้อง จากการนำเครื่องมือไปตรวจสอบพบว่า การคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 มีการคิดเชิงออกแบบต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 57 (โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม), 2563)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาหรือสะเต็มศึกษาที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงออกแบบทั้งในและต่างประเทศ พบว่า ยังไม่มีนักวิชาการหรือผู้วิจัยท่านใดทำการวิจัยหรือศึกษาเกี่ยวกับหัวข้อวิจัยดังกล่าว ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาหรือสะเต็มศึกษาที่ช่วยพัฒนาการคิดแก้ปัญหา เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่มีเกี่ยวข้องและมีความสอดคล้องมากที่สุด ซึ่งมีนักวิจัยทำการศึกษาไว้อย่างหลากหลายในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นในประเทศหรือต่างประเทศ ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างมาดังต่อไปนี้

งานวิจัยภายในประเทศ

นัสรินทร์ บือซา (2558) การวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีตอผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแกปญหาและความพึงพอใจตอการจัด การเรียนรูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5 กลุมตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 5/1 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร อำเภอเมือง จังหวัดปตตานี จำนวน 1 หองเรียน นักเรียน 39 คน ซึ่งได้จากวิธีสุมอย่างง่ายด้วยการจับสลาก (Simple Random Sampling) โดยใชเวลาในการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 18 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใชในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู

ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีขั้นตอนการเรียนรูแบบสืบเสาะหาความรู เรื่อง การสืบพันธุของพืชดอกและการเจริญเติบโต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัดความสามารถในการแกปญหา แบบวัดความพึงพอใจตอการจัดการเรียนรูแบบบันทึกภาคสนามและแบบสัมภาษณ์ ซึ่งดำเนินการทดลองแบบกลุมทดลองหนึ่งกลุม วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One group Pretest-Posttest Design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาคาเฉลี่ย สวนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบคาทีชนิดกลุมตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent group) ผลการวิจัยพบวา นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับตน ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแกปญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจตอการจัดการเรียนรูตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

ณัฐพล โยธาธิติกุล (2558) ได้วิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อเพิ่มการมีส่วนร่วมของนักเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องการเจริญเติบโตหลังการปฏิสนธิของพืชดอก กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 32 คน โดยให้นักเรียนรวมกลุ่มกันเพื่อเชื่อมโยงหลักการทางฟิสิกส์กับการเคลื่อนที่ของเมล็ดพืช ใช้โปรแกรมในการบันทึกและนำเสนอผลการทดลอง และใช้กระบวนการทางวิศวกรรมออกแบบเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาประเด็นที่สนใจแล้วทำการนำเสนอหน้าชั้นเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทุกคนมีบทบาทในกิจกรรมมากกว่าร้อยละ 80 และทำกิจกรรมออกไปตามความถนัดของตัวเอง และมีทักษะการออกแบบและแก้ปัญหาและเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบวก และมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในทุกด้าน

อโนดาษ์ รัชเวทย์ (2558) ได้วิจัยอุปกรณ์การกำจัดวัชพืชอนุรักษ์น้ำ โดยเครื่องมือในการทำวิจัยได้ใช้การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 คน นักเรียนได้ค้นพบปัญหาในชีวิตประจำวันของเกษตรที่ปลูกยางพารามีวัชพืช ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนออกแบบตามความคิดของนักเรียนเพื่อสร้างนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปญหาวัชพืชที่ขึ้นใกล้ต้นยางพาราได้ และสามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและ พลังงานทดแทน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพ E1/E2 โดยกำหนด เกณฑ์ไม่น้อยกว่า 70/70 และศึกษาประสิทธิผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

และการแก้ปัญหา ชุดกิจกรรมนี้ ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่าชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก จากนั้นนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 40 คน พบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม E1 /E2 เท่ากับ 76.25/74.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและ พลังงานทดแทน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธีรฎา ไชยเดช และคณะ (2559) การวิจัยนี้เป็นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนโดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ โดยกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 24 คน ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคแห่งหนึ่งในเขตภาคเหนือตอนล่าง ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 และเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและแบบสังเกตการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย 3 สมรรถนะหลัก ได้แก่ การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มวิเคราะห์ ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยประเมินตามเกณฑ์ที่สร้างขึ้นโดยปรับมาจากกรอบการประเมินสมรรถนะการ แก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015 โดยได้แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ ระดับกลาง และ ระดับสูง ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถ พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้ โดยนักเรียนร้อยละ 95.8 มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงหลังจากการจัดการเรียนรู้

อาทิตยา พูนเรือง (2559) กล่าวว่า งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง เอนไซม์ใน 3 หัวข้อ (เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โพรทิเนส และกรดโฟลิก) ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ที่เลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ 1) บทปฏิบัติการ (รวมทั้ง เรื่อง เอนไซม์แอมิเลส เอนไซม์โพรทิเนส และกรดโฟลิก) 2) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิทางการเรียน์ 4) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และ 5) แบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทีแบบกลุ่มที่ศึกษาที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p < .05$)

พิทักษ์ พิทธพนธ์ และคณะ (2561) การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 2) เพื่อประเมินผลของรูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนคือ 1) ขั้นตอนการสร้างสถานการณ์ปัญหา โดยใช้รูปแบบ P-T-PM-E (Physics-Technology-Physics and Mathematics-Engineering) และ 2) ขั้นตอนการสอน ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การระบุประเด็นปัญหา ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจตรวจสอบ ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผลเพื่อตัดสินใจเลือกสมมติฐาน ขั้นตอนที่ 5 การผลิตผลงาน และขั้นตอนที่ 6 การประเมินผลงานนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การวิจัยแบ่งได้ 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบการสอน กับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนกระบุรีวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 31 คน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ผลจากการศึกษานำมาใช้ปรับปรุงรูปแบบการสอนเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ระยะที่ 2 การประเมินผลรูปแบบการสอนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกระบุรีวิทยา จังหวัดระนอง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 รวม 80 คน โดยใช้แบบแผนศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยการสุ่มและวัดก่อน-หลังทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ (1) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (2) แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (3) แบบวัดความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรค ผลการวิจัย พบว่า 1) รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และ 2) ผลการประเมินด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

Chung (2014) ได้วิจัยเกี่ยวกับการเรียนแบบสะเต็มศึกษาผ่านการแข่งขันหุ่นยนต์ของผู้เรียนมัธยมปลาย โดยผู้เรียนจะต้องออกแบบหุ่นยนต์ที่มีการใช้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เป็นการออกแบบอิสระที่ไม่ซ้ำกัน ซึ่งผู้เรียนจะต้องแก้ปัญหาที่ไม่เคยเจอมาก่อนในวันแข่งขัน หลังจากจบการแข่งขันพบว่าผู้เรียนมีคะแนนคณิตศาสตร์หลังการแข่งขันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาช่วยเพิ่มศักยภาพในการคิดออกแบบและการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาได้

Anwari, (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมี วัตถุประสงค์ศึกษารูปแบบของการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะอภิปัญญา และตรวจสอบกิจกรรมอภิปัญญาในการเรียนแบบสะเต็มศึกษา จากผลการศึกษาพบว่าทักษะอภิปัญญาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในก่อนเรียนและหลังเรียน แต่อย่างไรก็ตามการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาช่วยดึงดูดความสนใจในกิจกรรมอภิปัญญา ดังนั้นการดำเนินรูปแบบตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะช่วยให้นักเรียนมีโอกาสเข้าใจถึงความสำคัญของการรวมกลุ่มแต่ละสาขาวิชามากขึ้น และเพิ่มความสนใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

Cox (2016) ได้ทำการศึกษาการใช้คณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธุศาสตร์ โดยเปรียบเทียบการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ และการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องมากจากนักเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการผสานความรู้จากหลายวิชาทำให้นักเรียนได้มีกระบวนการคิดและเข้าใจปัญหาได้มากยิ่งขึ้น

Mayasari (2016) ได้ทำการศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน “พลังงานทดแทน (พลังงานจากแสงอาทิตย์)” กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 29 คน ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (mixed methods) และประเมินระดับความคิดสร้างสรรค์โดยใช้ 4P ผลการวิจัยพบว่า ชิ้นงานที่ได้จากการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ และนักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ผลการวิจัยทั้งในและต่างประเทศของผู้วิจัยทุกท่านแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาหรือสตีมศึกษานั้น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ในการเรียนการสอน และส่งผลให้นักเรียนรู้จักการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอน ซึ่งนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ สำหรับการแก้ปัญหานั้น ๆ ผู้วิจัยเห็นถึงประโยชน์ในการเรียนการสอนตามแนวทางสตีมศึกษาที่สามารถช่วยให้นักเรียนมีการแก้ปัญหาหรือมีการคิดเชิงออกแบบเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาในการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยดังหัวข้อต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 ห้องแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ปกติ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ที่มีคะแนนการคิดเชิงออกแบบไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง คัดเลือกมาโดยการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบที่สร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามให้ครบองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้น โดยแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบมีทั้งหมด 6 ชุด แต่ละชุดจะมี 1 สถานการณ์ 5 ข้อคำถาม โดยใช้แบบทดสอบชุดที่ 1 และ 2 ในการหากลุ่มเป้าหมาย ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนนักเรียนที่ทดสอบแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบแยกเป็นขั้นตอน

ขั้นตอนการคิดเชิงออกแบบ	ผู้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70		ผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ขั้น Empathize	34	94.45	2	5.55
2. ขั้น Define	26	72.22	10	27.78
3. ขั้น Ideate	26	72.22	10	27.78
4. ขั้น Prototype	26	72.22	10	27.78
5. ขั้น Test	26	72.22	10	27.78

จากผลการทดสอบด้วยแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบดังกล่าวพบว่า นักเรียนมีปัญหาในทุกขั้นตอนของการคิดเชิงออกแบบ แต่ในส่วนของขั้น Empathize จะมีปัญหาน้อยที่สุด จึงสามารถสรุปได้ว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 ที่มีคะแนนการคิดเชิงออกแบบไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนทั้งสิ้น 10 คน จาก 36 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 57

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาเรื่อง งาน และพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 8 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมเวลาสอน 16 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาจะอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ในการดำเนินกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง งาน และพลังงาน ที่ใช้ในการวิจัยในแต่ละวงจรการปฏิบัติการมีดังต่อไปนี้

1.1 วงจรปฏิบัติการที่ 1

1.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 งานและพลังงานกล

1.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 กฎอนุรักษ์พลังงานกล

1.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การแก้ปัญหาสำหรับงาน พลังงาน (ตอนที่ 1)

1.1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การแก้ปัญหาสำหรับงาน พลังงาน (ตอนที่ 2)

1.2 วงจรปฏิบัติการที่ 2

1.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 กำลังและเครื่องกลอย่างง่าย

1.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ประสิทธิภาพของเครื่องกล

1.2.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 การแก้ปัญหาสำหรับเครื่องกลอย่างง่าย (ตอนที่ 1)

1.2.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 การแก้ปัญหาสำหรับเครื่องกลอย่างง่าย (ตอนที่ 2)

2. แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามให้ครบองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้น โดยแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบมีทั้งหมด 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์จะมี 5 ข้อคำถามย่อย คะแนนรวมชุดละ 20 คะแนน ให้คะแนนจากเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ โดยชุดที่ 1 คะแนนเต็ม 20 นะแนน ใช้ทดสอบเพื่อหากลุ่มเป้าหมาย ชุดที่ 2 คะแนนเต็ม 20 นะแนน ใช้ทดสอบหลังวงรอบที่ 1 และชุดที่ 3 คะแนนเต็ม 20 นะแนน ใช้ทดสอบหลังวงรอบที่ 2

3. แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ เป็นแบบสังเกตแบบปลายเปิดที่รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับบทบาทของนักเรียนในขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ โดยจะสังเกตพฤติกรรมตามองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้น สามารถสรุปเป็นภาพรวมตามหัวข้อการสังเกตดังนี้ 1) สังเกตการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา และ 2) สังเกตชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นว่ามีความแปลกใหม่ น่าสนใจ และสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่อย่างไร จากนั้นบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

1.2 ศึกษาเนื้อหาสาระสำคัญและผลการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาในการวิจัย หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 8 แผน ใช้เวลาแผนละ 2 ชั่วโมง

1.3 ศึกษาเนื้อหาสาระวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่	งานและพลังงานกล	งานทางฟิสิกส์ หมายถึง ผลที่เกิดจากแรงภายนอกมากระทำต่ออนุภาคหรือวัตถุ แล้วทำให้อนุภาคหรือวัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่	1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของงานและพลังงาน	2

10 และข้อที่ 11		ตามแนวแรงนั้น (แต่ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ แล้ววัตถุไม่เคลื่อนที่แรงที่มากระทำนั้นไม่ทำให้เกิดงาน) แต่ถ้าแรงที่กระทำมีทิศทางทำมุม θ กับแนวการเคลื่อนที่งานที่ทำโดยแรงนั้นจะมีค่า งานเป็นปริมาณสเกลาร์ พลังงานกลในทางฟิสิกส์หมายถึง พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่โดยตรงของวัตถุ โดยประกอบไปด้วย พลังงานจลน์ เป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่โดยวัตถุที่มีมวล m เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v จะพบว่าวัตถุดังกล่าวจะมีพลังงานจลน์ เท่ากับ ซึ่งพลังงานจลน์ของวัตถุใด ๆจะมีค่ามากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุ พลังงานศักย์ คือ พลังงานที่เกิดขึ้นเนื่องจากวัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่งจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่ง ขึ้นอยู่กับความสูงเทียบกับระดับอ้างอิง	กลได้ 2) นักเรียนสามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ 3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	
สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 12	กฎอนุรักษ์พลังงานกล	ถ้าปล่อยวัตถุจากที่สูงระดับหนึ่งให้ตกแบบอิสระตำแหน่งความสูงต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่ ความเร็วของวัตถุจะเปลี่ยน ทำให้ขณะที่ตกทั้งพลังงานจลน์และพลังงานศักย์โน้มถ่วงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาแต่พลังงานรวมจะมีค่าคงตัวทุกขณะ กล่าวได้ว่า การเคลื่อนที่แบบเสรีของวัตถุภายใต้สนามโน้มถ่วงของโลกโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำพลังงานกลของวัตถุ ณ ตำแหน่งใดก็ตามย่อมมีค่าคงเดิมเสมอ เมื่อวัตถุตกลงพลังงานศักย์โน้มถ่วงจะลดลงค่าที่ลดลงจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้นทุกขณะ	1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของกฎอนุรักษ์พลังงานกลได้ 2) นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาได้ 3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2

สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 10, 11 และ 12	การแก้ปัญหาสำหรับงานพลังงาน (ตอนที่ 1)	นำความรู้ เรื่อง งาน พลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกล ไปประยุกต์ใช้สำหรับการแก้ปัญหาในกิจกรรมรถไฟเหาะ ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของหลักการ กระบวนการ หรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมเพื่อนำไปใช้สำหรับการแก้ปัญหา	1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของงาน พลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกลได้ 2) นักเรียนสามารถระบุปัญหา ออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาได้ 3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 10, 11 และ 12	การแก้ปัญหาสำหรับงานพลังงาน (ตอนที่ 2)	นำความรู้ เรื่อง งาน พลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกล ไปประยุกต์ใช้สำหรับการแก้ปัญหาในกิจกรรมเครื่องกันการกระแทก ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของหลักการ กระบวนการ หรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมเพื่อนำไปใช้สำหรับการแก้ปัญหา	1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของงาน พลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกลได้ 2) นักเรียนสามารถระบุปัญหา ออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาได้ 3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 10 และ 13	กำลังและเครื่องกลอย่างง่าย	ในชีวิตประจำวันนั้นเรามักจะได้ยินคำว่ากำลังเสมอไม่ว่าจะเป็นกำลังทางไฟฟ้า กำลังของเครื่องจักร ต่าง ๆ หรือจะเป็นกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า ในทางฟิสิกส์กำลังเป็นปริมาณทางฟิสิกส์ที่บ่งบอกถึงปริมาณของงานที่วัตถุหนึ่ง ๆ ทำได้ในช่วงเวลาหนึ่งโดย	1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของกำลังและเครื่องกลอย่างง่ายได้ 2) นักเรียนสามารถระบุปัญหาจาก	2

		หาจากสมการ $P=\frac{W}{t}$ เมื่อ W คืองานที่ทำได้ และ t เวลา โดยกำลังมีหน่วยเป็นวัตต์ หรือจูลต่อวินาที เราสามารถใช้หลักการของงานหรือแม้แต่กฎอนุรักษ์ของพลังงานมาช่วยในการสร้างเครื่องผ่อนแรงให้ทำงานได้สะดวกมากขึ้น สังเกตได้จากเครื่องมือที่เป็นเครื่องกลต่าง ๆ ชีวิตประจำวันที่ถึงแม้จะไม่ได้ช่วยให้ได้งานมากกว่างานที่เราใส่ให้กับเครื่องกล เพราะงานจะมีค่าคงตัวจากกฎอนุรักษ์ แต่เครื่องกลต่าง ๆ สามารถผ่อนแรงได้โดยการอาศัยการได้เปรียบเชิงกล ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดของแรงที่ได้จากเครื่องกลต่อขนาดของแรงที่ให้กับเครื่องกล รอกหมายถึง เครื่องกลที่ช่วยผ่อนแรงหรืออำนวยความสะดวก หรือทั้งช่วยผ่อนแรงและอำนวยความสะดวก ลักษณะคล้ายล้อมีแกนหมุนได้รอบตัว ตรงขอบเป็นร่องเพื่อให้เส้นเชือก หรือลวดหมุนตามได้สะดวก ใช้สำหรับยกลากหรือดึงของหนักให้เบาแรงและรวดเร็วขึ้นรอก แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ 1. รอกเดี่ยวตายตัว 2. รอกเดี่ยวเคลื่อนที่ และ 3. รอกพวง	สถานการณ์ที่กำหนดได้ 3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	
สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 10 และ 13	ประสิทธิภาพของเครื่องกล	พลังงานมีการอนุรักษ์ จึงไม่มีการสูญหายไปไหนแต่สามารถเปลี่ยนรูปไปมาได้ สังเกตได้จากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่พบได้ในชีวิตประจำวัน จะมีการเปลี่ยนพลังงานจากพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล แต่การเปลี่ยนไปของพลังงานนี้พบว่าไม่สามารถเปลี่ยนไปได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เพราะมีการสูญเสียไปเป็น	1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของประสิทธิภาพของเครื่องกลได้ 2) นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อ	2

		พลังงานในรูปแบบที่ไม่ต้องการ ดังนั้นเราจะนำหลักการดังกล่าวไปประยุกต์กับกิจกรรมรอกเดี่ยวตายตัว	แก้ปัญหาได้ 3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	
สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 10 และ 13	การแก้ปัญหาสำหรับเครื่องกลอย่างง่าย (ตอนที่ 1)	นำความรู้ เรื่อง กำลัง เครื่องกลอย่างง่าย และประสิทธิภาพของเครื่องกล ไปประยุกต์ใช้สำหรับการแก้ปัญหาในกิจกรรมรอกเดี่ยวเคลื่อนที่และรอกพวก ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของหลักการ กระบวนการ หรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมเพื่อนำไปใช้สำหรับการแก้ปัญหา	1) นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานระบบรอกเดี่ยวเคลื่อนที่และรอกพวกได้ 2) นักเรียนสามารถระบุปัญหา ออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาได้ 3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 10 และ 13	การแก้ปัญหาสำหรับเครื่องกลอย่างง่าย (ตอนที่ 2)	นำความรู้ เรื่อง กำลัง เครื่องกลอย่างง่าย และประสิทธิภาพของเครื่องกล ไปประยุกต์ใช้สำหรับการแก้ปัญหาในกิจกรรมล้อและเพลา ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของหลักการ กระบวนการ หรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมเพื่อนำไปใช้สำหรับการแก้ปัญหา ล้อและเพลาเป็นเครื่องกลอีกประเภทที่ช่วยผ่อนแรงการทำงานได้ ประกอบไปด้วยวัตถุทรงกระบอก 2 ชิ้นติดกัน ชิ้นใหญ่เรียกว่า “ล้อ” ชิ้นเล็กเรียกว่า “เพลา” ใช้สายพานหรือเชือก 2 เส้น พันรอบล้อเส้นหนึ่ง ส่วนอีกเส้นหนึ่งพันรอบเพลา โดยพันไปคนละทาง ปลายข้างหนึ่งของเชือกที่พันรอบเพลาผูกติดกับวัตถุ	1) นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานระบบล้อและเพลาได้ 2) นักเรียนสามารถระบุปัญหา ออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาได้ 3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2

		ส่วนปลายข้างหนึ่งของเชือกที่พันรอบล้อซึ่งจะใช้สำหรับออกแรงดึง ตัวอย่างของเครื่องมือทุ่นแรงที่ใช้หลักการของล้อและเพลา เช่น พวงมาลัยรถยนต์ กว้านตักน้ำจากบ่อ กว้านสมอเรือ เป็นต้น		

1.4 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

1.5 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาในเนื้อหาของเรื่อง งาน และพลังงาน วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้มีความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และระยะเวลา

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา มาปรับปรุงแล้วพัฒนาต่อให้เป็นฉบับสมบูรณ์ตามคำแนะนำ โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้ปรับปรุงสถานการณ์ปัญหาให้สอดคล้องกับเนื้อหาฟิสิกส์และปรับสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้ง่ายยิ่งขึ้น

1.8 ดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพ เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

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

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเหมาะสม โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งหมด 5 ท่านดังต่อไปนี้

1.9.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ผศ.ดร.ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

1.9.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย ผศ.ดร.มานิตย์ อาษานอก คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

1.9.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย ผศ.ดร.มนตรี วงษ์สะพาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

1.9.4 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ที่บูรณาการกับสะเต็มศึกษา อาจารย์ ดร. ฉันชัย จันทะเสน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย มหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

1.9.5 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ นายสุนัย อิ่มอุรัง กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

1.10 นำคะแนนการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้จากการประเมินความเหมาะสม ของผู้เชี่ยวชาญมาเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ โดยเกณฑ์ที่ผ่าน อยู่ที่ระดับ 3.51-5.00 พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีระดับความเหมาะสมจากคะแนนการ ประเมินเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านแสดงดังตารางที่ 5 (บุญชม ศรีสะอาด, 2552)

ตารางที่ 5 ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	คะแนนเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
1	4.44	ความเหมาะสมในระดับมาก
2	4.44	ความเหมาะสมในระดับมาก
3	4.48	ความเหมาะสมในระดับมาก
4	4.48	ความเหมาะสมในระดับมาก
5	4.52	ความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
6	4.55	ความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
7	4.68	ความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
8	4.71	ความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการตรวจพิจารณาแล้ว และคำแนะนำจาก ผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข โดยปรับวัตถุประสงค์ของแผนการเรียรู้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของ งานวิจัย จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง

1.12 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาฉบับที่แก้ไขสมบูรณ์ไปใช้กับ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

2. แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ

แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบใช้ทดสอบหลังจากสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบ ใช้ในการประเมินการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนว่าเป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยมีขั้นตอนกระบวนการในการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาค้นคว้างานวิจัย และศึกษาความหมายและขั้นตอนการคิดเชิงออกแบบ โดยยึดหลักความหมายของการคิดเชิงออกแบบของ ศศิมา สุขสว่าง (ศศิมา สุขสว่าง, 2560) และยึดหลักขั้นตอนการคิดเชิงออกแบบของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด (Stanford d.school, 2016) เป็นหลักสำหรับการสร้างแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ

2.2 นำความหมายและขั้นตอนการคิดเชิงออกแบบมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เป็นข้อบ่งชี้การคิดเชิงออกแบบ ซึ่งรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6 ข้อบ่งชี้การคิดเชิงออกแบบในการวัดการคิดเชิงออกแบบ

ขั้นของการคิดเชิงออกแบบ	ข้อบ่งชี้ในแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ
1. ขั้น Empathize	นักเรียนสามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ว่ามีอะไรบ้าง อย่างไร
2. ขั้น Define	นักเรียนสามารถสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากขั้น Empathize และระบุว่าปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์คืออะไร
3. ขั้น Ideate	นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อแก้ไขปัญหาได้
4. ขั้น Prototype	นักเรียนสามารถนำข้อมูลจากขั้น Ideate มาสร้างแบบจำลองหรือชิ้นงานโดยการวาดแบบจำลองหรือภาพชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหา
5. ขั้น Test	นักเรียนสามารถทดสอบการแก้ปัญหา โดยเอาแบบจำลองหรือชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาทดสอบ โดยอธิบายหลักการทำงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

2.3 นำข้อบ่งชี้การคิดเชิงออกแบบมาสร้างแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งมีทั้งหมด 3 ชุด โดยแต่ละชุดจะมีสถานการณ์ปัญหาที่ต่างกันในแต่ละชุด แต่ข้อคำถามและเกณฑ์การประเมินจะใช้ข้อคำถามและเกณฑ์การประเมินเหมือนกันทั้ง 3 ชุด โดยมีรายละเอียดของแบบทดสอบดังนี้

1) สถานการณ์ปัญหาของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ ลักษณะของสถานการณ์จะบังคับให้นักเรียนระบุปัญหาและเป็นผู้สร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อนำไปใช้ในแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

2) ข้อคำถามของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ มีจำนวน 5 ข้อ ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในแบบทดสอบตามองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้น

3) เกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ เป็นเกณฑ์การประเมินแบบรูบริคส์ โดยนำคำตอบที่นักเรียนเขียนในแบบทดสอบมาเทียบกับเกณฑ์การประเมินและให้คะแนน 0, 1 และ 2 ตามลำดับ โดยเกณฑ์การประเมินสร้างจากความหมายและขั้นตอนของการคิดเชิงออกแบบ และมีรายละเอียดของเกณฑ์การประเมินดังในภาคผนวก ข

2.4 นำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของสถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ โดยมีข้อเสนอแนะให้แก้ไขสถานการณ์ปัญหาให้สอดคล้องกับบริบทและชีวิตประจำวันของนักเรียนมากขึ้น

2.5 นำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบจำนวน 3 ชุด ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ ข้อคำถาม และเกณฑ์การประเมินของแบบการคิดเชิงออกแบบที่สร้างขึ้น ไปหาความเหมาะสมของแบบทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

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

เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเหมาะสม โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งหมด 3 ท่านดังต่อไปนี้

2.4.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ผศ.ดร.ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2.4.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย ผศ.ดร.มานิตย์ อาษานอก คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2.4.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย ผศ.ดร.มนตรี วงษ์สะพาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2.5 นำคะแนนการประเมินแบบทดสอบจากการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญมาเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ โดยเกณฑ์ที่ผ่านอยู่ที่

ระดับ 3.51-5.00 พบว่าแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบที่สร้างขึ้นมีระดับความเหมาะสมจากคะแนนการประเมินเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน แสดงดังตารางที่ 7 และ 8 (บุญชม ศรีสะอาด, 2552)

ตารางที่ 7 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบในส่วนของสถานการณ์ปัญหา

สถานการณ์ปัญหาในแบบทดสอบชุดที่	คะแนน	ระดับความเหมาะสม
1	4.43	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
2	4.43	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
3	4.43	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	4.43	

ตารางที่ 8 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบในส่วนของข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบ

รายการประเมิน	เฉลี่ยคะแนน	ระดับความเหมาะสม
ข้อคำถาม	5.00	ความเหมาะสมในระดับดีมากที่สุด
เกณฑ์การให้คะแนน	4.67	ความเหมาะสมในระดับดีมากที่สุด

2.6 นำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบที่ได้รับการตรวจพิจารณาแล้ว มาปรับปรุงแก้ไข ให้ถูกต้อง เหมาะสม เรื่องเกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ โดยปรับคำบรรยายของเกณฑ์การประเมินให้กระชับ ครอบคลุม ให้สามารถให้คะแนนได้ง่ายมากขึ้น จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง

2.7 นำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบฉบับที่แก้ไขสมบูรณ์ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

3. แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับบทบาทของนักเรียนในขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบสังเกตแบบปลายเปิด เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปสะท้อนผลหลังจากการจัดการเรียนรู้ และใช้สังเกตพฤติกรรมนักเรียนที่มีผลการประเมินไม่ผ่านการประเมิน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน และศึกษาประเด็นเกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบที่ผู้วิจัยต้องการสังเกตตามขั้นของการคิดเชิงออกแบบ ดังนี้

1) ขั้น Empathize
2) ขั้น Define
3) ขั้น Ideate
4) ขั้น Prototype
5) ขั้น Test

3.2 วิเคราะห์พฤติกรรมบ่งชี้ที่นักเรียนจะแสดงออกถึงการคิดเชิงออกแบบและจัดทำแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน ดังนี้

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ เป็นแบบสังเกตแบบปลายเปิดที่รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับบทบาทของนักเรียนในขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ โดยจะสังเกตพฤติกรรมตามองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้น จากนั้นนำขั้นตอนการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้น มาสรุปเป็นภาพรวมในการสังเกตตามหัวข้อการสังเกตดังนี้

3.2.1 สังเกตการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา หรือสังเกตขั้น Empathize ขั้น Define และขั้น Ideate บางส่วน โดยบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา

3.2.2 สังเกตชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นว่ามีความแปลกใหม่ น่าสนใจ และสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่อย่างไร หรือสังเกตขั้น Ideate บางส่วน ขั้น Prototype และขั้น Test โดยบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา

3.3 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ โดยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมคือปรับข้อความให้กระชับและสื่อถึงพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนให้ครบทุกด้าน

3.4 นำแบบสังเกตพฤติกรรมเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาในการตรวจสอบ

3.5 นำคะแนนการประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบจากการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญมาเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ โดยเกณฑ์ที่ผ่านอยู่ที่ระดับ 3.51 - 5.00 ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

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

พบว่าแบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบที่สร้างขึ้นมีระดับความเหมาะสมจากคะแนนการประเมินเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านแสดงดังตารางที่ 9 (บุญชม ศรีสะอาด, 2552)

ตารางที่ 9 ระดับความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน

รายการประเมิน	ผลการประเมิน					รวม	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สังเกตการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา	4	5	5	5	4	23	4.60	เหมาะสมมากมากที่สุด
2. สังเกตชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นว่ามีความแปลกใหม่ น่าสนใจ และสามาร แก้ปัญหาได้หรือไม่อย่างไร โดยบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดออกมา	5	5	4	5	5	24	4.80	เหมาะสมมากมากที่สุด

3.6 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบที่ได้รับการตรวจพิจารณาแล้ว มาปรับปรุงความถูกต้องของคำและภาษา โดยปรับคำบรรยายให้ประชับและแก้ไขคำที่เขียนผิด จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง

3.7 จัดพิมพ์แบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนฉบับจริงและนำไปใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งในการวิจัยต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีวิจัยแบบ การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวทางของเคมมิสและแมคทาการ์ด (Kemmis and McTaggart) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) ซึ่งดำเนินการทั้งสิ้น 2 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยมีตารางแผนปฏิบัติงานดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แผนปฏิบัติงานในวงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนที่	รูปแบบกิจกรรม	เครื่องมือวัด	วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	การวิเคราะห์ข้อมูล
1	นักเรียนศึกษาสถานณ์ที่กำหนดให้เพื่อระบุปัญหา จากนั้นศึกษาเนื้อหาเรื่องงานและพลังงานกลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา (กิจกรรมบันจี้จัมพ์)	แบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบ	สังเกต	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ
2	นักเรียนศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมเรื่องกฎอนุรักษ์พลังงานกล เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา จากนั้นวางแผนออกแบบ สร้างชิ้นงาน ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาของชิ้นงาน (กิจกรรมบันจี้จัมพ์)	แบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบ	สังเกต	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ
3	นักเรียนศึกษาสถานณ์ที่กำหนดให้เพื่อระบุปัญหา จากนั้นศึกษาเนื้อหาเรื่องงานพลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกลเพื่อนำไปประยุกต์	แบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบ	สังเกต	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

	ใช้ในการวางแผน ออกแบบ สร้างชิ้นงาน ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาของชิ้นงาน (กิจกรรมรถไฟเหาะ)			
4	นักเรียนศึกษาสถานณ์ที่กำหนดให้เพื่อระบุปัญหา จากนั้นศึกษาเนื้อหาเรื่องงาน พลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกล เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผน ออกแบบ สร้างชิ้นงาน ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาของชิ้นงาน(กิจกรรมเครื่องกันการกระแทก)	แบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบ	สังเกต	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ
หลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 1		แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ	การทำแบบทดสอบ	วิเคราะห์การคิดเชิงออกแบบจากแบบทดสอบ

ในการดำเนินการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ขั้นวางแผน (Plan)

1.1.1 สำรวจสภาพปัญหาของนักเรียน รวมถึงสภาพสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โดยสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูผู้สอน การสัมภาษณ์ครูผู้สอน และทำการทดสอบการคิดเชิงออกแบบเพื่อหากลุ่มเป้าหมายในการทำวิจัย

1.1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับการคิดเชิงออกแบบ การสร้างเครื่องมือวิจัย และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

1.1.3 สร้างเครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ และแบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบ

1.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษากับกลุ่มเป้าหมาย (จัดการเรียนรู้ในห้องเรียนปกติ) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้ จัดกลุ่มนักเรียนแบบคละ

ความสามารถแผนการเรียนรู้ที่ 1 จัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พร้อมทั้งให้นักเรียนทำการระบุปัญหา ทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา และร่วมกันค้นหาความรู้ที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหา แผนการเรียนรู้ที่ 2 จัดกิจกรรมการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ และวิศวกรรมศาสตร์ นักเรียนทำการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบและสร้างชิ้นงาน และวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา จากการระบุปัญหา การทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา การร่วมกันค้นหาความรู้ที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาจากแผนการเรียนรู้ที่ผ่านมา การนำชิ้นงานมาทดลอง ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา แผนการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 จัดกิจกรรมการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ และวิศวกรรมศาสตร์ นักเรียนทำการระบุปัญหา ทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา และร่วมกันค้นหาความรู้ที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหา จากนั้นทำการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบและสร้างชิ้นงาน และวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา จากการระบุปัญหา การทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา การร่วมกันค้นหาความรู้ที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาจากแผนการเรียนรู้ที่ผ่านมา การนำชิ้นงานมาทดลอง ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

1.3 ขั้นสังเกต (Observe)

1.3.1 สังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบจากแบบสังเกตที่สร้างขึ้นในขณะทำกิจกรรมแต่ละแผนการเรียนรู้

1.3.2 นำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทุกแผนในวงรอบที่ 1

1.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมาในด้านปริมาณและคุณภาพ เพื่อประเมินผลและตรวจสอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงกระบวนการวิจัยพบว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ หากไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ จะต้องหาแนวทางเพื่อให้ได้แนวทางการพัฒนาปรับปรุง จากการสังเกต หรือบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผน เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการดำเนินการวิจัยในวงรอบที่ 2 ต่อไป

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5, 6, 7 และ 8 โดยมีตารางแผนปฏิบัติงานดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แผนปฏิบัติงานในวงจรปฏิบัติการที่ 2

แผนที่	รูปแบบกิจกรรม	เครื่องมือวัด	วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	การวิเคราะห์ข้อมูล
5	นักเรียนศึกษาสถานณ์ที่กำหนดให้เพื่อระบุปัญหา จากนั้นศึกษาเนื้อหาเรื่องงานและพลังงานกลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา (กิจกรรมรอกเดี่ยวตายตัว)	แบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบ	สังเกต	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ
6	นักเรียนศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมเรื่องกฎอนุรักษ์พลังงานกล เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา จากนั้นวางแผนออกแบบ สร้างชิ้นงาน ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาของชิ้นงาน (กิจกรรมรอกเดี่ยวตายตัว)	แบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบ	สังเกต	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ
7	นักเรียนศึกษาสถานณ์ที่กำหนดให้เพื่อระบุปัญหา จากนั้นศึกษาเนื้อหาเรื่องงานพลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผน ออกแบบ สร้างชิ้นงาน ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาของชิ้นงาน (กิจกรรมรอกเดี่ยวเคลื่อนที่และรอกพวก)	แบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบ	สังเกต	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ
8	นักเรียนศึกษาสถานณ์ที่กำหนดให้เพื่อระบุปัญหา จากนั้นศึกษาเนื้อหาเรื่องงานพลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกลเพื่อนำไปประยุกต์ ใช้ในการวางแผนออกแบบ สร้างชิ้นงาน ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหา	แบบสังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบ	สังเกต	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

	ของชิ้นงาน (กิจกรรมล้อและเพลา)			
หลังจบวงรอบที่ 2		แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ	การทำแบบทดสอบ	วิเคราะห์การคิดเชิงออกแบบจากแบบทดสอบ

ในการดำเนินการวิจัยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ขั้นวางแผน (Plan)

ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้จากการสังเกต และการวิเคราะห์ปัญหาจากวงรอบที่ 1 โดยเน้นกิจกรรมที่พัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนในด้านที่ต่ำที่สุดจากข้อมูลในวงรอบที่แล้ว และสร้างเครื่องมือวิจัยที่จะใช้ในวงรอบที่ 2 ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

2.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษากับกลุ่มเป้าหมาย (จัดการเรียนรู้ในห้องเรียนปกติ) ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังนี้ จัดกลุ่มนักเรียนแบบคละความสามารถ โดยแผนการเรียนรู้ที่ 5 จัดการเรียนรู้ให้มีการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พร้อมทั้งให้นักเรียนทำการระบุปัญหา ทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา และร่วมกันค้นหาความรู้ที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหา โดนเน้นการฝึกให้นักเรียนตีความของข้อมูล ฝึกการวิเคราะห์สังเคราะห์ข้อมูล และฝึกสรุปประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ ในแผนการเรียนรู้ที่ 6 จัดกิจกรรมการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ และวิศวกรรมศาสตร์ นักเรียนทำการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบและสร้างชิ้นงาน และวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา จากการระบุปัญหา การทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา การร่วมกันค้นหาความรู้ที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาจากแผนการเรียนรู้ที่ผ่านมา การนำชิ้นงานมาทดลอง ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา โดยเน้นวิธีการออกแบบ การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา จากให้นักเรียนศึกษาโดยการจัดกิจกรรมในลักษณะเดิม แต่เพิ่มเติมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการออกแบบและวางแผน และหาวิดิทัศน์ที่เกี่ยวกับการออกแบบและวางแผนการสร้างชิ้นที่มีความแปลก ทันสมัย สำหรับการแก้ปัญหา ให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ และน่าสนใจ แผนการเรียนรู้ที่ 7 และ 8 จัดกิจกรรมการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ และวิศวกรรมศาสตร์

นักเรียนทำการระบุปัญหา ทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา และร่วมกันค้นหาความรู้ที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหา จากนั้นทำการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบและสร้างชิ้นงาน และวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา จากการระบุปัญหา การทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา การร่วมกันค้นหาความรู้ที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาจากแผนการเรียนรู้ที่ผ่านมา การนำชิ้นงานมาทดลอง ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จะเน้นเรื่องการออกแบบ วางแผน และการสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่ใช้การแก้ปัญหาให้กับนักเรียน

2.3 ขั้นสังเกต (Observe)

2.3.1 สังเกตพฤติกรรมการการคิดเชิงออกแบบจากแบบสังเกตที่สร้างขึ้นในขณะทำกิจกรรมแต่ละแผนการเรียนรู้

2.3.2 นำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ ทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทุกแผนในวงรอบที่ 2

2.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมาในด้านปริมาณและคุณภาพ จากนั้นทำการวิเคราะห์และประเมินผลเพื่อประเมินผลการคิดเชิงออกแบบของกลุ่มเป้าหมายว่าผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ผู้วิจัยตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ โดยประเมินจากแบบทดสอบที่นักเรียนทำ โดยให้คะแนนนักเรียนแต่ละคนจากเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงออกแบบ จากนั้นใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย เพื่อวิเคราะห์ว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ วิเคราะห์ข้อมูลหลังจบแต่ละวงจรปฏิบัติการ

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ โดยเก็บข้อมูลจากพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมาขณะทำกิจกรรมและบันทึกไว้ หลังจบแต่ละวงจรปฏิบัติการทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกไว้ ว่าสอดคล้องและเป็นไปตามองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบหรือไม่ อย่างไร และสอดคล้องกับข้อมูลเชิงปริมาณหรือไม่ อย่างไร

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

การประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ

ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

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

2. สถิติพื้นฐาน

2.1 ร้อยละ (Percentage)

สูตร $p = \frac{f \times 100}{n}$

เมื่อ p คือ ค่าร้อยละ

f คือ ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

n คือ จำนวนความถี่ทั้งหมด

2.2 ค่าเฉลี่ย (Mean)

ค่าเฉลี่ยหมายถึง การหารผลรวมของข้อมูลทั้งหมดด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum X$ คือ ผลบวกของข้อมูลทุกค่า

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง งาน และพลังงาน โดยผู้วิจัยได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดมุ่งหมายของงานวิจัยดังนี้

ผลการดำเนินการ

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบ เทคนิคและวิธีสอนต่าง ๆ ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีวิจัยแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวทางของเคมมิสและแมคทาการ์ด (Kemmis and McTaggart) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) ซึ่งดำเนินการทั้งสิ้น 2 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่ วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1, 2, 3 และ 4 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผน ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5, 6, 7 และ 8 นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 10 คน ได้ทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ จำนวน 2 วงรอบ โดยมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน ในแต่ละวงรอบ ได้ผลตารางที่ 12

ตารางที่ 12 คะแนนรวมการคิดเชิงออกแบบของกลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนคนที่	การคิดเชิงออกแบบ					
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	คะแนน (เต็ม 20)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนน (เต็ม 20)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
1	12	60	ไม่ผ่าน	14	70	ผ่าน
2	14	70	ผ่าน	20	100	ผ่าน
3	12	60	ไม่ผ่าน	16	80	ผ่าน
4	12	60	ไม่ผ่าน	16	80	ผ่าน
5	12	60	ไม่ผ่าน	20	100	ผ่าน

6	14	70	ผ่าน	16	80	ผ่าน
7	14	70	ผ่าน	16	80	ผ่าน
8	12	60	ไม่ผ่าน	18	90	ผ่าน
9	16	80	ผ่าน	20	100	ผ่าน
10	16	80	ผ่าน	16	80	ผ่าน
$\bar{X}$	13.4	67	ไม่ผ่าน	17.2	86	ผ่าน
สรุป	ผ่าน 5 คน จาก 10 คน			ผ่าน 10 คน จาก 10 คน		

จากตารางที่ 12 พบว่า

วงจรปฏิบัติการที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 13.4 คิดเป็นร้อยละ 67 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และมีนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของนักเรียนทั้งหมด 10 คน

วงจรปฏิบัติการที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ที่ 17.2 คิดเป็นร้อยละ 86 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 100 และมีนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0 ของนักเรียนทั้งหมด 10 คน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละวงจรปฏิบัติการ

งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของกลุ่มเป้าหมายทั้งสิ้น 10 คน และนำเสนอผลการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบเป็นวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

1.1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยได้วางแผนพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยดำเนินการดังนี้

1.1.1 วิเคราะห์ข้อมูลการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากผลการทดสอบ โดยใช้แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ พบว่ามีนักเรียนจำนวน 10 คน ที่มีเกณฑ์ควรปรับปรุง

1.1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับการคิดเชิงออกแบบ การสร้างเครื่องมือวิจัย และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

1.1.3 ดำเนินการสร้างเครื่องมือในการวิจัยเพื่อทำการจัดกิจกรรมและเก็บข้อมูล ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ และ

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ วิธีการสร้างและตรวจสอบเครื่องมือสามารถดูรายละเอียดได้ในบทที่ 3

1.2 ขั้นปฏิบัติการเรียนการสอน (Act) ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มให้นักเรียนทั้งห้อง กลุ่มละ 5 - 6 คน โดยจัดให้กลุ่มเป้าหมายแต่ละคนเข้าไปแทรกในกลุ่มของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จากนั้นจัดกิจกรรมตามแผนที่วางไว้ เริ่มจากเปิดวิดีทัศน์ให้นักเรียนศึกษาและตั้งคำถามให้นักเรียนตอบเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การระบุปัญหา จากนั้นพานักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาโดยการออกแบบและสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรม และนำชิ้นงานมาทดสอบเพื่อวิเคราะห์ผลที่ได้ว่าเป็นอย่างไร ควรปรับปรุงส่วนใดบ้าง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา โดยผู้สอนจะเน้นตั้งคำถามไปที่นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนเรียนรู้และพัฒนากระบวนการการคิดเชิงออกแบบเพิ่มขึ้น และสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายแต่ละคนขณะทำกิจกรรมและบันทึกไว้ หลังจากจบวงจรปฏิบัติที่ 1 ผู้วิจัยให้นักเรียนทั้งห้องจัดโต๊ะสอบและนำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบไปทดสอบกับนักเรียนทั้งห้องและคัดเลือกนำเอาแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมาวิเคราะห์ผลต่อไป

1.3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 - 4 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 ผู้วิจัยนำเอาพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนที่สังเกตได้ และผลจากการบันทึกหลังแผนการเรียนรู้มาวิเคราะห์เพื่อหาปัญหา ผลที่ได้แสดงดังนี้

1) สังเกตการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา พบว่า ขั้น Empathize นักเรียนสามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้และมีความหลากหลาย หรืออธิบายรายละเอียดของปัญหาได้ครบถ้วน ส่วนขั้น Define นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหาตามความต้องของสถานการณ์ได้ แต่ยังไม่ชัดเจน ไม่มีความกระชับ หรือเจาะประเด็นปัญหาของสถานการณ์ได้ยังไม่ชัดเจน จึงส่งผลต่อขั้น Ideate คือ การออกแบบและวางแผนเพื่อแก้ปัญหายังไม่ตอบโจทย์หรือยังไม่สามารถแก้ปัญหาของของสถานการณ์ตรงจุด

2) สังเกตชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นว่ามีความแปลกใหม่ น่าสนใจ และสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่อย่างไร พบว่า ขั้น Ideate นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ แต่ยังขาดการออกแบบและวางแผนในการสร้างชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ หรือน่าใสนใจ จึงส่งผลไปยังขั้น Prototype คือ ชิ้นงานของนักเรียนยังไม่มีความแปลกใหม่ หรือยังไม่น่าสนใจ ทำให้การแก้ปัญหายังไม่ตอบโจทย์ของสถานการณ์ในขั้น Test อีกด้วย

1.3.2 จากการใช้แบบทดสอบเพื่อทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบเฉลี่ยเท่ากับ 13.4 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นแนนเฉลี่ยร้อยละ 67 และมีนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นคิดร้อยละ 50 และมีนักเรียนที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นคิดร้อยละ 50 จากนักเรียน 10 คน

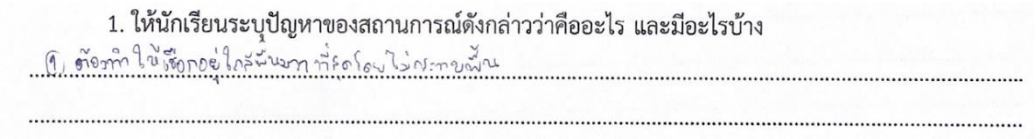
นอกจากนี้ในการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบซึ่งมีองค์ประกอบ 5 ขั้น พบว่า นักเรียนมีคะแนนในแต่ละขั้นของการคิดเชิงออกแบบแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คะแนนแต่ละขั้นของการคิดเชิงออกแบบของกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1

นักเรียนคนที่	การคิดเชิงออกแบบ					คะแนนรวม (เต็ม 20)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
	ขั้น Empathize คะแนน (เต็ม 4)	ขั้น Define คะแนน (เต็ม 4)	ขั้น Ideate คะแนน (เต็ม 4)	ขั้น Prototype คะแนน (เต็ม 4)	ขั้น Test คะแนน (เต็ม 4)			
1	4	2	2	2	2	12	60	ไม่ผ่าน
2	4	4	2	2	2	14	70	ผ่าน
3	4	2	2	2	2	12	60	ไม่ผ่าน
4	4	2	2	2	2	12	60	ไม่ผ่าน
5	4	2	2	2	2	12	60	ไม่ผ่าน
6	4	4	2	2	2	14	70	ผ่าน
7	4	2	2	2	4	14	70	ผ่าน
8	4	2	2	2	2	12	60	ไม่ผ่าน
9	4	4	2	2	4	16	80	ผ่าน
10	4	4	2	2	4	16	80	ผ่าน
$\overline{X}$	4.0	2.8	2.0	2.0	2.6	13.4	67	ไม่ผ่าน
%	100	70	50	50	65			

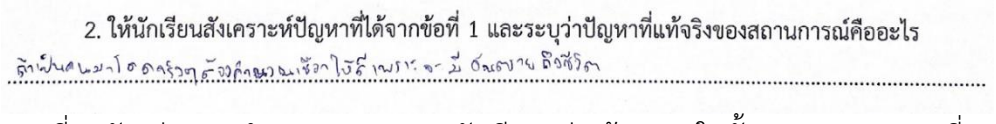
จากตารางที่ 13 พบว่า คะแนนการคิดเชิงออกแบบในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ ขั้น Empathize และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดคือ ขั้น Ideate และขั้น Prototype จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบที่นักเรียนเขียนคำตอบมา ข้อมูลเชิงปริมาณ (คะแนนจากแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ) และข้อมูลเชิงคุณภาพ (ข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ) ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้น Empathize นักเรียนสามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้และมีความหลากหลายหรืออธิบายรายละเอียดของปัญหาได้ครบถ้วน โดยสังเกตได้จากการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังภาพที่ 6



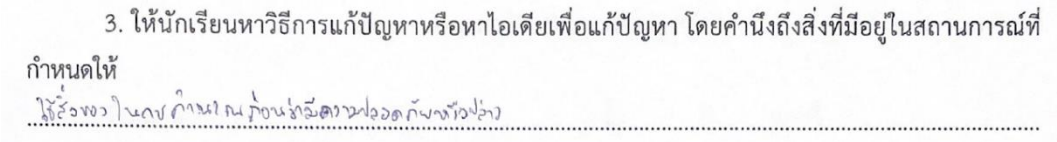
ภาพที่ 6 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Empathize (วงรอบที่ 1)

2) ขั้น Define นักเรียนสามารถสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากขั้น Empathize นักเรียนสามารถระบุปัญหาตามความต้องของสถานการณ์ได้ แต่ยังไม่ชัดเจน และไม่มีความกระชับ และพบว่านักเรียนนำคำตอบคำในขั้น Empathize มาเขียนซ้ำ โดยไม่มีการไตร่ตรอง วิเคราะห์และสังเคราะห์ก่อนเขียนคำตอบ โดยสังเกตได้จากการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังภาพที่ 7



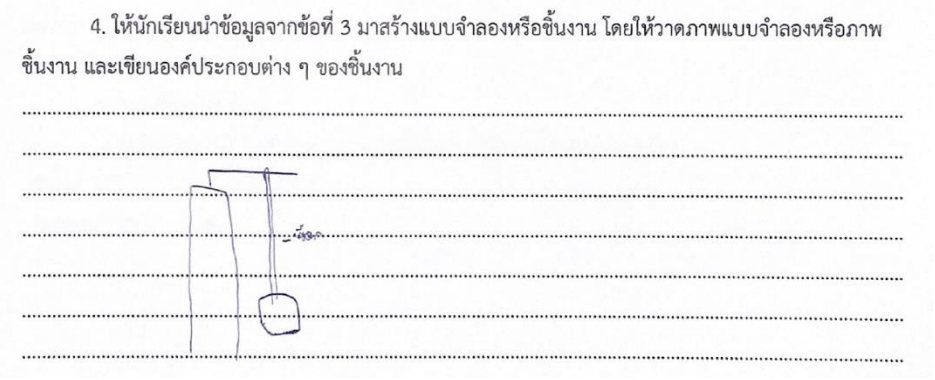
ภาพที่ 7 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Define (วงรอบที่ 1)

3) ขั้น Ideate นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาโดยการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ แต่ยังขาดการเขียนอธิบายวิธีการออกแบบและวางแผนเพื่อแก้ปัญหาให้เข้าได้ง่าย โดยสังเกตได้จากการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังภาพที่ 8



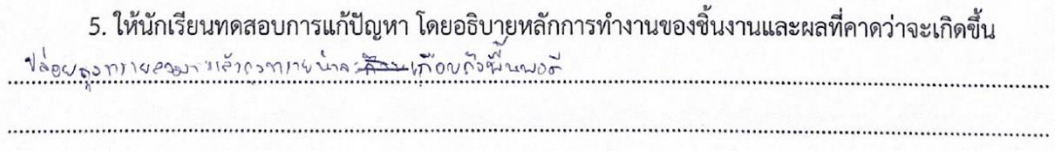
ภาพที่ 8 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Ideate (วงรอบที่ 1)

4) ขั้น Prototype นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานโดยวาดภาพและเขียนองค์ประต่าง ๆ ของชิ้นงานได้ และเป็นไปตามแนวทางการแก้ปัญหาในขั้น Ideate แต่การวาดภาพชิ้นงานตามขั้น Ideate ส่งผลให้ชิ้นงานของนักเรียนยังไม่มีความแปลกใหม่ หรือน่าสนใจ โดยสังเกตได้จากการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Prototype (วงรอบที่ 1)

5) ขั้น Test นักเรียนสามารถทดสอบการแก้ปัญหา โดยเขียนอธิบายหลักการทำงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่มีแนวโน้มที่จะสามารถแก้ปัญหาได้จริง และการแก้ปัญหายังไม่ตอบโจทย์ของสถานการณ์ เป็นผลมาจากขั้น Define และ Ideate ผู้วิจัยได้แนบหลักสนับสนุนไว้ในภาคผนวก ค ตัวอย่างผลงานของนักเรียน โดยสังเกตได้จากการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Test (วงรอบที่ 1)

1.4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากศึกษาแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ แบบบันทึกหลังแผนการสอน และการวิเคราะห์ข้อมูลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อนำไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข
1) นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบเฉลี่ยโดยรวมไม่ผ่านเกณฑ์ และมีคะแนนเฉลี่ยขั้น Ideate ขั้น Prototype และขั้น	1) ผู้สอนพัฒนากิจกรรมสตีมศึกษาในขั้นระบุปัญหา โดยฝึกกระบวนและทักษะการตีความหมาย การวิเคราะห์ และการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปสู่การสรุปประเด็นปัญหาให้กับนักเรียน

Test ยังไม่ผ่านเกณฑ์ 2) นักเรียนขาดการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลของสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การระบุปัญหา และขาดกระบวนออกแบบ วางแผน และการสร้างชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่และน่าสนใจ	2) ผู้สอนพัฒนากิจกรรมสตีมศึกษาในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา โดยการจัดกิจกรรมในลักษณะเดิม แต่เพิ่มการฝึกกระบวนการออกแบบและวางแผนให้กับนักเรียนโดยการหาวิดิทัศน์ที่เกี่ยวกับการออกแบบและวางแผน การสร้างชิ้นที่มีความแปลกใหม่ ทันสมัย และน่าสนใจ ให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานของตนเองให้มีความแปลกใหม่ และน่าสนใจ

วงจรปฏิบัติการที่ 2

2.1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยได้วางแผนพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยดำเนินการดังนี้

2.1.1 วิเคราะห์ข้อมูลการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากผลการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ พบว่ามีนักเรียนจำนวน 5 คน มีปัญหาที่ควรปรับปรุงดังนี้

1) นักเรียนขาดการวิเคราะห์และสังเคราะห์สถานการณ์เพื่อระบุปัญหาตามความต้องของสถานการณ์

2) นักเรียนขาดกระบวนการการออกแบบและการวางแผนเพื่อแก้ปัญหา และการสร้างชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ และน่าสนใจ

จากที่กล่าวมา สามารถสรุปปัญหาที่นักเรียนกลุ่มเป้าหมายควรปรับปรุงในเชิงของกระบวนการการคิดเชิงออกแบบ ดังนี้ 1) ขั้น Define นักเรียนสามารถสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากขั้น Empathize นักเรียนสามารถระบุปัญหาตามความต้องของสถานการณ์ได้ แต่ยังไม่ชัดเจน และไม่มีความกระชับ และ 2) ขั้น Ideate นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาโดยการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ แต่ยังขาดการเขียนอธิบายวิธีการออกแบบและวางแผนเพื่อแก้ปัญหาให้เข้าได้ง่าย หากนักเรียนมีการพัฒนาการทั้ง 2 ขั้น ที่กล่าวมานี้ ในส่วนของขั้น Prototype และ ขั้น Test ก็จะพัฒนาตามไปด้วย เนื่องจากนักเรียนจะได้ฝึกกระบวนการออกแบบ วางแผน และการสร้างชิ้นงานเพิ่มเติม

2.1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับการคิดเชิงออกแบบ เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา ให้สามารถพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพิ่มขึ้นได้ ดังนี้

1) ผู้สอนพัฒนากิจกรรมสตีมศึกษาในขั้นระบุปัญหา โดยฝึกกระบวนและทักษะการตีความหมาย การวิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำไปสู่การสรุปประเด็นปัญหาให้กับนักเรียน

2) ผู้สอนพัฒนากิจกรรมสตีมศึกษาในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา โดยการจัดกิจกรรมในลักษณะเดิม แต่เพิ่มเติมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการออกแบบและวางแผน และหาวิดิทัศน์การสร้างชิ้นที่มีความแปลก ทันสมัย มาให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานของตนเองให้มีความแปลกใหม่และน่าสนใจ

2.2 ขั้นปฏิบัติการเรียนการสอน (Act) ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ที่พัฒนาและปรับปรุงมาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังนี้

ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเก็บข้อมูลต่าง ๆ คล้ายกับวงจรปฏิบัติการที่ 1 แต่จะเพิ่มเติมในส่วนของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาคือ เน้นการฝึกตีความ การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล ฝึกการสรุปประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ให้นักเรียน และเน้นฝึกวิธีการออกแบบ การวางแผนและการดำเนินการแก้ปัญหา ฝึกกระบวนการออกแบบและวางแผน และหาวิดิทัศน์ที่เกี่ยวกับการออกแบบและวางแผน การสร้างชิ้นที่มีความแปลกให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ และน่าสนใจ

2.3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 - 8 ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ผู้วิจัยนำเอาพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนที่สังเกตได้ และผลจากการบันทึกหลังแผนการเรียนรู้มาวิเคราะห์เพื่อหาปัญหา ผลที่ได้แสดงดังนี้

1) สังเกตการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา พบว่า ขั้น Empathize นักเรียนสามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้และมีความหลากหลาย หรืออธิบายรายละเอียดของปัญหาได้ครบถ้วน ขั้น Define นักเรียนสามารถระบุปัญหาตามความต้องของสถานการณ์ได้ชัดเจนและมีความกระชับ และเจาะประเด็นปัญหาของสถานการณ์ได้ชัดเจนขึ้นและตรงจุดมากขึ้น จึงส่งผลต่อขั้น Ideate คือ การออกแบบและวางแผนเพื่อแก้ปัญหามีการพัฒนาขึ้น แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่สามารถพัฒนาการออกแบบและวางแผนได้ เนื่องจากนักเรียนไม่ได้เป็นหัวหลักในการคิดออกแบบและวางแผน หรือนักเรียนไม่คิดออกแบบและวางแผน จะอาศัยทำตามคำสั่งเพื่อนในกลุ่ม

2) สังเกตชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นว่ามีความแปลกใหม่ น่าสนใจ และสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่อย่างไร พบว่า ขั้น Ideate นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหา

ไอเดียเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ และสามารถออกแบบและวางแผนเพื่อแก้ปัญหาให้มีความแปลกใหม่ หรือน่าใสนใจมากขึ้น และส่งผลไปยังขั้น Prototype คือ ชิ้นงานของนักเรียนมีความแปลกใหม่หรือน่าสนใจมากขึ้นตามไปด้วย ทำให้การแก้ปัญหาตอบโจทย์ของสถานการณ์ในขั้น Test ได้ดีขึ้น แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังมีปัญหาหรือมีการพัฒนาไม่ต่างจากเดิมไม่มากนักในขั้นตอนที่กล่าวมานี้ เนื่องจากนักเรียนไม่ได้เป็นหัวหลักในการออกแบบวางแผน และสร้างชิ้นงาน หรือนักเรียนไม่ทำการคิดอะไรเลย จะอาศัยทำตามคำสั่งเพื่อนในกลุ่มแทน

2.3.2 จากการใช้แบบทดสอบเพื่อทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบเฉลี่ยเท่ากับ 17.2 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นแนนเฉลี่ยร้อยละ 86 และมีนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน คิดเป็นคิดร้อยละ 100 และมีนักเรียนที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 0 คน คิดเป็นคิดร้อยละ 0 จากนักเรียน 10 คน

นอกจากนี้ในการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบซึ่งมีองค์ประกอบ 5 ขั้น พบว่า นักเรียนมีคะแนนในแต่ละขั้นของการคิดเชิงออกแบบแสดงดังตารางที่ 15

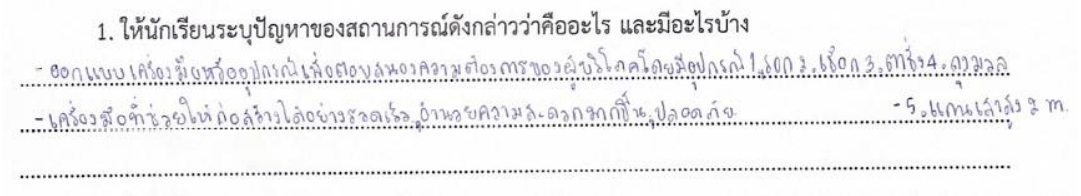
ตารางที่ 15 คะแนนแต่ละขั้นของการคิดเชิงออกแบบของกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2

นักเรียนคนที่	การคิดเชิงออกแบบ					คะแนนรวม (เต็ม 20)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
	ขั้น Empathize คะแนน (เต็ม 4)	ขั้น Define คะแนน (เต็ม 4)	ขั้น Ideate คะแนน (เต็ม 4)	ขั้น Prototype คะแนน (เต็ม 4)	ขั้น Test คะแนน (เต็ม 4)			
1	4	4	2	2	2	14	70	ผ่าน
2	4	4	4	4	4	20	100	ผ่าน
3	4	4	2	2	4	16	80	ผ่าน
4	4	4	2	2	4	16	80	ผ่าน
5	4	4	4	4	4	20	100	ผ่าน
6	4	4	2	2	4	16	80	ผ่าน
7	4	4	2	2	4	16	80	ผ่าน
8	4	4	4	4	2	18	90	ผ่าน
9	4	4	4	4	4	20	100	ผ่าน
10	4	4	2	2	4	16	80	ผ่าน
$\overline{X}$	4.0	4.0	2.8	2.8	3.6	17.2	86	ผ่าน
%	100	100	65	65	90			

จากตารางที่ 14 พบว่า คะแนนการคิดเชิงออกแบบในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ทุกคน โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ ขั้น Empathize และขั้น

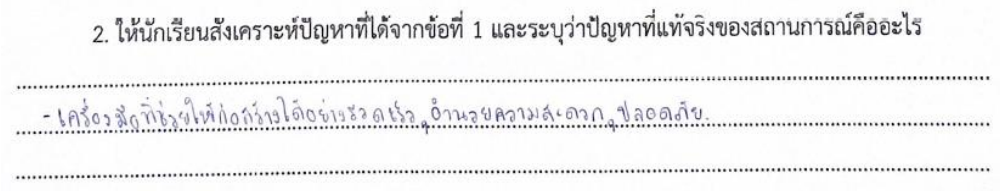
Define และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดคือ ขั้น Ideate และขั้น Prototype เช่นเดิม แต่คะแนนในขั้น Ideate และขั้น Prototype มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 ที่ผ่านมา จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบที่นักเรียนเขียนคำตอบมา ข้อมูลเชิงปริมาณ (คะแนนจากแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ) และข้อมูลเชิงคุณภาพ (ข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ) ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้น Empathize นักเรียนสามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้และมีความหลากหลายหรืออธิบายรายละเอียดของปัญหาได้ครบถ้วน โดยสังเกตได้จากการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังภาพที่ 11



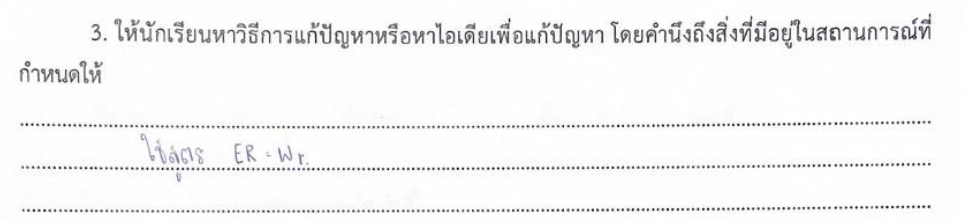
ภาพที่ 11 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Empathize (วงรอบที่ 2)

2) ขั้น Define นักเรียนสามารถระบุปัญหาตามความต้องของสถานการณ์ได้ชัดเจนและมีความกระชับ โดยสังเกตได้จากการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังภาพที่ 12



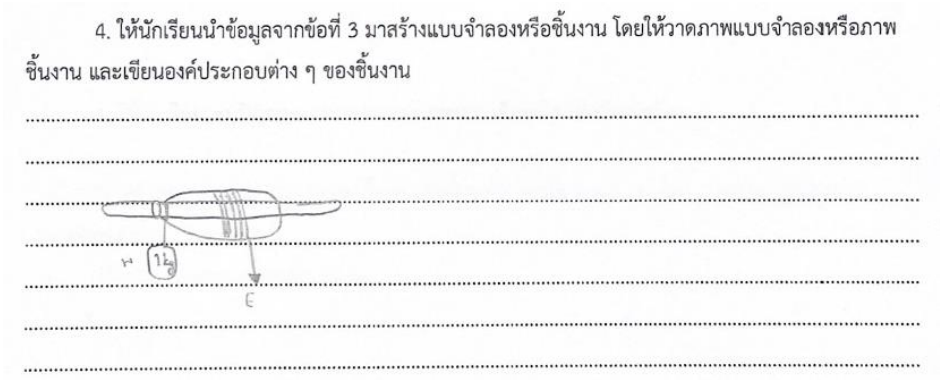
ภาพที่ 12 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Define (วงรอบที่ 2)

3) ขั้น Ideate นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาให้เข้าใจง่ายและแปลกใหม่ แต่ยังมีนักเรียนส่วนหนึ่งที่ยังมีปัญหาหรือมีการพัฒนาไม่ต่างจากเดิมไม่มากนักในขั้นตอนนี้ โดยสังเกตได้จากการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังภาพที่ 13



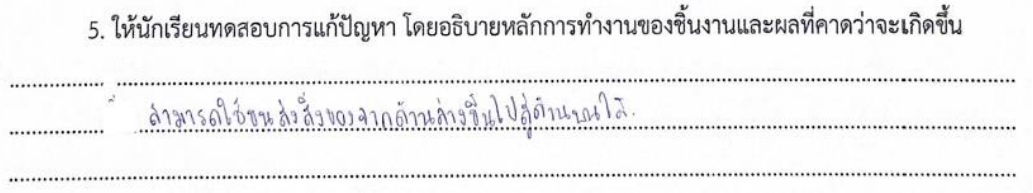
ภาพที่ 13 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Ideate (วงรอบที่ 2)

4) ขั้น Prototype นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานโดยวาดภาพและเขียนองค์ประต่าง ๆ ของชิ้นงานได้ และเป็นไปตามแนวทางการแก้ปัญหาในขั้น Ideate เนื่องจากมีนักเรียนบางส่วนที่ยังมีปัญหาในขั้น Ideate จึงส่งผลทำให้ชิ้นงานยังไม่ตอบโจทย์ของสถานการณ์ อีกทั้งยังไม่มีความแปลกใหม่และน่าสนใจ โดยสังเกตได้จากการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Prototype (วงรอบที่ 2)

5) ขั้น Test นักเรียนสามารถทดสอบการแก้ปัญหา โดยนำแบบจำลองหรือชิ้นงานที่สร้างขึ้นในขั้น Prototype มาเขียนอธิบายหลักการทำงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและมีแนวโน้มที่จะสามารถแก้ปัญหาได้จริงมากขึ้น ผู้วิจัยได้แนบหลักสนับสนุนไว้ในภาคผนวก ค ตัวอย่างผลงานของนักเรียน โดยสังเกตได้จากการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในขั้น Test (วงรอบที่ 2)

2.4 การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากศึกษาแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ แบบบันทึกหลังแผนการสอน และการวิเคราะห์ข้อมูลในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงออกแบบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ทุกคน ผู้วิจัยจึงได้ทำการสรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อนำไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในโอกาสต่อไป ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข
● ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 1. นักเรียนยังขาดกระบวนการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา และการสร้างชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ และน่าสนใจ	● ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 1. ผู้สอนพัฒนากิจกรรมสตีมศึกษาในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา โดยการจัดกิจกรรมในลักษณะเดิม หรือหากิจกรรมใหม่ ๆ ที่ช่วยส่งเสริมและพัฒนาทักษะกระบวนการออกแบบและวางแผน และการสร้างชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ และน่าสนใจ และหากิจกรรมและวิธีการต่าง ๆ ที่มีความน่าสนใจเพื่อที่จะทำดึงดูดให้นักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา การนำเสนอผลงานของนักเรียน พบว่านักเรียนเข้าใจกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา นักเรียนมีการทำความเข้าใจกับสถานณ์ที่เป็นปัญหา มีการระบุประเด็นปัญหา มีการค้นคว้าหาข้อมูล มีการวางแผนแก้ปัญหา และรวมถึงการสร้างชิ้นงานตลอดจนการตรวจสอบชิ้นงาน และยังพบว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมินการคิดเชิงออกแบบเพิ่มมากขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 5 คน และมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จาก 13.4 เป็น 17.2 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้รับการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบจนมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นจำนวน 10 คน จากทั้งหมด 10 คน

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา เพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 วงจรปฏิบัติการ ใช้วิธีดำเนินการวิจัยตามลักษะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ หลังจากดำเนินการวิจัยผู้วิจัยสามารถสรุปผล อภิปรายผล และให้ข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

สรุปผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

การพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบเฉลี่ยเท่ากับ 13.4 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 67 มีนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน และมีนักเรียนที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คนวงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาที่ได้พัฒนาปรับปรุงแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบเฉลี่ยเท่ากับ 17.2 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นแนนเฉลี่ยร้อยละ 86 มีนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน และมีนักเรียนที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 0 คน

อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง งาน และพลังงาน มีประเด็นที่นำมาอภิปรายดังนี้

การพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา พบว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จานวน 10 คน ซึ่งจากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบที่สูงขึ้น เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ หลักการ และทฤษฎีมาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผน ออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือวัตกรรมที่แปลกใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นเครื่องมือในการดำเนินกิจกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างเป็นระบบเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือการคิดเชิงออกแบบ ในการจัดการเรียนรู้สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การคิดเชิงออกแบบของนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา พบว่านักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบเฉลี่ยเท่ากับ 13.4 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 67 ของคนนักเรียนจำนวน 10 คน ทั้งนี้อาจเพราะเป็นผลเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาที่ได้เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ หลักการ และทฤษฎีมาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผน ออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือวัตกรรมที่แปลกใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา (Yakman, 2014) ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจและตั้งใจทำกิจกรรมการเรียนการสอน ศึกษาใบความรู้ที่ครูมอบหมาย ศึกษาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ และให้ความร่วมมือในการทำงานเป็นกลุ่ม นักเรียนมีความสนุกสนานในการเรียนเนื่องจากได้ลงมือและมีส่วนร่วมกับกลุ่มของนักเรียนในการประดิษฐ์นวัตกรรม มีการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาร่วมกัน และทำให้ชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นมีความแปลกใหม่ น่าสนใจ และสามารแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับหลักการของ

(วิสูตร โพธิ์เงิน, 2560) ที่ได้กล่าวว่าสตีมศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่นำศิลปะมาบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยมีปัจจัยสำคัญในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้แก่ บริบท การออกแบบสร้างสรรค์ และการสร้างความจับใจในการออกแบบกิจกรรมสร้างสรรค์ และมีสิ่งสำคัญในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สำคัญคือ 1) การบูรณาการ (Integration) 2) ความหลากหลาย 3) ความลึก และ 4) ความเป็นพลวัต จากข้อมูลที่ได้นำเสนอและหลักการที่อ้างมานั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษามีแนวโน้มที่จะพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้ แต่อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายบางส่วนที่มีคะแนนการคิดเชิงออกแบบยังไม่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งสาเหตุมาอาจเกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาที่ยังไม่ส่งเสริมและพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน เช่น ขั้น Define นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหาตามความต้องของสถานการณ์ได้ แต่ยังไม่ชัดเจน ไม่มีความกระชับ หรือเจาะประเด็นปัญหาของสถานการณ์ได้ยังไม่ชัดเจน จึงส่งผลต่อขั้น Ideate คือการออกแบบและวางแผนเพื่อแก้ปัญหาของนักเรียนยังไม่ตอบโจทย์หรือยังไม่สามารถแก้ปัญหาของของสถานการณ์ตรงจุด เป็นต้น หรืออาจเกิดจากนักเรียนไม่ได้เป็นตัวหลักในคิดการออกแบบ วางแผนและไม่มีส่วนร่วมในการสร้างชิ้นงาน หรือนักเรียนไม่ทำการคิดอะไรเลยแต่จะอาศัยทำตามคำสั่งเพื่อนในกลุ่มแทน ผู้วิจัยจึงได้นำเอาปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นำไปปรับปรุงและพัฒนาในวงจรปฏิบัติการที่ 2

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เมื่อทำการปรับปรุงและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบเฉลี่ยเท่ากับ 17.2 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86 ของคนนักเรียนจำนวน 10 คน ทั้งนี้อาจเพราะเป็นผลเนื่องจากผู้จิวัยได้พัฒนากิจกรรมสตีมศึกษาในขั้นระบุปัญหา โดยฝึกการตีความหมาย วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำไปสู่การสรุปประเด็นปัญหาให้กับนักเรียน และพัฒนากิจกรรมสตีมศึกษาในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา โดยการจัดกิจกรรมในลักษณะเดิม แต่เพิ่มเติมให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการออกแบบและวางแผน และหาวิดิทัศน์การสร้างชิ้นที่มีความแปลกและทันสมัยมาให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานของตนเองให้มีความแปลกใหม่และน่าสนใจ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ความสนใจและตั้งใจทำกิจกรรมการเรียนการสอนดีขึ้น นักเรียนตั้งใจศึกษาใบความรู้ที่ครูมอบหมาย ศึกษาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ให้ความร่วมมือในการทำงานเป็นกลุ่มมากขึ้น นักเรียนมีความสนุกสนานในการเรียนเนื่องจากได้ลงมือและมีส่วนร่วมกับกลุ่มของนักเรียนในการประดิษฐ์นวัตกรรม และนักเรียนมีกระบวนการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหามากขึ้น และชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นมีความแปลกใหม่และน่าสนใจมากขึ้น และสามารแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ ซึ่งมีความ

สอดคล้องกับหลักการของ (วิสูตร โพธิ์เงิน, 2560) ที่ได้กล่าวมาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และยังมีความสอดคล้องกับหลักการของ (สุภัค โอฬาพิริยกุล, 2562) โดยกล่าวว่าสตีมศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาจนเกิดทักษะในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ในการดำเนินชีวิต โดยมีปัจจัยสำคัญในการจัดการเรียนรู้ 3 ส่วน คือ 1) การนำเสนอสถานการณ์ 2) การออกแบบอย่างสร้างสรรค์ และ 3) การสร้างความจับใจผ่านการเรียนรู้และสร้างสรรค์ผลงานในรูปแบบต่าง ๆ ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะ สมรรถนะตลอดจนบูรณาการการเรียนรู้สู่การดำเนินชีวิตประจำวันและต่อยอดองค์ความรู้ด้วยนวัตกรรม เพื่อพัฒนาและตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปในศตวรรษที่ 21 จากข้อมูลที่ได้นำเสนอและหลักการที่อ้างมานั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษามีแนวโน้มที่จะพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาการคิดเชิงออกแบบที่ดีขึ้นได้ จึงส่งผลให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทุกคนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบผ่านเกณฑ์ที่กำหนด และถ้าพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยในแต่ละขั้นของการคิดเชิงออกแบบพบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละขั้นที่สูงขึ้นในทุกขั้นตอน ถึงแม้ว่าในขั้น Ideateและขั้น Prototype คะแนนเฉลี่ยอาจยังไม่ผ่านเกณฑ์ก็ตาม แต่คะแนนเฉลี่ยในส่วนนี้ก็ยังมีการพัฒนาการขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งอาจมีสาเหตุจากกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษายังไม่น่าสนใจ หรือยังไม่ส่งเสริมและพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน

จากการอภิปรายผลในวงจรปฏิบัติการทั้ง 2 วงรอบ ทำให้เห็นพัฒนาการการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีหลักการที่สามารถนำสนับสนุนได้ดังนี้ (ศศิมา สุขสว่าง, 2560) กล่าวถึงการคิดเชิงออกแบบว่า เป็นกระบวนการคิดเชิงออกแบบสำหรับพัฒนานวัตกรรมที่ผสมผสานการคิดสร้างสรรค์และการคิดเชิงธุรกิจเข้าด้วย เพื่อพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ และนวัตกรรมอย่างมีระบบ โดยมีหลักสำคัญคือการเข้าใจความต้องการและปัญหาของกลุ่มเป้าหมาย แล้วการระดมความคิดเพื่อค้นหาทางแก้ไข และการเรียนรู้และลงมือทำเพื่อสร้างนวัตกรรมเพื่อปัญหา อีกทั้ง (มานิตย์ อาษานอก, 2561) ได้กล่าวถึงกระบวนการคิดเชิงออกแบบว่าเป็นกระบวนการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างเป็นระบบ โดยยึดคนเป็นศูนย์กลางในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา มีกระบวนที่สำคัญอยู่ 3 ขั้นคือ 1) การทำความเข้าใจปัญหาให้ถูกต้องกับประเด็นและความต้องการ 2) พัฒนาไอเดียหรือแนวคิดใหม่ ๆ และ 3) ส่งมอบนวัตกรรมหรือการเปลี่ยนไอเดียให้เป็นต้นแบบนวัตกรรม เป็นต้น

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาพบว่า นักเรียนจะมีความสามารถในการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบอย่างต่อเนื่อง นักเรียนมีความสามารถในการแกปญหา กระบวนการคิด

สร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างเป็นระบบเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา หรือการทำความเข้าใจปัญหาให้ถูกต้องกับประเด็นและความต้องการ และหาแนวทางในการแก้ปัญหาจากไอเดียหรือแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อออกแบบและพัฒนาเป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่สามารถนำไปการแก้ปัญหาได้ ซึ่งมีบางส่วนที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ณัฐพล โยธาธิติกุล ,2558) ที่ได้ใช้การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ใช้ปัญหาเป็นฐานกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 32 คน โดยให้ผู้เรียนรวมกลุ่มกันเพื่อเชื่อมโยงหลักการทางฟิสิกส์กับการเคลื่อนที่ของเมล็ดพืช ใช้โปรแกรมในการบันทึกและนำเสนอผลการทดลองและใช้กระบวนการทางวิศวกรรมออกแบบเพื่อแก้ปญหาและพัฒนาประเด็นที่สนใจแล้วทำการนำเสนอหน้าชั้นเรียน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนทุกคนมีบทบาทในกิจกรรมมากกว่าร้อยละ 80 และทำกิจกรรมออกไปตามความถนัดของตัวเอง และเกิดทักษะการออกแบบและแก้ปัญหา สอดคล้องบางส่วนกับงานวิจัยของ (อโนดาษ์ รัชเวทย์ ,2558) ที่ได้วิจัยอุปกรณ์การกำจัดวัชพืชอนุรักษ์น้ำ โดยเครื่องมือในการทำวิจัยได้ใช้การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 คน นักเรียนได้ค้นพบปัญหาในชีวิตประจำวันของเกษตรที่ปลูกยางพารามีวัชพืช โดยให้นักเรียนออกแบบตามความคิดของผู้เรียนเพื่อสร้างนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนสามารถออกแบบและสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปญหาวัชพืชที่ขึ้นใกล้ต้นยางพาราได้ และสามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน สอดคล้องบางส่วนกับงานวิจัยของ (กนกทิพย์ ยาทองไชย ,2559) ที่ใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยศึกษาประสิทธิผลการเรียนรู้ด้านการแก้ปัญหา พบว่าชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องบางส่วนกับงานวิจัยของ (Chung ,2014) ได้วิจัยเกี่ยวกับการเรียนแบบสะเต็มศึกษาผ่านการแข่งขันหุ่นยนต์ของผู้เรียนมัธยมปลาย โดยผู้เรียนจะต้องออกแบบหุ่นยนต์ที่มีการใช้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เป็นการออกแบบอิสระที่ไม่ซ้ำกัน ซึ่งผู้เรียนจะต้องแก้ปญหาที่ไม่เคยเจอมาก่อนในวันแข่งขัน หลังจากจบการแข่งขันพบว่าผู้เรียนมีคะแนนคณิตศาสตร์หลังการแข่งขันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาช่วยเพิ่มศักยภาพในการคิดออกแบบและการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาได้

จากการวิจัยจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาสามารถพัฒนาการคิดเชิงออกแบบได้ เพราะคะแนนการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนนั้นมีพัฒนาการขึ้นในแต่ละวงรอบ และจากการศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากนักเรียนจะพบว่า การที่นักเรียนมีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องนั้นเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาที่ทำให้นักเรียนมีความสนุกสนานและให้ความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีอิสระในการค้นหาข้อมูลสามารถใช้เครื่องมือสื่อสาร ในการหาข้อมูลทฤษฎีต่าง ๆ ได้ เพื่อนำความรู้ที่ได้มาออกแบบ วางแผน

สร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาที่ได้พบเจอ นอกจากนี้ในการจัดกิจกรรมยังส่งเสริมการทำงานเป็นทีม ยอมรับในการตันสินใจของเพื่อนร่วมมกลุ่ม และร่วมมือกันแก้ปัญหาที่ได้รับมอบหมาย มีการช่วยเหลือกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม นักเรียนมีความคิดแปลกใหม่มีความกล้าที่จะพูดอธิบายหลักการที่ค้นพบ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม และสามารถนำเสนอผลงานอย่างมีเหตุผล ด้วยเหตุนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษาจึงสามารถพัฒนาให้นักเรียนมีการคิดเชิงออกแบบที่สูงขึ้นและผ่านเกณฑ์ที่กำหนดได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนทำกิจกรรมด้วยตัวเอง ดังนั้นควรมีการวางแผนในการใช้เวลาที่ใช้จัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับลักษณะของกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้นักเรียนใช้เวลาในการค้นหาข้อมูล ออกแบบ วางแผน สร้างและตรวจสอบชิ้นงาน รวมถึงการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหา ควรจะจัดหาอุปกรณ์ที่หลากหลายเพื่อเป็นตัวเลือกให้นักเรียนนั้นได้คิดออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานได้อย่างเต็มที่ และเตรียมแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่สามารถให้นักเรียนนำมาประยุกต์ใช้กับกิจจกรรมได้โดยตรงเพื่อลดเวลาในการทำกิจกรรม

1.2 ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกครั้งควรมีการศึกษาสภาพห้องเรียนที่จะใช้จัดกิจกรรมให้ความเหมาะสมกับกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ จัดเตรียมพื้นที่ให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

1.3 ในกรณีที่ต้องการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบจำเป็นต้องใช้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม ควรสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องด้านเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องก่อน เพราะถ้านักเรียนไม่เข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมก็ยากในการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบ

1.4 ในการพัฒนาการคิดเชิงออกแบบจะต้องทำการพัฒนาอย่างต่อเนื่องควบคู่กันไปโดยผ่านกระบวนการทำใบกิจกรรม กิจกรรมการเรียนรู้ กระบวนการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา เพราะการคิดเชิงออกแบบเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยเวลาในการพัฒนา

1.5 ควรหาสถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันและสามารถเชื่อมโยงกับวิชาฟิสิกส์หรือวิชาอื่น ๆ ได้

1.6 ควรพัฒนากิจกรรมสตีมศึกษาในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา โดยการจัดกิจกรรมใหม่ ๆ ที่ช่วยส่งเสริมและพัฒนาทักษะกระบวนการออกแบบ

และวางแผน และการสร้างชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ และน่าสนใจ และหากิจกรรมและวิธีการต่าง ๆ ที่มีความน่าสนใจเพื่อที่จะทำดึงดูดให้นักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

2.1 หากิจกรรมที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงออกแบบในขั้น Ideateและขั้น Prototype ให้มีผลลัพธ์ที่ดีขึ้นเพราะเป็นหัวใจหลักของการคิดเชิงออกแบบ ถึงแม้ภาพรวมของการคิดเชิงออกแบบนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจะผ่านทั้งหมดทุกคน แต่หากพิจารณาในขั้นตอนดังกล่าว พบว่าคะแนนยังไม่ของนักเรียนกลุ่มเป้าผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

2.2 ควรปรับปรุงเกณฑ์การประเมินแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ ให้มีความหลากหลายในการให้คะแนน นิยามการให้คะแนนให้อ่านแล้วสามารถเข้าได้ง่ายขึ้น เนื่องจากคำตอบของนักเรียนมีความหลากหลายและมีรายละเอียดการตอบที่แตกต่างกัน การปรับปรุงเกณฑ์การประเมินจะทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลและให้คะแนนได้อย่างถูกต้อง ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.3 ควรปรับปรุงแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบให้มีองค์ประกอบในสังเกตครบทุกด้าน ให้รายละเอียดต่างที่ชัดเจนมากขึ้น เพราะจะได้รายละเอียดในการสังเกตชัดเจนและครอบคุมทุกด้าน ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

นกทิพย์ ยาทองไชย. (2559). *การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *แนวทางการดำเนินงานปฏิรูปการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐาน.

กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เครื่องมือสำคัญของการสร้างความสำเร็จให้องค์กร. (2562). https://th.hrnote.asia/orgdevelopment/190702-design-thinking/

กาญจณา คุณารักษ์. (2552). *การสอนแบบบูรณาการ*. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐาน.

ผลวิจัยภาควิชาการมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล. (2541). *รูปแบบของวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน : กรณีศึกษาสำหรับครูมัธยมศึกษา*. เชียงใหม่. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จีระพงษ์ โพพันธุ์. (2562). *กระบวนการคิดเชิงออกแบบ*. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://kru-it.com/design-and-technology-m2/the-process-of-design-thinking. [สืบค้นเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2563].

เจษฎา จำปาเงิน. (2561). *ความหมายของสตีมศึกษา*. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.gotoknow.org/posts/658159. [สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2563].

ณัฐพล โยธาธิติกุล. (2558). การเพิ่มการมีส่วนร่วมของนักเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องการเจริญเติบโตหลังการปฏิสนธิของพืชดอก. *สเต็มประเทศไทย นวัตกรรมการศึกษาไทย*, 5-7 มีนาคม 2558, ประเทศไทย. หน้า 113.

ทิศนา แขมมณี. (2548). *ศาสตร์การสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์จำกัด.

ธีรฎา ไชยเดช, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และ วิภารัตน์ ชวดชัยสิทธิ์. (2560). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิง ซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์. *วารสารวิจัยวิจัยวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพื่อการเรียนรู้*, 8(1), 51-66.

นที ศิริมัย. (2529). *การศึกษาความสามารถในการสร้างความคิดรวบยอดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการสอนแบบบูรณาการ.* ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาการมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

นัสรินทร์ บือซา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2552). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2556). *วิจัยการเรียนการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2556).การออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารวิชาการแพรวากาฬสินธุ์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, 6(3), 383–394.

ผกา สัตยธรรม. (2523). บูรณาการเพื่อการสอนและชีวิต. *มิตรครู*, 22(24), 51.

พิทักษ์ พิทธพนธ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ,ดวงเดือน พินสุวรรณ และมนัส บุญประกอบ. (2561). การพัฒนารูปแบบการสอนฟิสิกส์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์.* [ออนไลน์]. *6(1), 39-52*. ได้จาก: https://so05.tci-

thaijo.org/index.php/pnuhuso/article/view/109426. [สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2563].

พินันทร์ คงคาเพชร. (2552). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research).* กรุงเทพฯ: บริษัทแดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น จำกัด.

มานิตย์ อาษานอก. (2561). การบูรณาการกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้. *วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 1(1), 6-12.

ยศวีร์ สายฟ้า. (2556). *แนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบ STEM*. เอกสารอัดสำเนาสำหรับการอบรมเชิงปฏิบัติการ, กรุงเทพมหานคร.

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม). (2563). *รายงานผลการศึกษาการดำเนินงานกลุ่มวิชาการ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ปีการศึกษา 2563*. มหาสารคาม.

วิสูตร โพธิ์เงิน. (2560). STEAM ศิลปะเพื่อสะเต็มศึกษา: พัฒนาการรับรู้ความสามารถและแรงบันดาลใจให้เด็ก. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 45(1), 320–333.

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์. (2558). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. *วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี*, 2(1), 29–49.

ศศิมา สุขสว่าง. (2560). *ความหมายของการคิดเชิงออกแบบ*. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://doi.org/8-01-40. [สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2563].

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ.

สิริพัชร์ เจษฎาวิโรจน์. (2559). *การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ.* กรุงเทพฯ: บุ๊คพอยท์.

สุสุธิดา การีมี. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการเรียนการสอน เพื่อ เสริมสร้างและพัฒนาการเรียนรู้ของเยาวชนจะช่วยให้เยาวชนได้มีการฝึกทักษะในการคิดอย่างเป็นขั้นตอน. *นักวิชาการ สาขาเทคโนโลยี สสวท*. 46(210), 44-49.

สุนารี ศรีบุญ และ วิสูตร โพธิ์เงิน. (2547). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 47(1), 525-543.

สุภัค โอฬาพิริยกุล. (2562). STEAM EDUCATION: นวัตกรรมการศึกษาบูรณาการสู่การจัดการเรียนรู้. *วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร.* [ออนไลน์]. 9(1), 1-16. ได้จาก: https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jrcd/article/view/156426. [สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2563].

สุมานิน รุ่งเรืองธรรม. (2526). *กลวิธีสอน.* กรุงเทพฯ: รุ่งเรืองธรรม.

สุวิทย์ มูลคำ. (2551). *ยุทธศาสตร์การคิดแก้ปัญหา*. ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2546). *วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ*. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

สุวิธิดา จรุงเกียรติกุล. (2557). แนวโน้มการเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักศึกษาผู้ใหญ่. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*. [ออนไลน์]. 9(4), 93-106. ได้จาก: http://www.edu.chula.ac.th/ojed. [สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2563].

ไสว ฟักขาว. (2561). *การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สามลดา.

อโนดาษ์ รัชเวทย์, ฐิชินีปกรณ์ สมแก้ว, และปภาวี อุปธิ. (2558). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยชุดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น*, 11(3), 226-238.

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์. (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการ*

เรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์แคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อาทิตยา พูนเรือง. (2559). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต).* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

AdminP. (2563). *สร้างความสำเร็จ ให้องค์กรด้วยเครื่องมือสำคัญ (Design Thinking)*. https://www.ko.in.th/สร้างความสำเร็จ-ให้องค์กร/

Anwari, I., Yamada, S., Unno M., Saito, T., Suwarma, I., Mutakinati, L. and Kumano, 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.

Chakravarthy, V. (2018). *Four traits of a Design Thinker*. https://blog.prototypr.io/four-traits-of-a-design-thinker-a092a925352b.

Chia Yuan Hung. (2014). *Gamification as Design Thinking*. Adelphi University.

Chung, CJ.; Cartwright, C.; & Cole, M. (2014). Assessing the Impact of an Autonomous Robotics Competition for STEM Education. *Journal of STEM Education*, *15(2)*.

Cox, C., Reynolds, B., Schunn, C. and Schuchardt, A. (2016). Using Mathematics and Engineering to Solve Problems in Secondary Level Biology. *Journal of STEM Education*, *17(1)*, 22–30.

Katie Rapp and Caitlin Stroup. (2016). *How Can Organizations Adopt and Measure Design Thinking Process*. Cornell University ILR School.

Kemmis, S & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planer*. Victoria : Deakin University.

Lardizabal, Amparo S. and others. (1970). *Methods and Principles of Teaching*. Quezon City:Alemar – Phoenix.

Lewis, J. L. (2016). *7 qualities of design-thinking leaders*. https://www.invisionapp.com/inside-design/qualities-of-design-thinking-leaders/

Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D. and Kaniawati, I. (2016). Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative products. *AIP Conference*, *1*.

Murray Cox. (2016). *DESIGN THINKING: LEARNING BY DOING*. [Online]. Available from: http://resource.tcdc.or.th/ebook/Design.Thingking.Learning.by.Doing.pdf?fbclid=IwAR2uW0ePvwI1IHQ7CujNnZ4yAECjjFBX8O9Vv1LXqwLFBzSypt44H03aagU. [accessed 17 November 2020].

Phitsanu. (2020). *การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)*. [Online]. Available from: https://www.themondayvibes.com/design-thinking. [accessed 17 November 2020].

Published January. (2016). *Design Thinking กระบวนการออกแบบนวัตกรรม*. หนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ. [Online]. Available from: https://storylog.co/story/56a321f8f69f51246bce4045. [accessed 19 November 2020].

Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What Is Design Thinking and Why Is It Important? *Educational Research*, *82(3)*, 330–348. https://doi.org/10.3102/0034654312457429

Stanford d. school. (2016). *Design Thinker*. [Online]. Available from: https://www.thedesignthinker.com.au/influencers/stanford-d-school. [accessed 19 November 2020].

Tada Ratchagit. (2019). *กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เครื่องมือสำคัญของการสร้างความสำเร็จให้องค์กร*. [Online]. Available from: https://th.hrnote.asia/orgdevelopment/190702-design-thinking. [accessed 19 November 2020].

Tiger. (2019). *Design Thinking คืออะไร.* [Online]. Available from: https://thaiwinner.com/design-thinking. [accessed 21 November 2020].

Tim Brown. (2020). *กระบวนการคิดเชิงออกแบบ*. [Online]. Available from: https://bangkokgraphic.com. [accessed 21 November 2020].

UNESCO-UNEP. (1997). *An Environmental Education Curriculum for Secondary Schools*.

Yakman. (2014). *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative Education*. [Online]. Available from: www.iteaconnect.org/Conference/PATT/PATT19/Yakmanfinal19.pdf. [accessed 21 November 2020].

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา
เรื่อง งาน และพลังงาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตัวอย่างแผนการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

แผนการเรียนรู้ที่ 3

หน่วยการเรียนรู้งานและพลังงาน **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

เรื่อง การแก้ปัญหาสำหรับงาน พลังงาน (ตอนที่ 1) **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง **ภาคเรียนที่ 2/2563**

---

1. ผลการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 10 วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบาย และคำนวณกำลังเฉลี่ย

สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 11 อธิบาย และคำนวณพลังงานจลน์พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์ และพลังงานจลน์และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์

สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 12 อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

2. สาระสำคัญ

นำความรู้ เรื่อง งาน พลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกล ไปประยุกต์ใช้สำหรับการแก้ปัญหาในกิจกรรมรถไฟเหาะ ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของหลักการ กระบวนการ หรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมเพื่อนำไปใช้สำหรับการแก้ปัญหา

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของงาน พลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกลได้

2) นักเรียนสามารถระบุปัญหา ออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาได้

3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

4. สาระการเรียนรู้

งาน พลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกล

5. กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา (STEAM Education) โดยใช้ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน

1. ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)

1.1 ครูจัดกลุ่มนักเรียนแบบคละความสามารถ กลุ่มละ 4-5 คน

1.2 ครูตั้งคำถามหรือให้นักเรียนอภิปรายเพื่อสำรวจความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรถไฟเหาะ เช่น นักเรียนรู้จักรถไฟเหาะหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร (ให้นักเรียนตอบอย่างอิสระ)

1.3 นักเรียนศึกษาวิดีทัศน์เกี่ยวกับรถไฟเหาะที่ครูเตรียมมาให้

1.4 ครูกำหนดสถานการณ์ต่อไปนี้

บริษัทแห่งหนึ่งต้องการสร้างเครื่องเล่นรถไฟเหาะขึ้นมา บริษัทต้องการวิศวกรมาออกแบบเครื่องเล่นชนิดนี้ จึงมีการจัดแข่งขันภายในบริษัทเพื่อหาวิศวกรที่จะมาสร้างเครื่องเล่นชนิดนี้ โดยการสร้างแบบจำลองเครื่องเล่นรถไฟเหาะ โดยมีเงื่อนไขที่ว่าจะปล่อยรถไฟที่ความสูง 1 เมตร และสถานีรถไฟอยู่ห่างจากจุดปล่อยตัว 4 เมตร และต่ำกว่าจุดปล่อย 1 เมตร ให้วิศวกรออกแบบการทดลองที่สามารถทำให้รถไฟเคลื่อนที่จากจุดปล่อยไปยังสถานีได้พอดี โดยมีอุปกรณ์ให้สร้างแบบจำลองคือ 1. ดินน้ำมัน 2. เสาเหล็กตั้งได้ 3. ไม้เสียบลูกชิ้น 4. ลูกแก้ว 5. แผ่นไม้ 6. เชือก

1.5 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ว่า ปัญหาของสถานการณ์คืออะไร สถานการณ์อยากให้เราแก้ปัญหาอะไร อย่างไร และบันทึกลงในใบงานที่ 2 ข้อที่ 1

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากใบความรู้ หนังสือเรียน รวมถึงอินเทอร์เน็ต หรือจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่นักเรียนสามารถค้นหาได้ เรื่อง งาน พลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงาน

2.2 นักเรียนทำการสรุปความรู้ เรื่อง งาน พลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงาน โดยมีครูคอยให้คำแนะนำหากความรู้ที่สรุปยังมีข้อผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์ และบันทึกการลงในสมุด

2.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายในประเด็นดังต่อไปนี้ และบันทึกลงในใบงานที่ 2 ข้อที่ 2

2.3.1 ความรู้วิทยาศาสตร์ด้านใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องเล่นรถไฟเหาะ (แนวคำตอบ สมบัติของวัสดุการเปลี่ยนรูปพลังงาน แรงโน้มถ่วงของโลก แรงเสียดทาน)

2.3.2 นักเรียนต้องคำนึงถึงปัจจัยอะไรบ้าง เพื่อให้เครื่องเล่นรถไฟเหาะเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด (แนวคำตอบ ระยะทางในการเคลื่อนที่ วัสดุที่ใช้ในการทำรางรถไฟ น้ำหนักของรถไฟ)

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

3.1 ให้นักเรียนนำข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในขั้นที่ 2 มาประยุกต์ใช้กับความรู้ทางด้านวิศวกรรม เพื่อออกแบบชิ้นงานหรือนวัตกรรมในการแก้ปัญหา และนำศาสตร์ความรู้ทางด้านศิลปะมาช่วยในการออกแบบนวัตกรรมให้มีความน่าสนใจและแปลกใหม่ โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

3.2 ให้นักเรียนหามวลของลูกแก้ว (สมมุติให้ลูกแก้วเป็นรถไฟ)

3.3 ครูให้นักเรียนออกแบบรางรถไฟโดยใช้ดินน้ำมัน แท่งเหล็ก แผ่นไม้ ไม้เสียบลูกชิ้น และเชือก

3.4 ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และบันทึกลงในใบงานที่ 2 ข้อที่ 3

4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการทำงานและดำเนินการสร้างเครื่องเล่นรถไฟเหาะตามที่ได้ออกแบบไว้

4.2 ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาและบันทึกลงในใบงานที่ 2 ข้อที่ 4

5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

5.1 ครูให้นักเรียนทดสอบชิ้นงานว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของสถานณ์หรือไม่อย่างไร หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์ ให้นักเรียนทำการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่คิดว่าเป็นปัญหาและทดลองใหม่

5.2 ครูให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการทดสอบชิ้นงาน และผลลัพธ์ที่ได้จากทดสอบและบันทึกลงในใบงานที่ 2 ข้อที่ 5

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

6.1 ครูให้นักเรียนนำเสนอและร่วมกันอภิปรายแนวคิดและวิธีการออกแบบจำลองเครื่องเล่นรถไฟเหาะตลอดจนวิธีการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน

6. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของงาน พลังงานกล และกฎอนุรักษ์พลังงานกลได้ (K)	ตรวจสอบจากสมุด	แบบประเมินการให้คะแนนด้านความรู้ (K)	ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 1 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 2 คะแนน
2) นักเรียนสามารถระบุปัญหา ออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาได้ (P)	ใบงานที่ 2	แบบประเมินการให้คะแนนด้านทักษะ (P)	ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 4 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 6 คะแนน
3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)	การสังเกต	แบบประเมินการให้คะแนนกด้านความรับผิดชอบ (A)	ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 1 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 2 คะแนน

7. แหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ชั้น ม.4 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
2. แหล่งเรียนรู้ออนไลน์ต่าง ๆ

8. อ้างอิง

1. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ชั้น ม.4 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
2. https://www.youtube.com/watch?v=N-uvYLk8_W4

9. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....
.....
.....
.....
.....

ข้อเสนอแนะ

.....
.....
.....
.....
.....

ใบความรู้

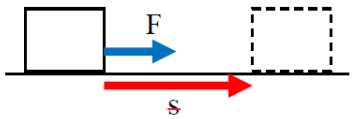
บทที่ 5 งานและพลังงาน

5.1 งาน

งาน เป็นผลอย่างหนึ่งซึ่งเกิดจากการออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตาม แนวแรงนั้น

เราสามารถหาขนาดของงานได้จากผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับการกระจัดตามแนวแรงนั้น เขียนเป็นสมการจะได้

$$W = F s$$



เมื่อ F คือแรง (นิวตัน)

s คือการกระจัดตามแนวแรงนั้น (เมตร)

W คืองาน (นิวตัน·เมตร , จูล)

หมายเหตุ : ถ้าทิศของแรงมีทิศเดียวกับทิศของการกระจัด ต้องแทนค่าแรง (F) เป็นบวก

ถ้าทิศของแรงมีทิศตรงกันข้ามกับทิศของการกระจัด ต้องแทนค่าแรง (F) เป็นลบ

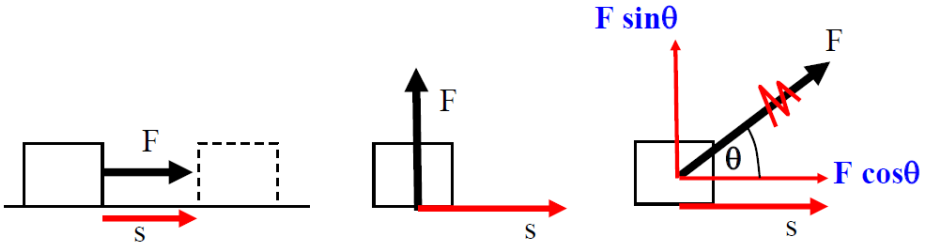
5.1.1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่

การคำนวณหางานโดยใช้สมการ $W = F s$ นั้น ต้องระวังว่า

ทิศของแรง (F) กับการกระจัด (s) ต้องอยู่ในแนวที่ขนานกันจึงใช้คำนวณหางาน (W) ได้

หากแรง (F) มีทิศตั้งฉากกับการกระจัด (s) ค่าของงาน (W) จะมีค่าเป็นศูนย์

หากทิศของแรง (F) อยู่ในแนวเอียงทำมุมกับการกระจัด (s) ให้ทำการแตกแรงแล้วใช้แรงที่อยู่ในแนวขนานกับการกระจัด (s) เป็นตัวคำนวณหางาน (W)



W = F s | **W = 0** | **W = Fcosθ s**

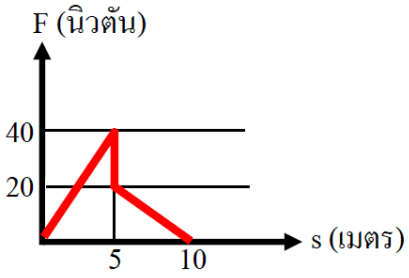
(ใช้ Fcosθ เพราะอยู่ในแนวขนานกับ s)

5.1.2 งานของแรงที่มีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอ

หากแรงมีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอ ต้องหาค่าของแรงเฉลี่ย แล้วจึงนำแรงเฉลี่ยนั้นมาคำนวณหางาน

5.1.3 การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟของแรง (F) กับการกระจัด (s)

หากโจทย์กำหนดกราฟของแรง (F) กับการกระจัด (s) มาให้ พื้นที่ใต้กราฟนั้นจะมีค่าเท่ากับผลคูณ F.s เสมอ



5.2 พลังงาน

พลังงาน คือความสามารถในการทำงานได้ พลังงานเป็น ปริมาณสเกลาร์

พลังงานมีหลายรูปแบบเช่น พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า พลังงานแสง พลังงานเคมี พลังงานกล เป็นต้น

พลังงานกล คือพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ และพลังงานที่สะสมในตัววัตถุ ซึ่งอาจถูกปลดปล่อยออกเป็นพลังงานรูปแบบอื่นๆ ได้ พลังงานกลของวัตถุมี 2 รูปแบบได้แก่ พลังงานจลน์ และ พลังงานศักย์

5.2.1 พลังงานจลน์

พลังงานจลน์ คือพลังงานกลที่ขึ้นกับความเร็วของวัตถุ วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วจะมีพลังงานจลน์ วัตถุที่อยู่นิ่งจะไม่มีพลังงานจลน์

เราสามารถหาขนาดของพลังงานจลน์ได้จาก

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

เมื่อ E_k คือพลังงานจลน์ (จูล)

m คือมวล (กิโลกรัม)

v คือความเร็วของวัตถุ (เมตร/วินาที)

5.2.2 พลังงานศักย์

พลังงานศักย์ คือพลังงานที่สะสมอยู่ในตัววัตถุซึ่งอาจถูกปลดปล่อยออกมาเป็นพลังงานรูปแบบอื่นๆ ได้

พลังงานศักย์ซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วง เรียกว่า**พลังงานศักย์โน้มถ่วง** เช่นเมื่อเราแบกวัตถุไว้สูงจากพื้นขนาดหนึ่ง ในวัตถุจะมีพลังงานสะสมอยู่ พลังงานที่สะสมตรงนี้เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก เราเรียกพลังงานศักย์โน้มถ่วง ซึ่งหาขนาดได้จาก

$$E_p = mgh$$

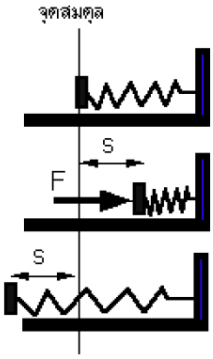
เมื่อ Ep คือพลังงานศักย์โน้มถ่วง (จูล)

m คือมวล (กิโลกรัม)

g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (เมตร/วินาที^{2})

h คือความสูงจากจุดเปรียบเทียบถึงวัตถุ (เมตร)

พลังงานศักย์ซึ่งเกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นของวัตถุ เรียกว่า**พลังงานศักย์ยืดหยุ่น** เช่น เมื่อเรานำวัตถุติดไว้ตรงปลายสปริงดังรูป หากเราไม่ออกแรงดึงสปริงให้ยืดหรือกดสปริงให้ยุบ จุดที่วัตถุอยู่ (ปลายสปริง) จะเรียก **จุดสมดุล** ณ.จุดตรงนี้วัตถุจะไม่มีพลังงานศักย์ หากเราดึงสปริงให้ยืดหรือกดให้ยุบ ให้วัตถุอยู่ห่างจากจุดสมดุล ในวัตถุจะมีพลังงานศักย์สะสมอยู่เรียกพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ซึ่งหาขนาดได้จาก



$$E_p = \frac{1}{2} k s^2$$

เมื่อ E_p คือพลังงานศักย์ยืดหยุ่น (จูล)

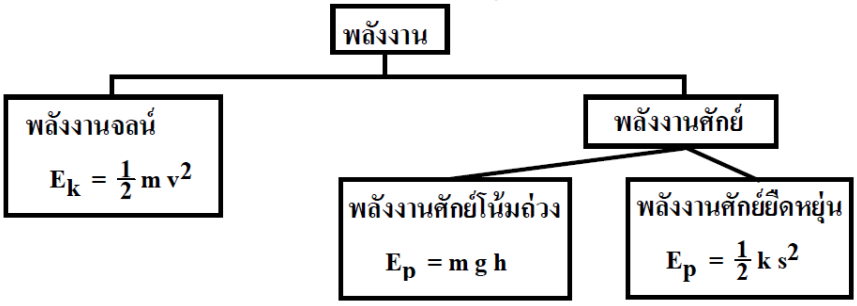
s คือระยะห่างจากจุดสมดุล (เมตร)

k คือค่านิจสปริง (นิวตัน/เมตร)

โดย $k = \frac{F}{s}$

เมื่อ F คือแรงกระทำ (นิวตัน)

s คือระยะห่างจากสมดุล ซึ่งเกิดจากแรง F (เมตร)



5.3 กฎการอนุรักษ์พลังงาน

กฎการอนุรักษ์พลังงาน กล่าวว่า " พลังงานเป็นปริมาณที่ไม่สูญหาย แต่อาจเปลี่ยนรูปหรือเคลื่อนย้ายได้ โดยปริมาณทั้งหมดของพลังงานต้องคงเดิม "

5.4 การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงาน

การคำนวณโจทย์เกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์พลังงาน สามารถทำได้โดยใช้สมการ

$$E_1 + W = E_2$$

เมื่อ E_1 , E_2 คือพลังงานที่มีตอนแรก และตอนหลังตามลำดับ

W คืองานในระบบ

5.5 กำลัง

กำลัง คืออัตราการทำงาน หรือปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

เราสามารถหากำลังได้จาก

$$P = \frac{W}{t}$$

เมื่อ P คือกำลัง (วัตต์)

W คืองาน (จูล)

t คือเวลา (วินาที)

และเนื่องจาก $W = Fs$ จึงได้ว่า $P = \frac{Fs}{t}$

และเนื่องจาก $v = \frac{s}{t}$ จึงได้ว่า $P = Fv$

เมื่อ F คือแรง (นิวตัน) s คือระยะทาง (เมตร)

t คือเวลา (วินาที) v คืออัตราเร็ว (เมตรต่อวินาที)

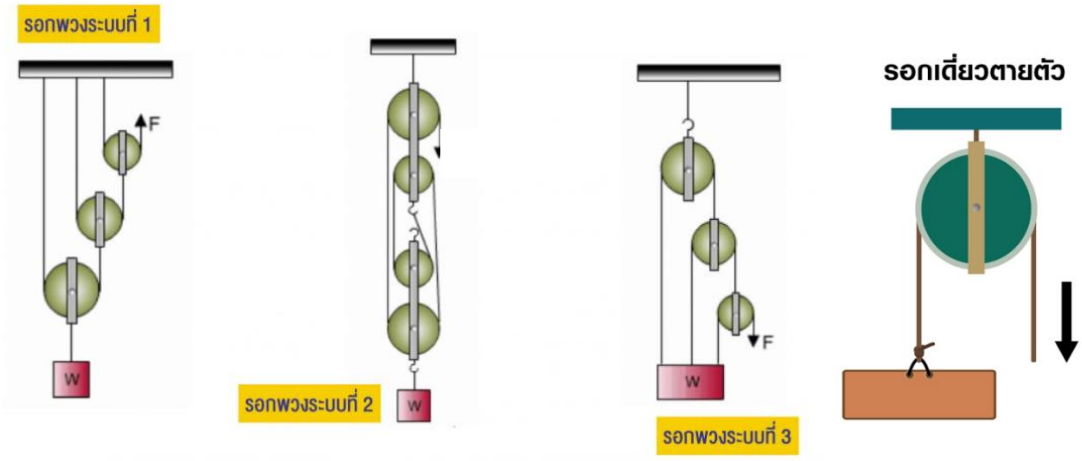
5.6 เครื่องกล

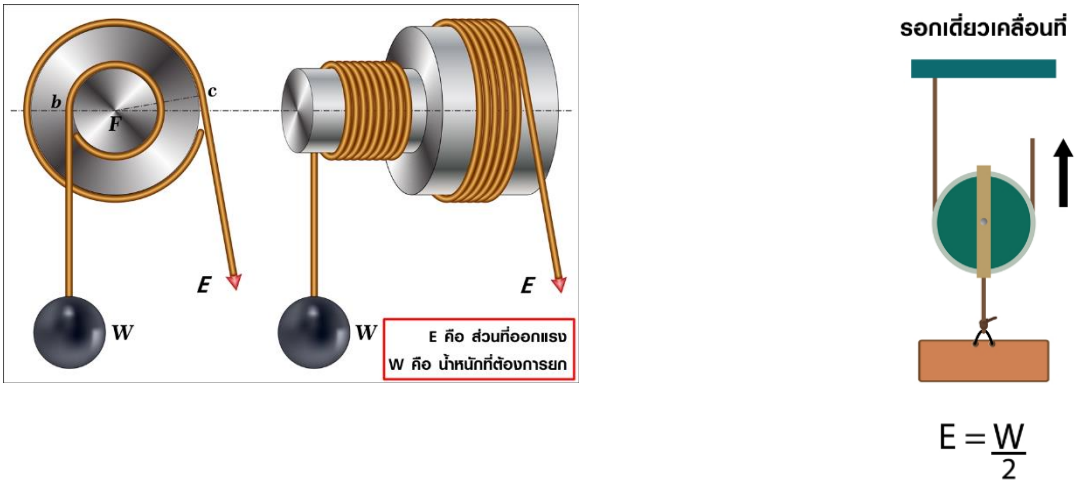
เครื่องกลเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การทำงานสะดวกขึ้นหรือง่ายขึ้น เครื่องกลจะไม่ช่วยให้เราทำงานได้มากกว่างานที่เราให้แก่เครื่องกล และอาจสูญเสียงานไปเล็กน้อยเนื่องจากความฝืดอีกด้วย

งานที่ได้จากเครื่องกล = งานที่เราให้แก่เครื่องกล – งานที่สูญเสียไปเนื่องจากความฝืด

และ ประสิทธิภาพเครื่องกล (Eff) = $\frac{\text{งานที่ได้จากเครื่องกล}}{\text{งานที่เราให้แก่เครื่องกล}}$ x 100 %

เครื่องกลอย่างง่ายมี 6 ประเภทได้แก่ คาน , ลิ่ม , พื้นเอียง , ล้อกับเพลา , สกรู , รอก





แบบประเมินการให้คะแนนด้านความรู้ (K)

คำชี้แจง เขียนคะแนนลงในช่องให้คะแนนที่ตรงกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียนมากที่สุด

ชื่อ-สกุล	**การเขียนสรุปความรู้ (2 คะแนน)**
1	
2	
3	
4	
5	

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่...../..... /.....

เกณฑ์การประเมิน

ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 1 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 2 คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**		
	2	**1**	**0**
การเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากสืบค้น	เขียนสรุปความรู้ ถูกต้องและครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด	เขียนสรุปความรู้ ถูกต้องแต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด	ไม่เขียนสรุปใด ๆ

ใบงานที่ 2

ชื่อกลุ่ม..... ชั้น .....

สมาชิกประกอบ 1..... เลขที่ .....

2..... เลขที่ .....

3..... เลขที่ .....

4..... เลขที่ .....

5..... เลขที่ .....

ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้

บริษัทแห่งหนึ่งต้องการเครื่องเล่นรถไฟเหาะขึ้นมา บริษัทต้องการวิศวกรมาออกแบบเครื่องเล่นชนิดนี้ จึงมีการจัดแข่งขันภายในบริษัทเพื่อหาวิศวกรที่จะมาสร้างเครื่องเล่นชนิดนี้ โดยการสร้างแบบจำลองเครื่องเล่นรถไฟเหาะ โดยมีเงื่อนไขที่ว่าจะปล่อยรถไฟที่ความสูง 1 เมตร และสถานีรถไฟอยู่ห่างจากจุดปล่อยตัว 4 เมตร และต่ำกว่าจุดปล่อย 1 เมตร ให้วิศวกรออกแบบการทดลองที่สามารถทำให้รถไฟเคลื่อนที่จากจุดปล่อยไปยังสถานีได้พอดี โดยมีอุปกรณ์ให้สร้างแบบจำลองคือ 1) ดินน้ำมัน 2) เสาเหล็กตั้งได้ 3) ไม้เสียบลูกชิ้น 4) ลูกแก้ว 5) แผ่นไม้ และ 6) เชือก

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ (ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร มีอะไรบ้าง)

.....

.....

.....

.....

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ให้นักเรียนเขียนความรู้ หลักการ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ที่ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ให้นักเรียนนำความรู้ หลักการ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ได้จากข้อที่ 2 มาประยุกต์เพื่อออกแบบชิ้นงานที่จะสร้างขึ้นสำหรับการแก้ปัญหา โดยเขียนขั้นตอนหรือวาดภาพชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหา และเขียนวิธีการคำนวนณต่าง ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ให้นักเรียนดำเนินการสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ และเขียนอธิบายขั้นตอนขั้นการสร้างชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

.....

5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) ให้นักเรียนทำการทดสอบ ประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือนวัตกรรมของตนเอง และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานหากพบปัญหา และเขียนผลลัพธ์ที่ได้ลงในช่องว่าง

.....

.....

.....

.....

.....

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหา

แบบประเมินการให้คะแนนด้านทักษะ (P)

คำชี้แจง เขียนคะแนนลงในช่องให้คะแนนที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุด (ด้านละ 2 คะแนน)

ชื่อกลุ่ม	พฤติกรรม			
	การระบุปัญหา	การออกแบบ	การสร้างแบบจำลอง	รวม
1				
2				
3				
4				

ลงชื่อ.....ผู้สังเกต

(.....)

วันที่..... /..... /.....

เกณฑ์การประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 4 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 6 คะแนน	2 หมายถึง ดี 1 หมายถึง พอใช้ 0 หมายถึง ต้องปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2	1	0
การระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด	นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่จะนำมาแก้ไขได้และตรงกับประเด็นที่จะแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่จะนำมาแก้ไขได้ แต่ไม่ตรงกับประเด็นที่จะแก้ปัญหา	นักเรียนไม่ทำการระบุปัญหาที่จะนำมาแก้ไข
การออกแบบ	นักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาโดยนำความรู้ที่สืบค้นมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้และแปลกใหม่	นักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาโดยนำความรู้ที่สืบค้นมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้ แต่ไม่แปลกใหม่	นักเรียนไม่ทำการออกแบบแบบวิธีการแก้ปัญหา
การสร้างแบบจำลอง	นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองตามแผนการที่วางไว้ได้	นักเรียนสร้างสามารถแบบจำลองได้ แต่ไม่เป็นตามแผนการที่วางไว้	นักเรียนไม่ทำการสร้างแบบจำลอง

แบบประเมินการให้คะแนนกด้านความรับผิดชอบ (A)

คำชี้แจง สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรมและให้คะแนนลงในช่องที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุด

ชื่อกลุ่ม	**พฤติกรรม**
	ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (เต็ม 2 คะแนน)
1	
2	
3	
4	
5	

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่...../..... /.....

เกณฑ์การประเมิน

ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 1 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 2 คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนน

2 หมายถึง ดี

1 หมายถึง พอใช้

0 หมายถึง ต้องปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	**ระดับคะแนน**		
	2 คะแนน	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	นักเรียนส่งงานที่ได้รับมอบหมายภายในเวลาที่กำหนด	นักเรียนส่งงานที่ได้รับมอบหมายภายช้ากว่าเวลาที่กำหนด	นักเรียนไม่ส่งงานที่ได้รับมอบหมาย

ตัวอย่างแผนการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

แผนการเรียนรู้ที่ 7

หน่วยการเรียนรู้ งานและพลังงาน **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

เรื่อง การแก้ปัญหาสำหรับเครื่องกลอย่างง่าย (ตอนที่ 1) **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง **ภาคเรียนที่ 2/2563**

---

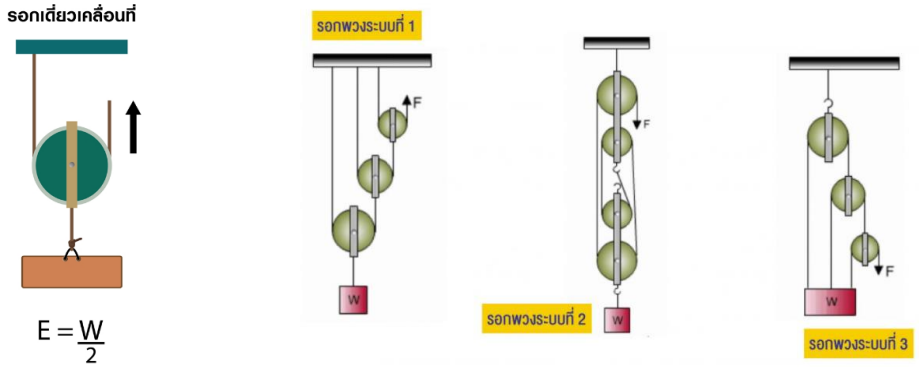
1. ผลการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 10 วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบาย และคำนวณกำลังเฉลี่ย

สาระฟิสิกส์ที่ 1 ข้อที่ 13 อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล

2. สาระสำคัญ

นำความรู้ เรื่อง กำลัง เครื่องกลอย่างง่าย และประสิทธิภาพของเครื่องกล ไปประยุกต์ใช้สำหรับการแก้ปัญหาในกิจกรรมรอกเดี่ยวเคลื่อนที่และรอกพวก ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของหลักการ กระบวนการ หรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมเพื่อนำไปใช้สำหรับการแก้ปัญหา



3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานระบบรอกเดี่ยวเคลื่อนที่และรอกพวกได้

2) นักเรียนสามารถระบุปัญหา ออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาได้

3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

4. สาระการเรียนรู้

การแก้ปัญหาสำหรับเครื่องกลอย่างง่าย (ตอนที่ 1)

5. กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา (STEAM Education) โดยใช้ขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน

1. ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)

1.1 ครูจัดกลุ่มนักเรียนแบบคละความสามารถ กลุ่มละ 4-5 คน

1.2 ครูตั้งคำถามหรือให้นักเรียนอภิปรายเพื่อสำรวจความรู้เบื้องต้นเกี่ยวรถหลักการทำงานของรถเครน เช่น นักเรียนรู้จักรถเครนหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร รถเครนมีหน้าที่อะไร และมีหลักการทำงานอย่างไร (ให้นักเรียนตอบอย่างอิสระ)

1.3 นักเรียนศึกษาวิดีทัศน์เกี่ยวกับรถเครนที่ครูเตรียมมาให้

1.4 ครูกำหนดสถานการณ์ต่อไปนี้

บริษัทแห่งหนึ่งต้องการสร้างรถเครนขึ้นมาจำหน่ายในท้องตลาด บริษัทต้องการวิศวกรมาออกแบบรถเครน จึงมีการจัดแข่งขันภายในบริษัทเพื่อหาวิศวกรที่จะมาสร้างรถเครน โดยการสร้างแบบจำลองรถเครนให้มีขนาดที่เหมาะสม โดยเน้นไปที่การยกวัตถุที่มีน้ำหนักมาก โดยมีอุปกรณ์ให้สร้างแบบจำลองคือ 1.รอก 2.เชือก 3.ตาชั่งสปริง 4.ถุงมวล 5.แกนเสาตั้ง และ 6.ฐานรอง

1.5 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายในประเด็นที่ว่า ปัญหาของสถานการณ์คืออะไร สถานการณ์อยากให้เราแก้ปัญหาอะไร อย่างไร

1.6 ครูสุ่มถามนักเรียนกลุ่มตัวอย่างว่า จากสถานการณ์ดังกล่าวนักเรียนคิดว่าปัญหาที่ควรแก้ไขคืออะไร หากนักเรียนยังตอบไม่ตรงประเด็น ครูจะพานักเรียนวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลจากสถานการ์ เพื่อนำไปสู่การตอบการระบุปัญหา

1.7 เมื่อนักเรียนสามารถระบุปัญหาได้แล้วให้นักเรียนบันทึกลงในใบงานที่ 5 ข้อที่ 1

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากใบความรู้ หนังสือเรียน รวมถึงอินเทอร์เน็ต หรือจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่นักเรียนสามารถค้นหาได้ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ประสิทธิภาพของเครื่องกลและรอกชนิดต่าง ๆ โดยศึกษาหลักการทำงานระบบรอกเดี่ยวเคลื่อนที่และรอกพวก

2.2 นักเรียนทำการสรุปความรู้ เรื่อง เครื่องกลอย่างง่าย ประสิทธิภาพของเครื่องกลและรอกชนิดต่าง ๆ โดยมีครูคอยให้คำแนะนำหากความรู้ที่สรุปยังมีข้อผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์ และบันทึกการลงในสมุด

2.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายในประเด็นดังต่อไปนี้ และบันทึกลงในใบงานที่ 5 ข้อที่ 2

2.3.1 ความรู้วิทยาศาสตร์ด้านใดบ้างที่เกี่ยวข้องการทำงานของระบบรถเครน

2.3.2 นักเรียนต้องคำนึงถึงปัจจัยอะไรบ้าง ที่เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองรถเครนให้มีขนาดที่เหมาะสม โดยเน้นไปที่การยกวัตถุที่มีน้ำหนักมาก

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

3.1 ครูเปิดวีดิทัศน์ที่เกี่ยวกับการออกแบบและวางแผน การสร้างชิ้นที่มีความแปลกทันสมัยสำหรับการแก้ปัญหาให้นักเรียนดู จากลิงค์ https://www.youtube.com/watch?v=Fj3zR28qimY และ https://www.youtube.com/watch?v=P1s9CxmRn-w เพื่อให้นักเรียนนำหลักการและความรู้ที่จากการศึกษาวีดิทัศน์ไปประยุกต์ในการออกแบบชิ้นงานตนเอง

3.2 ให้นักเรียนนำข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในขั้นที่ 2 มาประยุกต์ใช้กับความรู้ทางด้านวิศวกรรม เพื่อออกแบบชิ้นงานหรือนวัตกรรมในการแก้ปัญหา และนำศาสตร์ความรู้ทางด้านศิลปะมาช่วยในการออกแบบนวัตกรรมให้มีความน่าสนใจและแปลกใหม่ โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

3.2 ให้นักเรียนนำความรู้ เรื่อง รอก หลักการต่าง ๆ มาออกแบบเพื่อสร้างเป็นแบบจำลอง โดยนำวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้กับหลักการดังกล่าว

3.4 ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และบันทึกลงในใบงานที่ 5 ข้อที่ 3

4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการทำงานและดำเนินการสร้างแบบจำลองรถเครนตามที่ได้ออกแบบไว้

4.2 ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาและบันทึกลงในใบงานที่ 5 ข้อที่ 4

5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

5.1 ครูให้นักเรียนทดสอบชิ้นงานว่าเป็นไปตามเงื่อนไงของสถานณ์หรือไม่อย่างไร หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์ ให้นักเรียนทำการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่คิดว่าเป็นปัญหาและทดลองใหม่

5.2 ครูให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการทดสอบชิ้นงาน และผลลัพธ์ที่ได้จากทดสอบและบันทึกลงในใบงานที่ 5 ข้อที่ 5

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

6.1 ครูให้นักเรียนนำเสนอและร่วมกันอภิปรายแนวคิดและวิธีการออกแบบจำลองเครื่องเล่นรถไฟเหาะตลอดจนวิธีการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน

6. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
1) นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานระบบรอกเดี่ยวเคลื่อนที่และรอกพวกได้ (K)	ตรวจสอบจากสมุด	แบบประเมินการให้คะแนนด้านความรู้ (K)	ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 1 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 2คะแนน
2) นักเรียนสามารถระบุปัญหา ออกแบบและสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาได้ (P)	ใบงานที่ 5	แบบประเมินการให้คะแนนด้านทักษะ (P)	ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 4 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 6 คะแนน
3) นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)	การสังเกต	แบบประเมินการให้คะแนนกด้านความรับผิดชอบ (A)	ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 1 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 2 คะแนน

7. แหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ชั้น ม.4 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
2. แหล่งเรียนรู้ออนไลน์ต่าง ๆ

8. อ้างอิง

1. หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ชั้น ม.4 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
2. https://www.youtube.com/watch?v=mEJiZgdPaGQ
3. https://www.kachathailand.com/product/mini-crane-mc/

9. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ใบความรู้

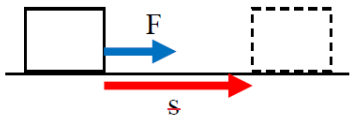
บทที่ 5 งานและพลังงาน

5.1 งาน

งาน เป็นผลอย่างหนึ่งซึ่งเกิดจากการออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตาม แนวแรงนั้น

เราสามารถหาขนาดของงานได้จากผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับการกระจัดตามแนวแรงนั้น เขียนเป็นสมการจะได้

$$W = F s$$



เมื่อ F คือแรง (นิวตัน)

s คือการกระจัดตามแนวแรงนั้น (เมตร)

W คืองาน (นิวตัน·เมตร , จูล)

หมายเหตุ : ถ้าทิศของแรงมีทิศเดียวกับทิศของการกระจัด ต้องแทนค่าแรง (F) เป็นบวก

ถ้าทิศของแรงมีทิศตรงกันข้ามกับทิศของการกระจัด ต้องแทนค่าแรง (F) เป็นลบ

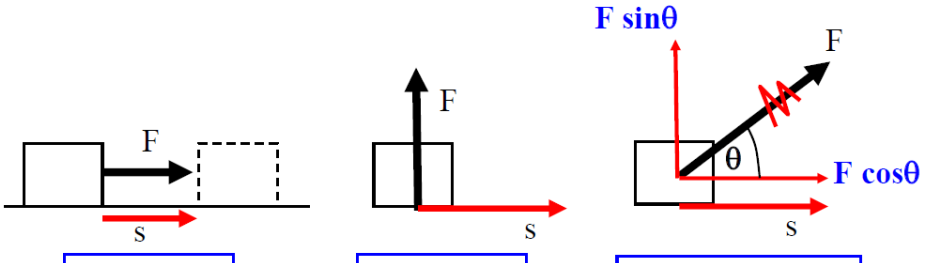
5.1.1 งานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่

การคำนวณหางานโดยใช้สมการ $W = F s$ นั้น ต้องระวังว่า

ทิศของแรง (F) กับการกระจัด (s) ต้องอยู่ในแนวที่ขนานกันจึงใช้คำนวณหางาน (W) ได้

หากแรง (F) มีทิศตั้งฉากกับการกระจัด (s) ค่าของงาน (W) จะมีค่าเป็นศูนย์

หากทิศของแรง (F) อยู่ในแนวเอียงทำมุมกับการกระจัด (s) ให้ทำการแตกแรงแล้วใช้แรงที่อยู่ในแนวขนานกับการกระจัด (s) เป็นตัวคำนวณหางาน (W)



$W = F s$ | $W = 0$ | $W = F\cos\theta\ s$

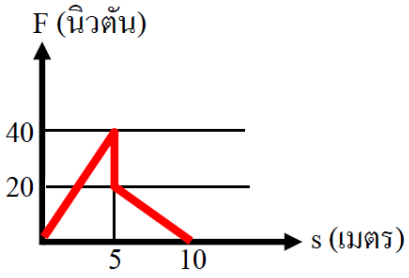
(ใช้ $F\cos\theta$ เพราะอยู่ในแนวขนานกับ s)

5.1.2 งานของแรงที่มีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอ

หากแรงมีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างสม่ำเสมอ ต้องหาค่าของแรงเฉลี่ย แล้วจึงนำแรงเฉลี่ยนั้นมาคำนวณหางาน

5.1.3 การหางานจากพื้นที่ใต้กราฟของแรง (F) กับการกระจัด (s)

หากโจทย์กำหนดกราฟของแรง (F) กับการกระจัด (s) มาให้ พื้นที่ใต้กราฟนั้นจะมีค่าเท่ากับผลคูณ F.s เสมอ



5.2 พลังงาน

พลังงาน คือความสามารถในการทำงานได้ พลังงานเป็น ปริมาณสเกลาร์

พลังงานมีหลายรูปแบบเช่น พลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า พลังงานแสง พลังงานเคมี พลังงานกล เป็นต้น

พลังงานกล คือพลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของวัตถุ และพลังงานที่สะสมในตัววัตถุ ซึ่งอาจถูกปลดปล่อยออกเป็นพลังงานรูปแบบอื่นๆ ได้ พลังงานกลของวัตถุมี 2 รูปแบบได้แก่ พลังงานจลน์ และ พลังงานศักย์

5.2.1 พลังงานจลน์

พลังงานจลน์ คือพลังงานกลที่ขึ้นกับความเร็วของวัตถุ วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วจะมีพลังงานจลน์ วัตถุที่อยู่นิ่งจะไม่มีพลังงานจลน์

เราสามารถหาขนาดของพลังงานจลน์ได้จาก

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

เมื่อ E_k คือพลังงานจลน์ (จูล)

m คือมวล (กิโลกรัม)

v คือความเร็วของวัตถุ (เมตร/วินาที)

5.2.2 พลังงานศักย์

พลังงานศักย์ คือพลังงานที่สะสมอยู่ในตัววัตถุซึ่งอาจถูกปลดปล่อยออกมาเป็นพลังงานรูปแบบอื่นๆ ได้

พลังงานศักย์ซึ่งเกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วง เรียกว่า**พลังงานศักย์โน้มถ่วง** เช่นเมื่อเราแบกวัตถุไว้สูงจากพื้นขนาดหนึ่ง ในวัตถุจะมีพลังงานสะสมอยู่ พลังงานที่สะสมตรงนี้เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก เราเรียกพลังงานศักย์โน้มถ่วง ซึ่งหาขนาดได้จาก

$$E_p = mgh$$

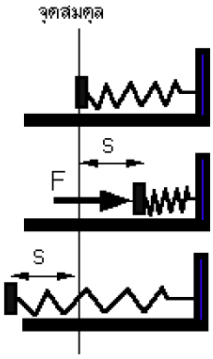
เมื่อ Ep คือพลังงานศักย์โน้มถ่วง (จูล)

m คือมวล (กิโลกรัม)

g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (เมตร/วินาที^{2})

h คือความสูงจากจุดเปรียบเทียบถึงวัตถุ (เมตร)

พลังงานศักย์ซึ่งเกี่ยวข้องกับความยืดหยุ่นของวัตถุ เรียกว่า**พลังงานศักย์ยืดหยุ่น** เช่น เมื่อเรานำวัตถุติดไว้ตรงปลายสปริงดังรูป หากเราไม่ออกแรงดึงสปริงให้ยืดหรือกดสปริงให้ยุบ จุดที่วัตถุอยู่ (ปลายสปริง) จะเรียก **จุดสมดุล** ณ.จุดตรงนี้วัตถุจะไม่มีพลังงานศักย์ หากเราดึงสปริงให้ยืดหรือกดให้ยุบ ให้วัตถุอยู่ห่างจากจุดสมดุล ในวัตถุจะมีพลังงานศักย์สะสมอยู่เรียกพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ซึ่งหาขนาดได้จาก



$$E_p = \frac{1}{2} k s^2$$

เมื่อ E_p คือพลังงานศักย์ยืดหยุ่น (จูล)

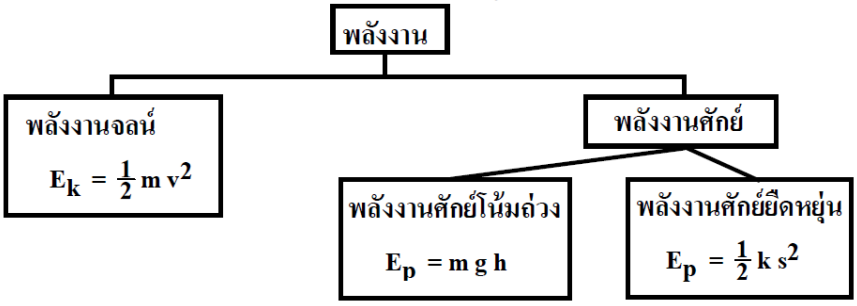
s คือระยะห่างจากจุดสมดุล (เมตร)

k คือค่านิจสปริง (นิวตัน/เมตร)

โดย $k = \frac{F}{s}$

เมื่อ F คือแรงกระทำ (นิวตัน)

s คือระยะห่างจากสมดุล ซึ่งเกิดจากแรง F (เมตร)



5.3 กฎการอนุรักษ์พลังงาน

กฎการอนุรักษ์พลังงาน กล่าวว่า " พลังงานเป็นปริมาณที่ไม่สูญหาย แต่อาจเปลี่ยนรูปหรือเคลื่อนย้ายได้ โดยปริมาณทั้งหมดของพลังงานต้องคงเดิม "

5.4 การประยุกต์กฎการอนุรักษ์พลังงาน

การคำนวณโจทย์เกี่ยวกับกฎการอนุรักษ์พลังงาน สามารถทำได้โดยใช้สมการ

$$E_1 + W = E_2$$

เมื่อ E_1 , E_2 คือพลังงานที่มีตอนแรก และตอนหลังตามลำดับ

W คืองานในระบบ

5.5 กำลัง

กำลัง คืออัตราการทำงาน หรือปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

เราสามารถหากำลังได้จาก

$$P = \frac{W}{t}$$

เมื่อ P คือกำลัง (วัตต์)

W คืองาน (จูล)

t คือเวลา (วินาที)

และเนื่องจาก $W = Fs$ จึงได้ว่า $P = \frac{Fs}{t}$

และเนื่องจาก $v = \frac{s}{t}$ จึงได้ว่า $P = Fv$

เมื่อ F คือแรง (นิวตัน) s คือระยะทาง (เมตร)

t คือเวลา (วินาที) v คืออัตราเร็ว (เมตรต่อวินาที)

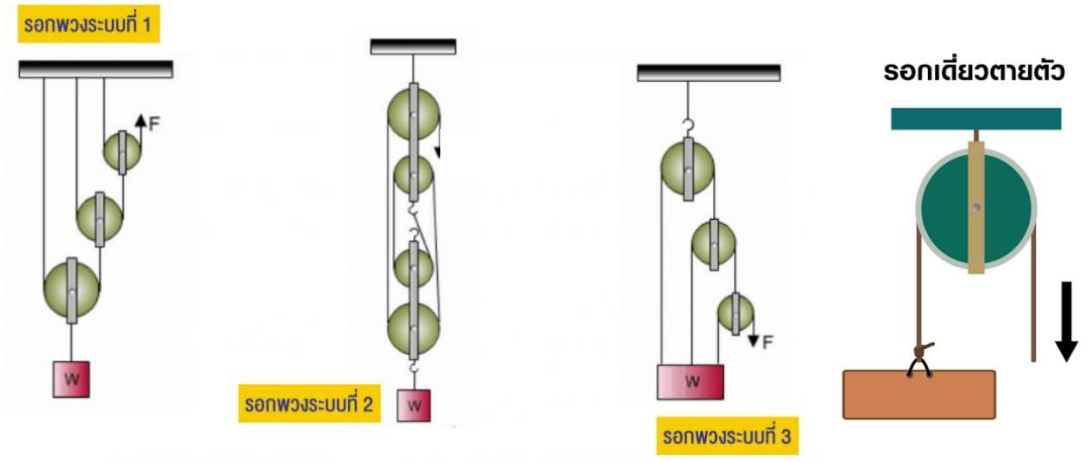
5.6 เครื่องกล

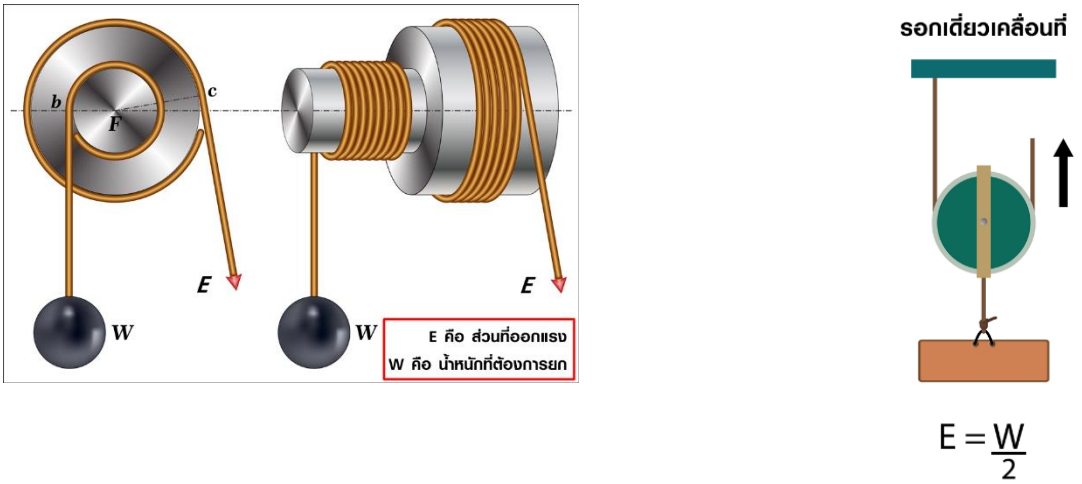
เครื่องกลเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การทำงานสะดวกขึ้นหรือง่ายขึ้น เครื่องกลจะไม่ช่วยให้เราทำงานได้มากกว่างานที่เราให้แก่เครื่องกล และอาจสูญเสียงานไปเล็กน้อยเนื่องจากความฝืดอีกด้วย

งานที่ได้จากเครื่องกล = งานที่เราให้แก่เครื่องกล – งานที่สูญเสียไปเนื่องจากความฝืด

และ ประสิทธิภาพเครื่องกล (Eff) = $\frac{\text{งานที่ได้จากเครื่องกล}}{\text{งานที่เราให้แก่เครื่องกล}}$ x 100 %

เครื่องกลอย่างง่ายมี 6 ประเภทได้แก่ คาน , ลิ่ม , พื้นเอียง , ล้อกับเพลา , สกรู , รอก





แบบประเมินการให้คะแนนด้านความรู้ (K)

คำชี้แจง เขียนคะแนนลงในช่องให้คะแนนที่ตรงกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียนมากที่สุด

ชื่อ-สกุล	การเขียนสรุปความรู้ (2 คะแนน)
1	
2	
3	
4	
5	

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่...../..... /.....

เกณฑ์การประเมิน

ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 1 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 2 คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
การเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากสืบค้น	เขียนสรุปความรู้ถูกต้อง และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด	เขียนสรุปความรู้ถูกต้อง แต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด	ไม่เขียนสรุปใด ๆ

ใบงานที่ 5

ชื่อกลุ่ม..... ชั้น .....

สมาชิกประกอบ 1..... เลขที่ .....

2..... เลขที่ .....

3..... เลขที่ .....

4..... เลขที่ .....

5..... เลขที่ .....

ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้

บริษัทแห่งหนึ่งต้องการสร้างรถเครนขึ้นมาจำหน่ายในท้องตลาด บริษัทต้องการวิศวกรมาออกแบบรถเครน จึงมีการจัดแข่งขันภายในบริษัทเพื่อหาวิศวกรที่จะมาสร้างรถเครน โดยการสร้างแบบจำลองรถเครนให้มีขนาดที่เหมาะสม โดยเน้นไปที่การยกวัตถุที่มีน้ำหนักมาก โดยมีอุปกรณ์ให้สร้างแบบจำลองคือ 1) รอก 2) เชือก 3) ตาชั่งสปริง 4) ถุงมวล 5) แกนเสาตั้ง และ 6) ฐานรอง

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ (ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร มีอะไรบ้าง)

.....

.....

.....

.....

.....

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ให้นักเรียนเขียนความรู้ หลักการ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ที่ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

.....

.....

.....

.....

.....

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ให้นักเรียนนำความรู้ หลักการ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ได้จากข้อที่ 2 มาประยุกต์เพื่อออกแบบชิ้นงานที่จะสร้างขึ้นสำหรับการแก้ปัญหา โดยเขียนขั้นตอนหรือวาดภาพชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหา และเขียนวิธีการคำนวนณต่าง ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ให้นักเรียนดำเนินการสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ และเขียนอธิบายขั้นตอนขั้นการสร้างชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

.....

5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) ให้นักเรียนทำการทดสอบ ประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือนวัตกรรมของตนเอง และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานหากพบปัญหา และเขียนผลลัพธ์ที่ได้ลงในช่องว่าง

.....

.....

.....

.....

.....

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหา

แบบประเมินการให้คะแนนด้านทักษะ (P)

คำชี้แจง เขียนคะแนนลงในช่องให้คะแนนที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุด (ด้านละ 2 คะแนน)

ชื่อกลุ่ม	พฤติกรรม			
	การระบุปัญหา	การออกแบบ	การสร้างแบบจำลอง	รวม
1				
2				
3				
4				

ลงชื่อ.....ผู้สังเกต

(.....)

วันที่..... /..... /.....

เกณฑ์การประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 4 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 6 คะแนน	2 หมายถึง ดี 1 หมายถึง พอใช้ 0 หมายถึง ต้องปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2	1	0
การระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด	นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่จะนำมาแก้ไขได้และตรงกับประเด็นที่จะแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่จะนำมาแก้ไขได้ แต่ไม่ตรงกับประเด็นที่จะแก้ปัญหา	นักเรียนไม่ทำการระบุปัญหาที่จะนำมาแก้ไข
การออกแบบ	นักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาโดยนำความรู้ที่สืบค้นมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้และแปลกใหม่	นักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาโดยนำความรู้ที่สืบค้นมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้ แต่ไม่แปลกใหม่	นักเรียนไม่ทำการออกแบบแบบวิธีการแก้ปัญหา
การสร้างแบบจำลอง	นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองตามแผนการที่วางไว้ได้	นักเรียนสร้างสามารถแบบจำลองได้ แต่ไม่เป็นตามแผนการที่วางไว้	นักเรียนไม่ทำการสร้างแบบจำลอง

แบบประเมินการให้คะแนนกด้านความรับผิดชอบ (A)

คำชี้แจง สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรมและให้คะแนนลงในช่องที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุด

ชื่อกลุ่ม	**พฤติกรรม**
	ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (เต็ม 2 คะแนน)
1	
2	
3	
4	
5	

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่...../..... /.....

เกณฑ์การประเมิน

ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 1 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนทั้งหมด 2 คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนน

2 หมายถึง ดี

1 หมายถึง พอใช้

0 หมายถึง ต้องปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	**ระดับคะแนน**		
	2 คะแนน	**1 คะแนน**	**0 คะแนน**
ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	นักเรียนส่งงานที่ได้รับมอบหมายภายในเวลาที่กำหนด	นักเรียนส่งงานที่ได้รับมอบหมายภายช้ากว่าเวลาที่กำหนด	นักเรียนไม่ส่งงานที่ได้รับมอบหมาย

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ

แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบชุดที่ 1

ชื่อ-สกุล..... ชั้น ..... เลขที่ .....

ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้ (สถานการณ์ที่ 1)

หากต้องการทราบความสูงของอาคารเรียนชั้นที่ 2 ว่าสูงจากชั้นที่ 1 เท่าใด นักเรียนสามารถออกแบบอุปกรณ์หรือสร้างนวัตกรรมในการวัดความสูงได้อย่างไร โดยขณะนั้นนักเรียนมีแค่โทรศัพท์ 1 เครื่อง (มีเพียงแอปพิเคชั่นนาฬิการจับเวลา) และยางลบขนาดเล็ก 1 ก้อน โดยห้ามใช้เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดความยาวหรือความสูง เช่น ไม้เมตร ตลับเมตร เป็นต้น และห้ามประมาณค่าหรือคาดคะเน

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าวว่าคืออะไร และมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนสังเคราะห์ปัญหาที่ได้จากข้อที่ 1 และระบุว่าปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงสิ่งที่มีอยู่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนนำข้อมูลจากข้อที่ 3 มาสร้างแบบจำลองหรือชิ้นงาน โดยให้วาดภาพแบบจำลองหรือภาพชิ้นงาน และเขียนองค์ประกอบต่าง ๆ ของชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ให้นักเรียนทดสอบการแก้ปัญหา โดยอธิบายหลักการทำงานของชิ้นงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้ (สถานการณ์ที่ 2)

อาจารย์ Superbeam ต้องการทราบมวลของแท่งเหล็กแท่งหนึ่ง โดยแท่งเหล็กมีมวลมาก ไม่สามารถยกขึ้นได้ แต่สามารถผลักให้ล้มได้ อาจารย์ Superbeam ต้องการให้นักเรียนช่วยออกแบบอุปกรณ์หรือสร้างนวัตกรรม โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อสาธิตวิธีการหามวลของแท่งเหล็กนี้ โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองดังนี้ 1. ตาชั่งสปริง 2. ถังสีทรงกระบอก (สูง 20 cm รัศมี 15 cm) และ 3. ไม้บรรทัด

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าวว่าคืออะไร และมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนสังเคราะห์ปัญหาที่ได้จากข้อที่ 1 และระบุว่าปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงสิ่งที่มีอยู่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนนำข้อมูลจากข้อที่ 3 มาสร้างแบบจำลองหรือชิ้นงาน โดยให้วาดภาพแบบจำลองหรือภาพชิ้นงาน และเขียนองค์ประกอบต่าง ๆ ของชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ให้นักเรียนทดสอบการแก้ปัญหา โดยอธิบายหลักการทำงานของชิ้นงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบชุดที่ 2

ชื่อ-สกุล..... ชั้น ..... เลขที่ .....

ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้ (สถานการณ์ที่ 1)

นักเรียนเป็นวิศวกรในบริษัทแห่งหนึ่งที่ผู้ประกอบธุรกิจบันจีจัมป์ว่าจ้างให้ออกแบบเชือกสำหรับกิจกรรมบันจีจัมป์ให้มีความยาวเหมาะสมกับความสูงของหอกระโดดและน้ำหนักของผู้กระโดด บริษัทจึงทำการคัดเลือกกลุ่มวิศวกรที่มีความรู้ความสามารถเพื่อทำงานนี้ โดยจัดให้มีการแข่งขันภายในบริษัทเพื่อสร้างแบบจำลองบันจีจัมป์ที่ทำให้ถุงทรายมวล 1,000 กรัม ตกลงจากระดับความสูง 3 เมตร โดยให้ถุงทรายอยู่ใกล้พื้นมากที่สุดและไม่กระทบพื้น โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบดังนนี้ 1. ยางยืด 2. เชือก และ 3. ตาชั่งสปริง

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าวว่าคืออะไร และมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนสังเคราะห์ปัญหาที่ได้จากข้อที่ 1 และระบุว่าปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงสิ่งที่มีอยู่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนนำข้อมูลจากข้อที่ 3 มาสร้างแบบจำลองหรือชิ้นงาน โดยให้วาดภาพแบบจำลองหรือภาพชิ้นงาน และเขียนองค์ประกอบต่าง ๆ ของชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ให้นักเรียนทดสอบการแก้ปัญหา โดยอธิบายหลักการทำงานของชิ้นงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้ (สถานการณ์ที่ 2)

บริษัทแห่งหนึ่งต้องการสร้างเครื่องกันการกระแทกกรณีกันรถยนต์เบรกแตกขณะลงเขาแล้วต้องหาที่จอดแบบฉุกเฉิน บริษัทต้องการวิศวกรมาออกแบบเครื่องชนิดนี้ จึงมีการจัดแข่งขันภายในบริษัทเพื่อหาวิศวกรที่จะมาสร้างเครื่องชนิดนี้ โดยการสร้างแบบจำลองเครื่องกันการกระแทกโดยมีเงื่อนไขที่ว่าจะปล่อยวัตถุที่ความสูง 1 เมตร และปล่อยให้เคลื่อนที่ลงในแนวเอียงกับพื้นโลก ให้วิศวการออกแบบเครื่องกันการกระแทกที่ทำให้วัตถุไม่เกิดความเสียหายและไม่หลุดออกนอกเส้นทาง โดยมีอุปกรณ์ให้สร้างแบบจำลองคือ 1. กล่องมวล 2. เสาเหล็กตั้งได้ 3. ฟิวเจอร์บอด และ 4. ยางยืด และ 5. ตาชั่งสปริง ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรนักเรียนจะมีวิธีการออกแบบและแก้ปัญหาอย่างไร

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าวว่าคืออะไร และมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนสังเคราะห์ปัญหาที่ได้จากข้อที่ 1 และระบุว่าปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงสิ่งที่มีอยู่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนนำข้อมูลจากข้อที่ 3 มาสร้างแบบจำลองหรือชิ้นงาน โดยให้วาดภาพแบบจำลองหรือภาพชิ้นงาน และเขียนองค์ประกอบต่าง ๆ ของชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ให้นักเรียนทดสอบการแก้ปัญหา โดยอธิบายหลักการทำงานของชิ้นงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบชุดที่ 3

ชื่อ-สกุล..... ชั้น ..... เลขที่ .....

ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้ (สถานการณ์ที่ 1)

ผู้รับเหมาก่อสร้างแห่งหนึ่งกำลังก่อสร้างตึกที่มีความสูงประมาณตึก 4 ชั้น ผู้รับเหมาต้องต้องการอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ช่วยให้การก่อสร้างเป็นไปอย่างเร็วรวด อำนวยความสะดวกมากขึ้นและมีความปลอดภัย (ต้องการยกสิ่งของไปขึ้นที่สูง) ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรที่ผู้รับเหมามาติดต่อว่าจ้างให้ออกแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ดังกล่าว นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรในออกแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้รับเหมา โดยการสร้างแบบจำลองและสาธิตเพื่อให้ผู้รับเหมายอมรับและเลือกให้นักเรียนเป็นผู้ออกแบบในครั้งนี้ โดยมีอุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลองคือ 1. รอก 2. เชือก 3. ตาชั่งสปริง 4. ถุงมวล และ 5. แกนเสาตั้งสูง 2 เมตร

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าวว่าคืออะไร และมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนสังเคราะห์ปัญหาที่ได้จากข้อที่ 1 และระบุว่าปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงสิ่งที่มีอยู่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. ให้นักเรียนนำข้อมูลจากข้อที่ 3 มาสร้างแบบจำลองหรือชิ้นงาน โดยให้วาดภาพแบบจำลองหรือภาพชิ้นงาน และเขียนองค์ประกอบต่าง ๆ ของชิ้นงาน

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. ให้นักเรียนทดสอบการแก้ปัญหา โดยอธิบายหลักการทำงานของชิ้นงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้ (สถานการณ์ที่ 2)

บริษัทแห่งหนึ่งต้องการสร้างรถเครนขึ้นมาจำหน่ายในท้องตลาด บริษัทต้องการวิศวกรมาออกแบบรถเครน จึงมีการจัดแข่งขันภายในบริษัทเพื่อหาวิศวกรที่จะมาสร้างรถเครน โดยการสร้างแบบจำลองรถเครนให้มีขนาดที่เหมาะสม โดยเน้นไปที่การยกวัตถุที่มีน้ำหนักมาก โดยมีอุปกรณ์ให้สร้างแบบจำลองคือ 1. รอก 2. เชือก 3. ตาชั่งสปริง 4. ถุงมวล 5. แกนเสาตั้ง และ 6. ฐานรอง ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรนักเรียนจะมีวิธีการออกแบบและแก้ปัญหาอย่างไร

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าวว่าคืออะไร และมีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนสังเคราะห์ปัญหาที่ได้จากข้อที่ 1 และระบุว่าปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงสิ่งที่มีอยู่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนนำข้อมูลจากข้อที่ 3 มาสร้างแบบจำลองหรือชิ้นงาน โดยให้วาดภาพแบบจำลองหรือภาพชิ้นงาน และเขียนองค์ประกอบต่าง ๆ ของชิ้นงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ให้นักเรียนทดสอบการแก้ปัญหา โดยอธิบายหลักการทำงานของชิ้นงานและผลที่0คาดว่าจะเกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบลงคะแนนแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ

คำชี้แจง เขียนคะแนนลงในช่องให้คะแนนที่ตรงกับพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนมากที่สุด (แต่ละด้านมีคะแนนเต็ม 2 คะแนน)

ชื่อ-สกุล	พฤติกรรม					
	ด้าน Empathize	ด้าน Define	ด้าน Ideate	ด้าน Prototype	ด้าน Test	คะแนนรวม 10
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

ลงชื่อ.....ผู้สังเกต

(.....)

วันที่..... /..... /.....

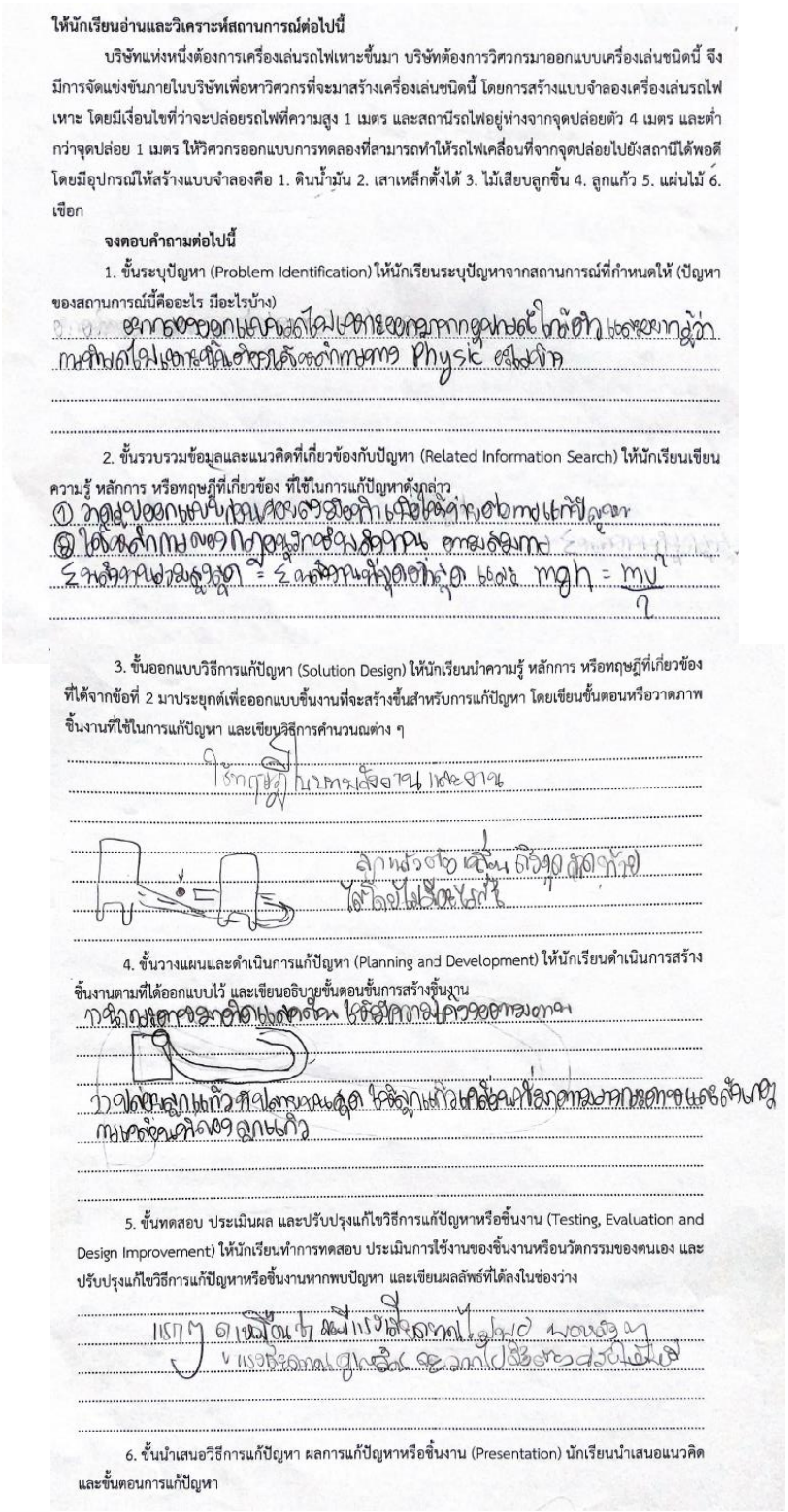
เกณฑ์การประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนน 7 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน	2 หมายถึง ดี 1 หมายถึง พอใช้ 0 หมายถึง ต้องปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ขั้น Empathize	นักเรียนสามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้และมีความหลากหลายหรืออธิบายรายละเอียดของปัญหาได้ครบถ้วน	นักเรียนสามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้ แต่ไม่มีความหลากหลายหรืออธิบายรายละเอียดของปัญหาได้ไม่ครบถ้วน	นักเรียนไม่สามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้
ขั้น Define	นักเรียนสามารถระบุปัญหาตามความต้องของสถานการณ์ได้ชัดเจน และมีความกระชับ	นักเรียนสามารถระบุปัญหาตามความต้องของสถานการณ์ได้ แต่ยังไม่ชัดเจน และไม่มีความกระชับ	นักเรียนไม่สามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้
ขั้น Ideate	นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาให้เข้าใจง่ายและแปลกใหม่	นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาโดยการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ แต่เข้าใจยากหรือไม่แปลกใหม่	นักเรียนไม่สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาได้
ขั้น Prototype	นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานโดยวาดภาพและเขียนองค์ประต่าง ๆ ของชิ้นงานได้ และเป็นไปตามแนวทางการแก้ปัญหาในขั้น Ideate	นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานโดยวาดภาพและเขียนองค์ประต่าง ๆ ของชิ้นงานได้ แต่ไม่เป็นไปตามแนวทางการแก้ปัญหาในขั้น Ideate	นักเรียนไม่สามารถสร้างชิ้นงานหรือเขียนนำเสนอหลักการการแก้ปัญหาได้
ขั้น Test	นักเรียนสามารถทดสอบการแก้ปัญหา โดยนำแบบจำลองหรือชิ้นงานที่สร้างขึ้นในขั้น Prototype มาเขียนอธิบายหลักการทำงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและมีแนวโน้มที่จะสามารถแก้ปัญหาได้จริง	นักเรียนสามารถทดสอบการแก้ปัญหา โดยเขียนอธิบายหลักการทำงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่มีแนวโน้มที่จะสามารถแก้ปัญหาได้จริงหรือไม่ได้อ้างอิงถึงแบบจำลองหรือชิ้นงานที่สร้างขึ้นในขั้น Prototype	นักเรียนไม่สามารถทดสอบการแก้ปัญหาของขิ้นงานได้ โดยนำแบบจำลองหรือชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาอธิบายหลักการทำงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นและมีแนวโน้มที่จะสามารถแก้ปัญหาได้จริง

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างผลงานของนักเรียน

ตัวอย่างการทำใบงานของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย



ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้

บริษัทแห่งหนึ่งต้องการเครื่องเล่นรถไฟเหาะขึ้นมา บริษัทต้องการวิศวกรมาออกแบบเครื่องเล่นชนิดนี้ จึงมีการจัดแข่งขันภายในบริษัทเพื่อหาวิศวกรที่จะมาสร้างเครื่องเล่นชนิดนี้ โดยการสร้างแบบจำลองเครื่องเล่นรถไฟเหาะ โดยมีเงื่อนไขที่ว่าจะปล่อยรถไฟที่ความสูง 1 เมตร และสถานีรถไฟอยู่ห่างจากจุดปล่อยตัว 4 เมตร และต่ำกว่าจุดปล่อย 1 เมตร ให้วิศวกรออกแบบการทดลองที่สามารถทำให้รถไฟเคลื่อนที่จากจุดปล่อยไปยังสถานีได้พอดี โดยมีอุปกรณ์ให้สร้างแบบจำลองคือ 1. ดินน้ำมัน 2. เสาเหล็กตั้งได้ 3. ไม้เสียบลูกชิ้น 4. ลูกแก้ว 5. แผ่นไม้ 6. เชือก

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ (ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร มีอะไรบ้าง)

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ให้นักเรียนเขียนความรู้ หลักการ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ที่ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ให้นักเรียนนำความรู้ หลักการ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ได้จากข้อที่ 2 มาประยุกต์เพื่อออกแบบชิ้นงานที่จะสร้างขึ้นสำหรับการแก้ปัญหา โดยเขียนขั้นตอนหรือวาดภาพชิ้นงานที่ใช้ในการแก้ปัญหา และเขียนวิธีการคำนวณต่าง ๆ

4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ให้นักเรียนดำเนินการสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ และเขียนอธิบายขั้นตอนขั้นการสร้างชิ้นงาน

5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) ให้นักเรียนทำการทดสอบ ประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือนวัตกรรมของตนเอง และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานหากพบปัญหา และเขียนผลลัพธ์ที่ได้ลงในช่องว่าง

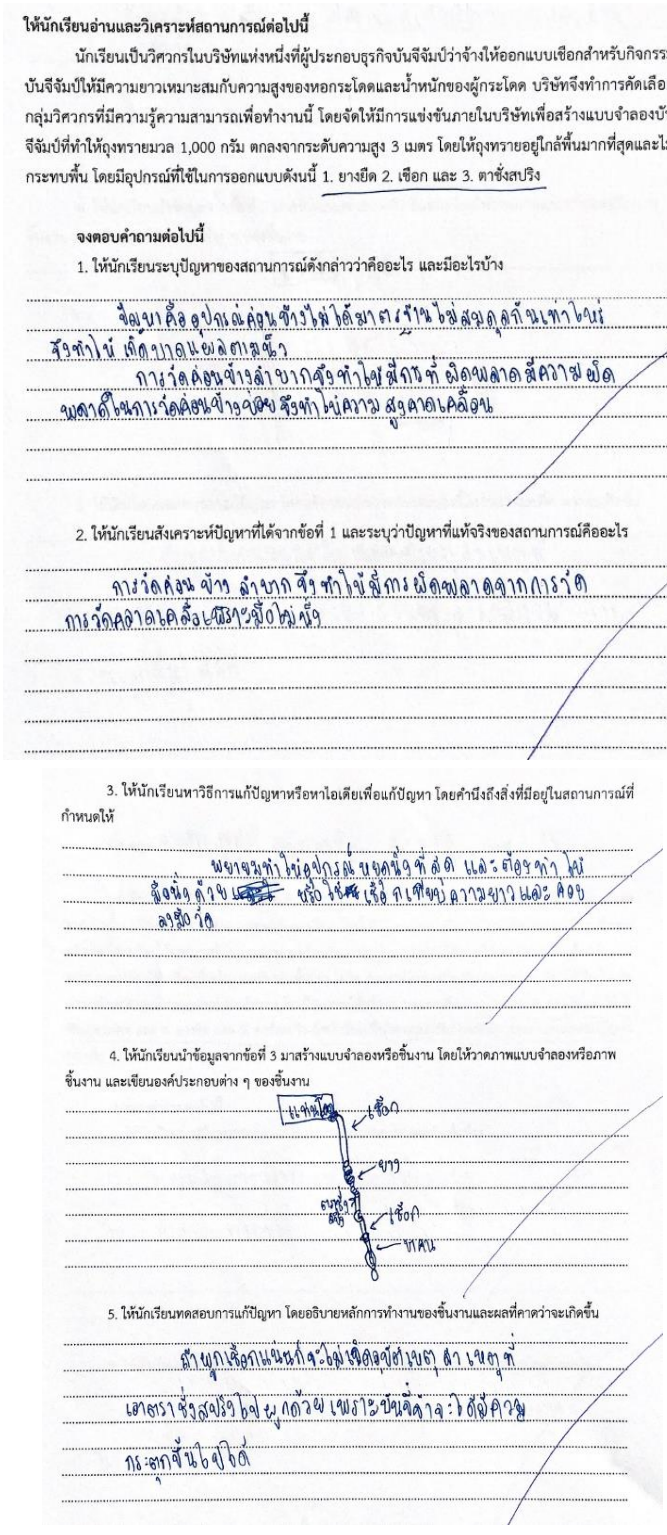
6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) นักเรียนนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหา

ภาพที่ 16 ตัวอย่างการทำใบงานของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

ตัวอย่างชิ้นงานหรือนวัตกรรมของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

ภาพที่ 17 ตัวอย่างชิ้นงานหรือนวัตกรรมของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

ตัวอย่างการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ผ่านเกณฑ์



ให้นักเรียนอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้

นักเรียนเป็นวิศวกรในบริษัทแห่งหนึ่งที่ผู้ประกอบธุรกิจบันจีจัมป์ว่าจ้างให้ออกแบบเชือกสำหรับกิจกรรมบันจีจัมป์ให้มีความยาวเหมาะสมกับความสูงของหอกระโดดและน้ำหนักของผู้กระโดด บริษัทจึงทำการคัดเลือกกลุ่มวิศวกรที่มีความรู้ความสามารถเพื่อทำงานนี้ โดยจัดให้มีการแข่งขันภายในบริษัทเพื่อสร้างแบบจำลองบันจีจัมป์ที่ทำให้ถุงทรายมวล 1,000 กรัม ตกลงจากระดับความสูง 3 เมตร โดยให้ถุงทรายอยู่ใกล้พื้นมากที่สุดและไม่กระทบพื้น โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบดังนี้ 1. ยางยืด 2. เชือก และ 3. ตาชั่งสปริง

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนระบุปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าวว่าคืออะไร และมีอะไรบ้าง

จัดหาเครื่องอุปกรณ์คุณข้างไม่ได้มาตรฐาน ไม่สมดุลกันเท่าไหร่
จึงทำให้เกิดการแยกสลายขึ้น
การวัดคุณข้างสำคัญที่จึงทำให้มีการผิดพลาดสื่อความผิด
พลาดในการวัดคุณข้างจึงจึงทำให้ความสูญหายเคลื่อน

2. ให้นักเรียนสังเคราะห์ปัญหาที่ได้จากข้อที่ 1 และระบุว่าปัญหาที่แท้จริงของสถานการณ์คืออะไร

การวัดคุณ ข้าง สำคัญ จึงทำให้มีการผิดพลาดจากการวัด
การวัดคลาดเคลื่อนเพราะมีอุปกรณ์

3. ให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหรือหาไอเดียเพื่อแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงสิ่งที่มีอยู่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้

พยายามทำให้อุปกรณ์ยางคุณที่ดี และอย่าทำให้
สิ่งนั้นสูญหาย ขยัน เรื่อง การเปลี่ยนความยาวและคอย
สังเกตุ

4. ให้นักเรียนนำข้อมูลจากข้อที่ 3 มาสร้างแบบจำลองหรือชิ้นงาน โดยให้วาดภาพแบบจำลองหรือภาพชิ้นงาน และเขียนองค์ประกอบต่าง ๆ ของชิ้นงาน

5. ให้นักเรียนทดสอบการแก้ปัญหา โดยอธิบายหลักการทำงานของชิ้นงานและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ถ้าหากเลือกเครื่องมือไม่เหมาะสมอุปกรณ์ต่างๆ ก็จะเกิดเหตุที่
เสียหายขึ้นอย่างแน่นอน เพราะปัจจัยต่างๆ ก็มีผลกระทบ
กระทั่งขึ้นได้

ภาพที่ 18 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ผ่านเกณฑ์

ภาคผนวก ง
แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ

คำชี้แจง สังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนขณะทำกิจกรรมและบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตตามหัวข้อที่กำหนดให้

ชื่อ - สกุล	หัวข้อในการสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ	
	1. สังเกตการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา	2. สังเกตชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นว่ามีความแปลกใหม่ น่าสนใจและสามาร แก้ปัญหาได้หรือไม่อย่างไร โดยบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดออกมา
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

ลงชื่อ.....ผู้สังเกต

(.....)

วันที่ ..... /..... /.....

ภาคผนวก จ
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

แบบประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้งานและพลังงาน **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**
เรื่อง..... **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**
แผนการจัดการเรียนรู้ที่..... **ภาคเรียนที่ 2/2563**

คำชี้แจง 1. แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้นี้ ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมิน
2. โปรดทำเครื่องหมาย / ในช่องที่ตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมี 5 ระดับ
5 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดีมาก
4 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดี
3 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับค่อนข้างดี
2 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับพอใช้
1 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับต้องปรับปรุง

หมายเหตุ ผู้วิจัยใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านผู้เชี่ยวชาญแก้ไขและแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้เครื่องมือวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

รายการประเมิน	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสม					
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้					
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน					
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง					
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ					
6. จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ทักษะกระบวนการการคิดเชิงออกแบบ					
7. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา					
8. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ					

9. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน					
10. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง					
11. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน					
12. กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง					
13. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมทักษะทางวิทยาศาสตร์					
14. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความหลากหลาย					
15.วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ					
16. นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง					
17. นักเรียนทำชิ้นงานที่ได้ใช้ความรู้ ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนดหรือทำแบบฝึกหัดทั่วไป					
18. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
19. ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสมและหลากหลาย					
คะแนนรวมทั้งหมด / คะแนนเฉลี่ย					

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

วันที่ประเมิน...../...../.....

ตารางที่ 17 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	4	4	5	4	5	23	4.40
2	5	4	5	5	4	24	4.60
3	4	4	4	4	4	22	4.00
4	5	4	4	5	4	23	4.40
5	5	5	5	4	4	23	4.60
6	5	4	4	5	5	24	4.60
7	4	5	5	5	5	24	4.80
8	4	4	4	4	5	23	4.20
9	5	5	4	5	4	23	4.60
10	4	4	5	5	4	23	4.40
11	4	5	4	4	4	22	4.20
12	5	4	4	5	4	23	4.40
13	5	4	4	5	4	22	4.40
14	4	4	4	4	4	21	4.00
15	4	5	5	4	5	23	4.60
16	4	5	5	5	4	24	4.60
17	5	5	5	5	4	24	4.80
18	4	4	4	4	5	21	4.20
19	5	5	4	5	4	23	4.60
เฉลี่ย	4.47	4.42	4.42	4.58	4.32	22.21	4.44
	4.44						
ระดับความเหมาะสม	ความเหมาะสมในระดับดีมาก						

ตารางที่ 18 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	4	4	5	4	5	22	4.40
2	5	4	5	5	4	23	4.60
3	4	4	4	5	5	22	4.40
4	5	4	4	5	4	22	4.40
5	5	5	5	4	4	23	4.60
6	5	4	4	5	5	23	4.60
7	4	5	5	5	5	24	4.80
8	4	4	5	4	5	22	4.40
9	5	5	4	5	4	23	4.60
10	4	5	5	5	4	23	4.60
11	4	5	4	4	4	21	4.20
12	4	4	4	5	4	21	4.20
13	5	4	4	5	4	22	4.40
14	4	4	4	4	4	20	4.00
15	4	5	5	4	5	23	4.60
16	4	5	5	5	4	23	4.60
17	5	5	5	5	4	24	4.80
18	4	4	4	4	5	21	4.20
19	5	5	4	5	4	23	4.60
เฉลี่ย	4.42	4.47	4.47	4.63	4.37	22.37	4.47
	4.47						
ระดับความเหมาะสม	ความเหมาะสมในระดับดีมาก						

ตารางที่ 19 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	4	4	5	4	5	22	4.40
2	5	5	5	5	4	24	4.80
3	4	5	4	5	5	23	4.60
4	5	4	5	5	5	24	4.80
5	5	5	5	4	4	23	4.60
6	5	4	4	5	4	22	4.40
7	4	5	5	5	4	23	4.60
8	4	4	5	4	5	22	4.40
9	5	5	4	5	4	23	4.60
10	4	5	5	5	4	23	4.60
11	4	5	4	4	4	21	4.20
12	4	4	4	5	4	21	4.20
13	5	4	4	5	4	22	4.40
14	4	4	4	4	4	20	4.00
15	4	5	5	4	5	23	4.60
16	4	5	5	5	4	23	4.60
17	5	5	4	5	4	23	4.60
18	4	4	4	4	5	21	4.20
19	5	5	4	5	4	23	4.60
เฉลี่ย	4.42	4.58	4.47	4.63	4.32	22.42	4.48
	4.48						
ระดับความเหมาะสม	ความเหมาะสมในระดับดีมาก						

ตารางที่ 20 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่5		
1	4	4	5	4	5	22	4.40
2	4	4	5	4	5	22	4.40
3	4	5	4	5	4	22	4.40
4	5	4	5	5	5	24	4.80
5	5	5	5	4	4	23	4.60
6	5	4	4	5	5	23	4.60
7	4	5	5	4	5	23	4.60
8	4	4	4	4	4	20	4.00
9	5	5	4	5	4	23	4.60
10	4	5	5	5	4	23	4.60
11	4	5	4	4	5	22	4.40
12	4	4	5	5	4	22	4.40
13	5	4	4	5	4	22	4.40
14	4	4	4	5	4	21	4.20
15	4	5	5	4	5	23	4.60
16	4	5	5	5	4	23	4.60
17	5	5	5	5	4	24	4.80
18	4	4	4	4	5	21	4.20
19	5	5	4	5	4	23	4.60
เฉลี่ย	4.37	4.53	4.53	4.58	4.42	22.42	4.48
	4.48						
ระดับความเหมาะสม	ความเหมาะสมในระดับดีมาก						

ตารางที่ 21 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่5		
1	4	4	5	4	5	22	4.40
2	5	5	5	5	4	24	4.80
3	4	5	4	5	5	23	4.60
4	5	4	5	5	5	24	4.80
5	5	5	5	4	4	23	4.60
6	4	4	4	5	5	22	4.40
7	4	5	5	5	5	24	4.80
8	4	4	5	4	5	22	4.40
9	5	5	4	5	4	23	4.60
10	4	5	5	5	4	23	4.60
11	4	5	4	4	5	22	4.40
12	4	4	5	5	4	22	4.40
13	5	4	4	5	4	22	4.40
14	4	4	4	5	4	21	4.20
15	4	5	4	4	5	22	4.40
16	4	5	5	5	4	23	4.60
17	5	5	4	5	4	23	4.60
18	4	4	4	4	5	21	4.20
19	5	5	4	5	4	23	4.60
เฉลี่ย	4.37	4.58	4.47	4.68	4.47	22.58	4.52
	4.52						
ระดับความเหมาะสม	ความเหมาะสมในระดับดีมากที่สุด						

ตารางที่ 22 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่5		
1	4	4	5	4	5	22	4.40
2	5	5	5	5	4	24	4.80
3	4	5	4	5	5	23	4.60
4	5	4	5	5	5	24	4.80
5	5	5	5	4	4	23	4.60
6	4	4	4	5	5	22	4.40
7	4	5	5	5	5	24	4.80
8	4	4	5	4	5	22	4.40
9	5	5	4	5	4	23	4.60
10	4	5	5	5	5	24	4.80
11	4	5	4	4	5	22	4.40
12	4	4	5	5	4	22	4.40
13	5	4	4	5	4	22	4.40
14	4	4	4	5	4	21	4.20
15	4	5	4	4	5	22	4.40
16	4	5	5	5	4	23	4.60
17	5	5	4	5	4	23	4.60
18	4	4	4	5	5	22	4.40
19	5	5	5	5	4	24	4.80
เฉลี่ย	4.37	4.58	4.53	4.74	4.53	22.74	4.55
	4.55						
ระดับความเหมาะสม	ความเหมาะสมในระดับดีมากที่สุด						

ตารางที่ 23 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่5		
1	5	4	5	5	5	24	4.80
2	5	5	5	5	4	24	4.80
3	5	5	4	5	5	24	4.80
4	5	4	5	5	5	24	4.80
5	5	5	5	5	5	25	5.00
6	4	4	4	5	5	22	4.40
7	4	5	5	5	5	24	4.80
8	4	4	5	4	5	22	4.40
9	5	5	5	4	4	23	4.60
10	4	5	5	5	5	24	4.80
11	5	5	4	5	5	24	4.80
12	4	5	5	5	4	23	4.60
13	5	5	4	5	4	23	4.60
14	5	4	5	5	4	23	4.60
15	4	5	4	4	5	22	4.40
16	5	5	5	4	4	23	4.60
17	5	5	4	5	4	23	4.60
18	4	5	5	5	5	24	4.80
19	5	5	5	5	4	24	4.80
เฉลี่ย	4.63	4.74	4.68	4.79	4.58	23.42	4.68
	4.68						
ระดับความเหมาะสม	ความเหมาะสมในระดับดีมากที่สุด						

ตารางที่ 24 ผลการพิจารณาการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง งาน และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่5		
1	5	4	5	5	5	24	4.80
2	5	5	5	5	5	25	5.00
3	5	5	4	5	5	24	4.80
4	5	4	5	5	5	24	4.80
5	5	5	5	5	5	25	5.00
6	4	4	4	5	5	22	4.40
7	4	5	5	5	5	24	4.80
8	5	4	5	4	5	23	4.60
9	5	5	5	4	4	23	4.60
10	4	5	5	5	5	24	4.80
11	5	5	4	5	5	24	4.80
12	4	5	5	5	4	23	4.60
13	5	5	4	5	4	23	4.60
14	5	4	5	5	4	23	4.60
15	4	5	4	4	5	22	4.40
16	5	5	5	4	4	23	4.60
17	5	5	4	5	4	23	4.60
18	4	5	5	5	5	24	4.80
19	5	5	5	5	4	24	4.80
เฉลี่ย	4.68	4.74	4.68	4.79	4.63	23.53	4.71
	4.71						
ระดับความเหมาะสม	ความเหมาะสมในระดับดีมากที่สุด						

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ

แบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบนี้ ใช้สำหรับหน่วยการเรียนรู้ งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน

2. แบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามให้ครบองค์ประกอบของการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้น โดยแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบมีทั้งหมด 3 ชุด โดยที่ชุดที่ 1 ใช้ทดสอบเพื่อหากลุ่มเป้าหมาย ชุดที่ 2 ใช้ทดสอบท้ายวงรอบที่ 1 และชุดที่ 3 ใช้ทดสอบท้ายวงรอบที่ 2 ในแต่ละชุดจะมี 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์จะมี 5 ข้อคำถามย่อย รวมชุดละ 20 คะแนน จากนั้นให้คะแนนการคิดเชิงออกแบบตามเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ

3. แบบประเมินฉบับนี้ใช้สำหรับท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบ และโปรดทำเครื่องหมาย / ในช่องที่ตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมี 5 ระดับ

5 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดีมาก

4 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดี

3 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับค่อนข้างดี

2 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับพอใช้

1 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับต้องปรับปรุง

หมายเหตุ ผู้วิจัยใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านผู้เชี่ยวชาญแก้ไขและแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้เครื่องมือวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

รายการประเมิน	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ความเหมาะสมของสถานการณ์ในแบบทดสอบ					
2. ความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบทดสอบ					
3. ความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนในแบบทดสอบ					

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

วันที่ประเมิน...../...../.....

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางที่ 25 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบชุดที่ 1

รายการประเมินที่	ผลการประเมิน			รวม	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	4	5	4	13	4.33	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
2	5	5	5	15	5.00	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
3	4	5	5	14	4.67	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
เฉลี่ย	4.33	5.00	4.67	14.00	4.67	
ระดับความเหมาะสม	ความเหมาะสมในระดับดีมากที่สุด					

ตารางที่ 26 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบชุดที่ 2

รายการประเมินที่	ผลการประเมิน			รวม	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	4	5	4	13	4.33	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
2	5	5	5	15	5.00	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
3	4	5	5	14	4.67	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
เฉลี่ย	4.33	5.00	4.67	14.00	4.67	
ระดับความเหมาะสม	ความเหมาะสมในระดับดีมากที่สุด					

ตารางที่ 27 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบการคิดเชิงออกแบบชุดที่ 3

รายการประเมินที่	ผลการประเมิน			รวม	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	4	5	4	13	4.33	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
2	5	5	5	15	5.00	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
3	4	5	5	14	4.67	ความเหมาะสมในระดับดีมาก
เฉลี่ย	4.33	5.00	4.67	14.00	4.67	
ระดับความเหมาะสม	ความเหมาะสมในระดับดีมากที่สุด					

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ

แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบนี้ ใช้สำหรับหน่วยการเรียนรู้ งานและพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง 1. แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการคิดเชิงออกแบบของนักเรียน

2. แบบประเมินฉบับนี้ใช้สำหรับท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ และโปรดทำเครื่องหมาย / ในช่องที่ตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมี 5 ระดับ

5 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดีมาก

4 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับดี

3 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับค่อนข้างดี

2 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับพอใช้

1 หมายถึง ความเหมาะสมในระดับต้องปรับปรุง

หมายเหตุ ผู้วิจัยใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านผู้เชี่ยวชาญแก้ไขและแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้เครื่องมือวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

รายการประเมิน	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. สังเกตการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา โดยบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา					
2. สังเกตชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นว่ามีความแปลกใหม่ น่าสนใจ และสามาร แก้ปัญหาได้หรือไม่อย่างไร โดยบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดออกมา					

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

วันที่ประเมิน...../...../.....

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางที่ 28 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงออกแบบ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน					รวม	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. สังเกตการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมา	4	5	5	5	4	23	4.60	เหมาะสมมาก
2. สังเกตชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นว่ามีความแปลกใหม่ น่าสนใจ และสามาร แก้ปัญหาได้หรือไม่อย่างไร โดยบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดออกมา	5	5	4	5	5	24	4.80	เหมาะสมมาก

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายปวริศร ภูมิสูง
วันเกิด	วันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2540
สถานที่เกิด	อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 69 หมู่ 5 ตำบลบ้านไทร อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ รหัสไปรษณีย์ 32140
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์สาขาฟิสิกส์ โครงการ วมว. มข.
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายมัธยมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) บ้านเลขที่ 123 หมู่ 16 ถนน มะลิวัลย์ เทศบาลนครขอนแก่น ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40002
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2561 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2564 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม