การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา

วิทยานิพนธ์

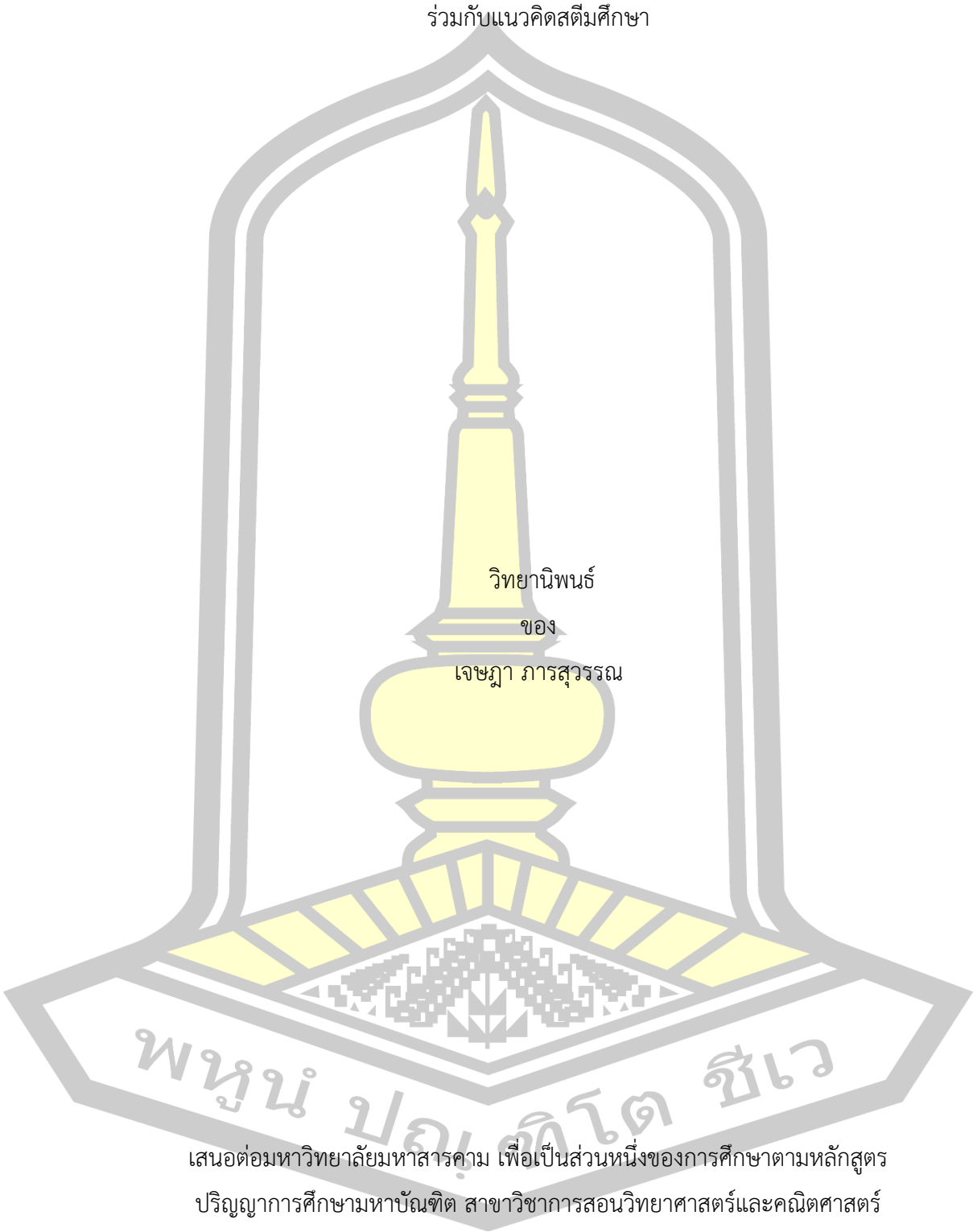
ของ

เจษฎา ภารสุวรรณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ธันวาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา



วิทยานิพนธ์

ของ

เจษฎา ภารสุวรรณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

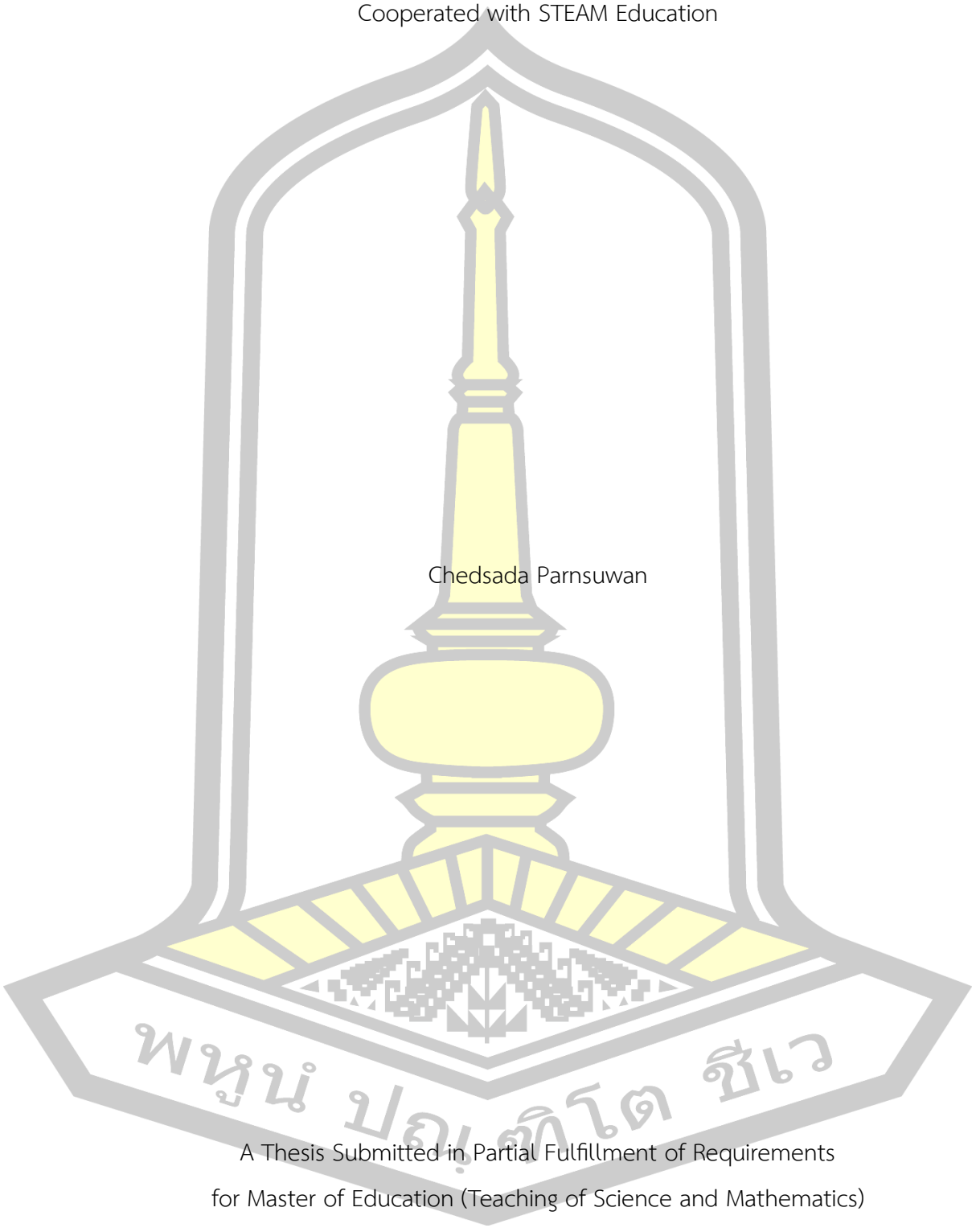
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

ธันวาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Developing Computational Thinking Ability Based on Design-Based Learning Activities Cooperated with STEAM Education

Chedsada Parnsuwan



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

December 2024

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายเจษฎา ภารสุวรรณ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. พรรณวิไล ดอกไม้)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ชวลิต ชูกำแพง)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พหุน ปญฺ ฑิโต ชีเว

ชื่อเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา

ผู้วิจัย เจษฎา ภารสุวรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุฤทธิ์ เจริญอินทร์

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

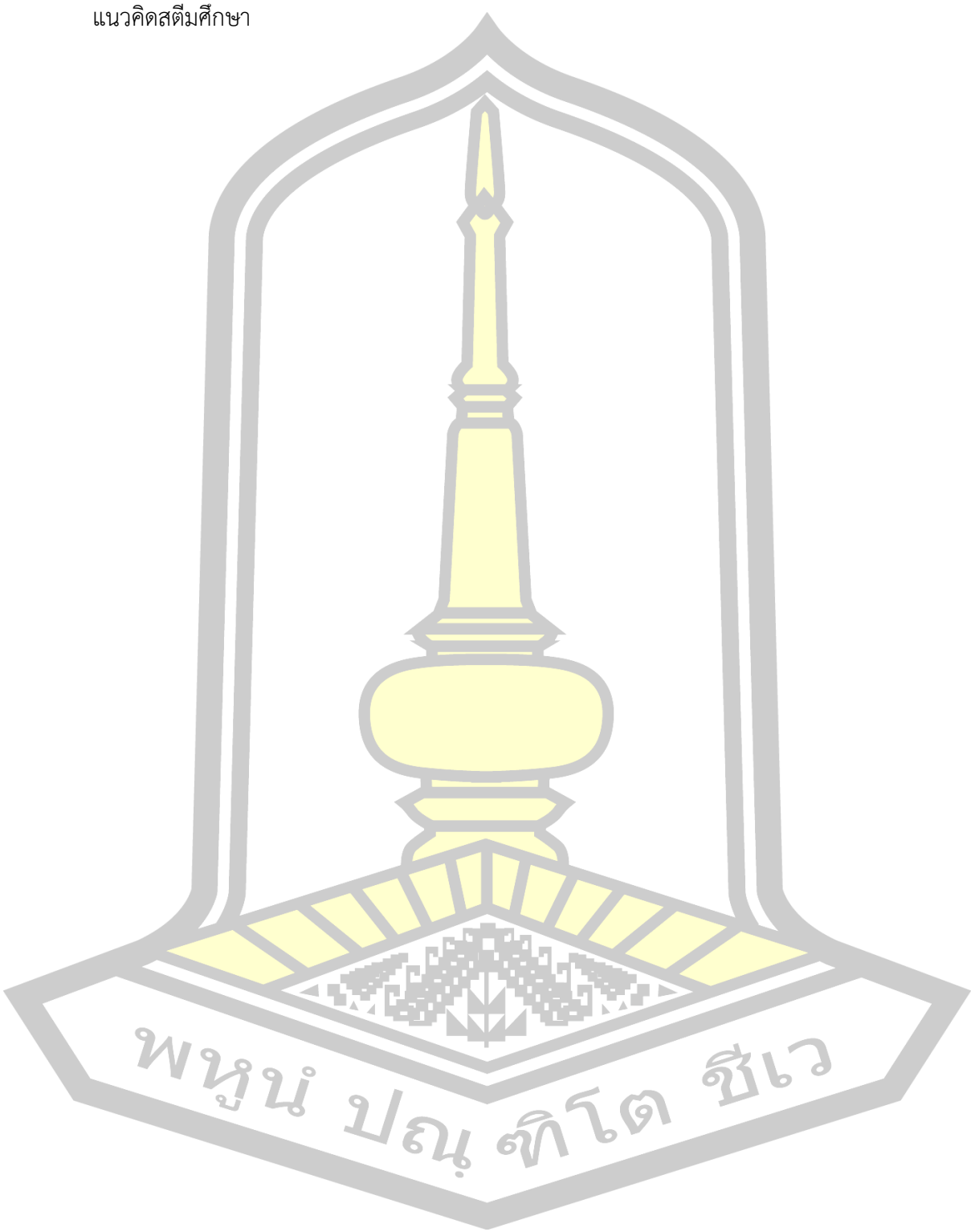
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ในรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 26 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา เรื่องสมบัติเชิงกลของสาร จำนวน 9 แผนการเรียนรู้ เวลา 12 ชั่วโมง 2) แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 3 ชุด ชุดละ 2 สถานการณ์ และ 3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 19.23 วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 และวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 92.31 สรุปได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่สูงขึ้น ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้

คำสำคัญ : ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ, การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน, แนวคิดสตีมศึกษา



TITLE Developing Computational Thinking Ability Based on Design-Based Learning Activities Cooperated with STEAM Education

AUTHOR Chedsada Parnsuwan

ADVISORS Assistant Professor Urit Charoen-In , Ph.D.

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

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2024

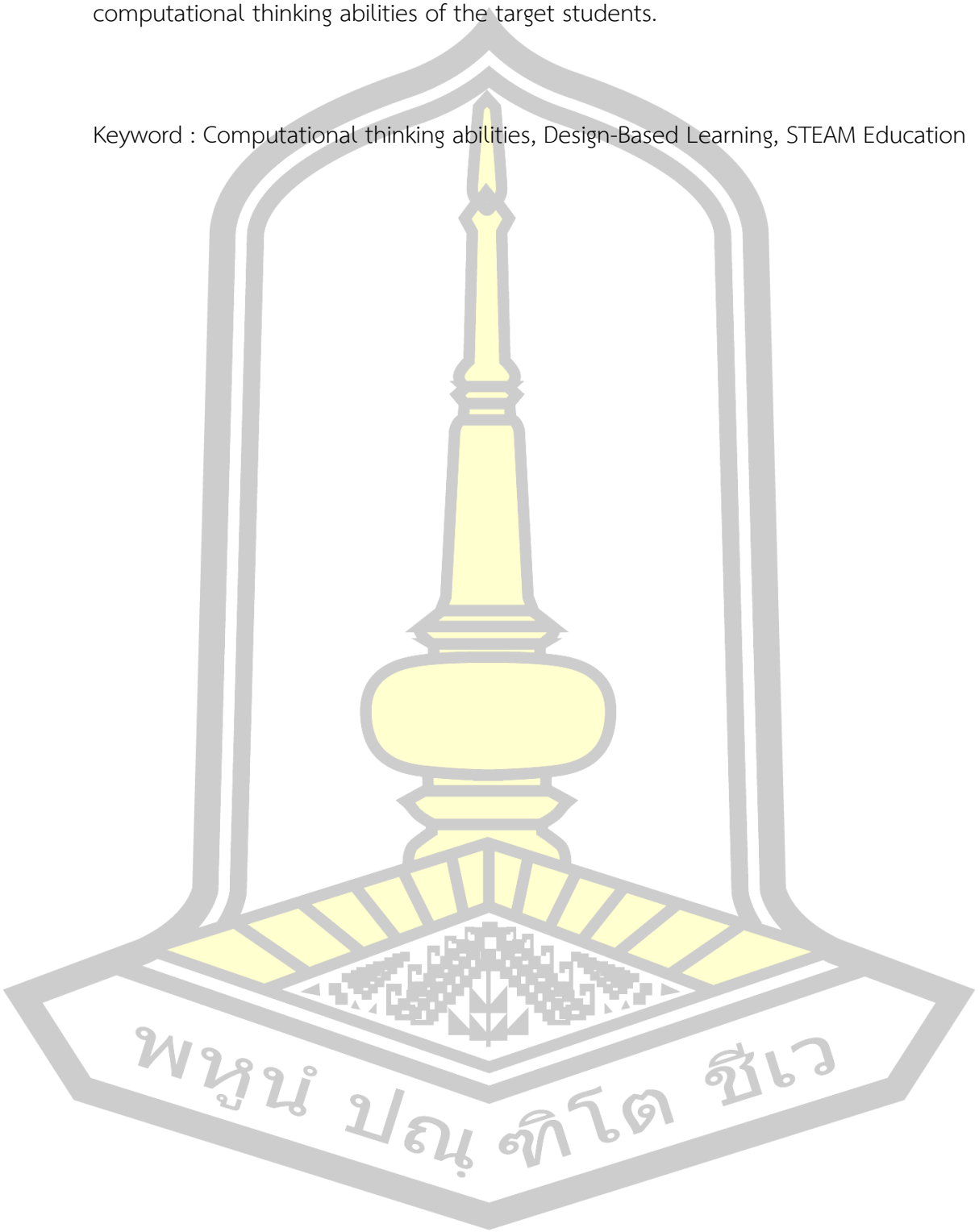
ABSTRACT

The purpose of this research was to develop Grade 11 students' computational thinking ability on the mechanical properties of substances (fluid) to pass the criteria of 70 percent by using Design-Based Learning Activities Cooperated with STEAM Education. This research was action research of 3 operational cycles. The target group consisted of 26 students in Grade 11 at Mahasarakham University Demonstration School (Secondary) from purposive sampling. The research instruments in this study were: 1) the 9 Design-Based Learning Activities Cooperated with STEAM Education lesson plans on the topic of the mechanical properties of substances (fluid) with 12 hours of learning, 2) the 3 sets of computational thinking ability tests, comprising 2 scenarios each, and 3) student interviews. The data was analyzed by using mean, percentage, and standard deviation.

The research presented that the 1st operational cycle found 5 students had a score of computational thinking abilities passed the criteria of 70 percent, representing 19.23 percent. The 2nd operational cycle found 13 students had a score of computational thinking abilities passed the criteria of 70 percent, representing 50.00 percent. The 3rd operational cycle found 24 students had a score of computational thinking abilities passed the criteria of 70 percent, representing 92.31 percent. In summary, students in design-based learning activities cooperated with STEAM education had gradually developed computational thinking abilities. Thus, the

design-based learning activities cooperated with STEAM education can enhance the computational thinking abilities of the target students.

Keyword : Computational thinking abilities, Design-Based Learning, STEAM Education



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้ความรู้ให้คำปรึกษาตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร ประธานกรรมกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ กรรมการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณวิไล ดอกไม้ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดตั้งแต่ต้นจนสำเร็จผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์, ดร.ฤทธิไกร ไชยงาม, อ.พรทวี บุญมาก และ อ.กิติศักดิ์ สีทองสุก ที่ได้กรุณา สละเวลามาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ สิทธิเวช ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) คณะครูและนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทำวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคุณบิดา มารดา ขอบพระคุณญาติพี่น้องทุกคน ครอบครัว และขอบคุณเพื่อนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ คอยให้กำลังใจ ให้ความรัก ความห่วงใย จนงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดาครูบาอาจารย์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนจนประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิตและก้าวหน้าในหน้าที่การงาน

เจษฎา ภารสุวรรณ

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญรูปภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1. ภูมิหลัง 1

2. ความมุ่งหมายของการวิจัย 5

3. ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 5

4. ขอบเขตของการวิจัย 6

5. นิยามศัพท์เฉพาะ 6

บทที่ 2 9

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 10

2. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ 20

3. บริบทโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) 25

4. การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน 27

5. แนวคิดสตีมศึกษา 36

6. การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา 42

7. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 47
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 66
9. กรอบแนวคิดการวิจัย 73
บทที่ 3 74
วิธีดำเนินการวิจัย 74
1. กลุ่มเป้าหมาย 74
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 76
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 76
4. ขั้นตอนการดำเนินงานและการเก็บรวบรวมข้อมูล 100
6. การวิเคราะห์ข้อมูล 104
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 105
บทที่ 4 106
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 106
1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละวงจรปฏิบัติการ 106
2. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ 131
บทที่ 5 135
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 135
1. ความมุ่งหมายของการวิจัย 135
2. สรุปผล 136
3. อภิปรายผล 136
4. ข้อเสนอแนะ 141
บรรณานุกรม 143
ภาคผนวก ก 152
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินเครื่องมือวิจัย 152

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

ภาคผนวก ข 159
ผลการพิจารณาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 159
ภาคผนวก ค 170
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล 170
ภาคผนวก ง 205
ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรม 205
ประวัติผู้เขียน 209

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2 15

ตารางที่ 2 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2 เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร 17

ตารางที่ 3 บทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา 44

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของ Pollock, et al. (2019)..... 57

ตารางที่ 5 แบบประเมินการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา..... 59

ตารางที่ 6 แบบประเมินการคิดเชิงนามธรรม..... 60

ตารางที่ 7 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแต่ละข้อคำถามของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียนของ ศรายุทธ ดวงจันทร์ 61

ตารางที่ 8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของศุภมาส แสนโคก 62

ตารางที่ 9 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ..... 64

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 จำนวน 34 คน 74

ตารางที่ 11 ตารางวิเคราะห์ลำดับแผน ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ สถานการณ์ปัญหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้..... 77

ตารางที่ 12 แสดงความสอดคล้องของการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา กับองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 90

ตารางที่ 13 ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้..... 92

ตารางที่ 14 ตารางแสดงข้อบ่งชี้ของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ 93

ตารางที่ 15 สัดส่วนสถานการณ์ที่ต้องการให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ.... 94

ตารางที่ 16 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ..... 95

ตารางที่ 17 ประเด็นในการสัมภาษณ์ที่เกิดขึ้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 98

ตารางที่ 18 แสดง Action plan ของวิจัยเชิงปฏิบัติการ 103

ตารางที่ 19 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 107

ตารางที่ 20 แสดงปัญหาและแนวทางการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1 115

ตารางที่ 21 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 117

ตารางที่ 22 แสดงปัญหาและแนวทางการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2 124

ตารางที่ 23 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 125

ตารางที่ 24 แสดงปัญหาและแนวทางการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไป 131

ตารางที่ 25 คะแนนรวมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ 132

ตารางที่ 26 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา 160

ตารางที่ 27 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 3 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน 164

ตารางที่ 28 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จำนวน 3 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน 166

ตารางที่ 29 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จำนวน 3 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน 168

ตารางที่ 30 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนการแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 169

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบทดสอบ Bebras Tasks แสดงแผนผังของแม่น้ำและทะเลสาบ 52
ภาพที่ 2 ตัวอย่างคำถามจากแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของ Brackmann 53
ภาพที่ 3 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 109
ภาพที่ 4 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 118
ภาพที่ 5 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 126
ภาพที่ 6 ร้อยละของคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละวงจรปฏิบัติการ 134
ภาพที่ 7 ตัวอย่างผลงานนักเรียน 192
ภาพที่ 8 แสดงการทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม พูดคุยกัน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน 206
ภาพที่ 9 แสดงการเสนอและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา 206
ภาพที่ 10 แสดงการสร้างชิ้นงานของนักเรียน 207
ภาพที่ 11 แสดงการทดสอบชิ้นงานของนักเรียน 207
ภาพที่ 12 แสดงการนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่ม 208
ภาพที่ 13 แสดงการนำเสนอชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม 208

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1
บทนำ

1. ภูมิหลัง

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ส่งผลให้เครื่องจักรเข้ามามีบทบาทสำคัญในการทำงานแทนมนุษย์ในรูปแบบการทำงานที่ซ้ำซาก มนุษย์จึงต้องฝึกฝนทักษะในเรื่องที่เครื่องจักรหรือเทคโนโลยีไม่สามารถทำได้ เช่น ทักษะการคิด การแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสารที่ซับซ้อนมากขึ้น การทำงานไม่เพียงแต่อาศัยแค่ความรู้เพียงอย่างเดียว แต่ต้องอาศัยทักษะต่าง ๆ เช่นกัน ดังนั้นการจัดการศึกษาในปัจจุบันจำเป็นต้องเน้นให้นักเรียนมีความสามารถทางด้านเทคโนโลยีและนำเทคโนโลยีมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษา ค้นคว้า และพัฒนาศักยภาพของตนเอง นักเรียนจะสามารถสร้างทักษะการเรียนรู้ (Learning Skills) ได้ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาความรู้ของตนเองในการศึกษาหรือการประกอบอาชีพในอนาคต และเป็นพลเมืองที่ดีของโลกได้ (นพดล กองศิลป์, 2561) ประกอบกับการศึกษาในศตวรรษที่ 21 มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษใหม่ จะช่วยเตรียมความพร้อมให้คนรู้จักคิด เรียนรู้ ทำงาน แก้ปัญหา สื่อสารและร่วมมือทำงานได้อย่างมีประสิทธิผลไปตลอดชีวิต เนื่องจากเป็นยุคที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยการเตรียมคนไปเผชิญการเปลี่ยนแปลง ซึ่งคนยุคใหม่จึงต้องมีทักษะที่สูงในการเรียนรู้และปรับตัวเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านรูปแบบเศรษฐกิจ การพึ่งพาอาศัยในที่เพิ่มมากขึ้นและภูมิทัศน์ในการเรียนรู้ที่เปลี่ยนไป (วรลักษณ์ คำหว่าง และนงลักษณ์ ใจฉลาด, 2560)

การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมให้เจริญก้าวหน้าจำเป็นต้องเพิ่มศักยภาพคน โดยการยกระดับคุณภาพการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในทุกระดับการศึกษา ตั้งแต่ระดับปฐมวัย ประถมศึกษา และมัธยมศึกษาให้เป็นไปอย่างทั่วถึง (พิเชฐ ศรีสังข์งาม และชัยยศ เดชสุระ, 2563) นักเรียนจึงต้องมีทักษะในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 คือ ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี เพราะปัจจุบันมีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารผ่านทางสื่อและเทคโนโลยีมากมาย นักเรียนจึงต้องมีทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และปฏิบัติงานได้หลากหลาย โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้จะต้องฝึกทักษะการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้ใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ การคิดเชิงคำนวณ (Computational thinking) จึงถูกมองว่าเป็นทักษะที่นักเรียนทุกคนจำเป็นต้องพัฒนาขึ้น เพราะเป็นทักษะที่มีความเกี่ยวข้องกับทักษะเสริมศักยภาพอื่น ๆ ในศตวรรษที่ 21 การเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วของโลกนั้นทำให้ประเทศไทยกำลังเข้าสู่ยุคโลกาภิวัตน์ แนวทางการจัดการศึกษาไทยจึงต้องยึดหลักนักเรียนที่สามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ นักเรียนจะมีความสำคัญที่สุด กระบวนการศึกษาจึงต้องส่งเสริม

ให้นักเรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ มีหลายภาคส่วนที่ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาการศึกษา ดังที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ทำการปรับเปลี่ยนหลักสูตรทางด้านเทคโนโลยี โดยจะเน้นเนื้อหาที่ให้ความสำคัญในเรื่องการคิด การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา โดยใช้เทคโนโลยีรวมถึงแนวคิดและกรอบการวางแผน การออกแบบการสร้างจินตนาการความคิดสร้างสรรค์ การคิดแบบเป็นระบบ การอยู่ร่วมกับนิเวศน์ดิจิทัลในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง อันผลเนื่องมาจากเทคโนโลยี การใช้สื่อใหม่ การดูแลปกป้องตัวเองในสังคมดิจิทัล ทั้งนี้เพื่อเตรียมพร้อมเยาวชนให้เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาตนเองและพัฒนาประเทศในอนาคต (ภาสกร เรืองรอง, 2561) การส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็นสิ่งจำเป็นต่อนักเรียนในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นกระบวนการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อให้ได้แนวทางหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอนที่สามารถนำไปปฏิบัติได้โดยบุคคลหรือคอมพิวเตอร์อย่างถูกต้อง โดยมีองค์ประกอบที่ใช้ในการแก้ปัญหาในหลากหลายลักษณะ เช่น การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองาน ออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหาและพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ รวมทั้งการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) ซึ่งเป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน วิธีคิดเชิงคำนวณ จะช่วยทำให้ปัญหาที่ซับซ้อนเข้าใจได้ง่ายขึ้น เป็นทักษะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อทุก ๆ สาขาวิชา และทุกเรื่องในชีวิตประจำวันซึ่งไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการคิดให้เหมือนคอมพิวเตอร์แต่เป็นกระบวนการคิดแก้ปัญหาของมนุษย์ เพื่อสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานและช่วยแก้ปัญหาตามที่เราต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) จะเห็นได้ว่าการคิดเชิงคำนวณช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีวิธีคิดที่เป็นกระบวนการสามารถแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์และคิดอย่างมีตรรกะ เป็นระบบและสร้างสรรค์ ซึ่งสามารถนำวิธีคิดเชิงคำนวณไปปรับใช้แก้ไขปัญหาในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง เป็นประโยชน์ในการต่อยอดองค์ความรู้ต่าง ๆ ต่อไป

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เปิดสอนทั้งระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการจัดการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมต้นและชั้นมัธยมปลาย ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างเป็นระบบ การสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ นอกจากนี้ยังกำหนดสมรรถนะของนักเรียนในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ซึ่งใช้ในการประเมินสมรรถนะด้านต่าง ๆ ของนักเรียนประกอบด้วย 1)

ความสามารถในการสื่อสาร 2) ความสามารถในการคิด 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และ 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ให้อยู่ในเกณฑ์ระดับดี หรือคิดเป็นร้อยละ 70 (โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม), 2563) ซึ่งจากรายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา (Self–Assessment Report : SAR) วงรอบปีการศึกษา 2565 พบว่า ผู้เรียนได้รับผลการประเมินสมรรถนะทุกด้านอยู่ในระดับดีขึ้นไป อย่างไรก็ตามโรงเรียนก็ยังมุ่งหวังให้ผู้เรียนรักษาผลการประเมินสมรรถนะทุกด้านให้อยู่ในระดับดีขึ้นไปในปีการศึกษาถัดไป (โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม), 2565) จากการสังเกตชั้นเรียนของผู้วิจัย ในรายวิชาฟิสิกส์ 2 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าเมื่อถึงคาบเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์แบบบรรยายความรู้ร่วมกับการฝึกทำโจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามในส่วนของความรู้ความจำได้ดี วิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ในเบื้องต้นได้ แต่ยังไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่มีความซับซ้อนหรือแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญได้ ขาดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ลึกซึ้งและขาดการคิดเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ เช่น เมื่อครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบทดสอบท้ายคาบเรียน นักเรียนจะคอยถามครูเกี่ยวกับแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาตลอดเวลา ไม่มีความมั่นใจในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถแยกย่อยรายละเอียดของประเด็นปัญหาและลำดับขั้นตอนความสำคัญในการหาคำตอบจากปัญหาที่เหมาะสมได้ ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่ล้วนเกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณ ในขณะเดียวกัน เมื่อถึงคาบเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์แบบมีส่วนร่วม เช่น มีกิจกรรมการทดลอง การสาธิต รวมทั้งศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง พบว่านักเรียนให้ความสนใจ มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม กล้าลองผิดลองถูก เพื่อเป็นการยืนยันปัญหาการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยได้นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของศุภมาส แสนโคก (2565) ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์ จำนวน 2 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การย่อยปัญหา การหารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี มาทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 34 คน พบว่ามีนักเรียนจำนวน 8 คน ที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีนักเรียนจำนวน 26 คน ที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจากการคิดเชิงคำนวณมีความหมายและความสอดคล้องกับสมรรถนะของนักเรียนที่กล่าวไปข้างต้น จึงแสดงให้เห็นว่านักเรียนเหล่านี้ควรได้รับการพัฒนาความสามารถการคิดเชิงคำนวณ

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ควรเป็นรูปแบบที่พัฒนาการคิดเชิงคำนวณ โดยให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา เนื่องจากมนุษย์ต้องแก้ปัญหาต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา ความท้าทายของการคิดเชิงคำนวณอยู่ที่การออกแบบกระบวนการแก้ปัญหาที่คลุมเครือให้เป็น

ขั้นตอนที่ชัดเจนมากพอที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ (ปราโมทย์ วงศ์คำ, 2561) สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้สอนต้องจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนได้ออกไปเผชิญปัญหาและการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นการเรียนรู้และการพัฒนาร่วมกันระหว่างนักเรียนและผู้สอนเพื่อให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้จากสถานการณ์จริงเชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในลักษณะที่นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์จริง มีการแยกย่อยปัญหาและจัดกลุ่มของปัญหาที่ซับซ้อนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนด้วยตนเองจะสามารถส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ (ศรายุทธ ดวงจันทร์, 2561) จากงานวิจัยของ Wang, et al. (2022) ได้ศึกษาแนวคิดของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นฐาน (Design Based Learning, DBL) และวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นฐานและการคิดเชิงคำนวณ โดยออกแบบกิจกรรมแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Activities) ที่เกี่ยวข้องกับวงจรทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นฐานด้วยกิจกรรมสหวิทยาการสามารถพัฒนาระดับการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่ากิจกรรมการเขียนโปรแกรมแบบเดิม เนื่องจากการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานเน้นให้นักเรียนได้สร้างความรู้มากกว่าการรับรู้ข้อมูลเพียงอย่างเดียว รวมทั้งยังให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิตและการมีส่วนร่วมในการออกแบบผลงาน (Doppelt, 2008) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานจะส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ แต่องค์ประกอบด้านการคิดเชิงนามธรรม (Abstract Thinking) การคิดแก้ปัญหา (Problem-solving Thinking) และการคิดเชิงตรรกะ (Logical Thinking) ของนักเรียนยังต้องการการพัฒนาเพิ่มเติม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bedar, et al. (2020) ได้ศึกษาเพื่อแสดงให้เห็นว่าแนวทางของ STEAM สามารถพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการคิดแบบอัลกอริทึม (Algorithmic Thinking) และการคิดเชิงนามธรรม

สตีมศึกษา (STEAM Education) เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ได้ (สุภัค โอฬาพิริยกุล, 2562) ซึ่งแนวคิดนี้สามารถจัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามรูปแบบวิธีการสอนอื่น ๆ โดยการบูรณาการร่วมกับจุดเด่นหรือธรรมชาติของศาสตร์ทั้ง 5 สาขาวิชา โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี นำความรู้ด้านวิศวกรรมมาออกแบบชิ้นงาน รวมทั้งการนำศาสตร์ด้านศิลปะมาออกแบบสร้างสรรค์ นำมาซึ่งเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) นอกจากนี้ แนวคิด STEAM ยังช่วยส่งเสริมกระบวนการแก้ปัญหาและการออกแบบ ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่เป็นลำดับขั้นตอน เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง สอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ (Bedar and Al-Shboul, 2020) ซึ่งจะช่วยกระตุ้นความอยากรู้และฝึกให้นักเรียนคิด วิเคราะห์ และทดลองซ้ำเพื่อผลลัพธ์ที่ดีที่สุด อีกทั้งส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดและพัฒนาวิธีคิดอย่างมีเหตุผล จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการบูรณาการ STEAM ส่งผลเชิงบวกต่อความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับองค์ประกอบย่อยทั้ง 5 ด้านของการคิดเชิงคำนวณ ได้แก่ การคิดสร้างกระบวนการแก้ปัญหา (Algorithmic Thinking), ความร่วมมือ (Cooperativity), ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity), การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) และทักษะการแก้ปัญหา (Problem-solving Skills) (Tan, et al., 2021) นอกจากนี้ การใช้แนวคิดเชิงออกแบบร่วมกับ STEAM ช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะในด้านการปรับใช้ทักษะการคิดในสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ (Chang, et al., 2023)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญการคิดเชิงคำนวณ ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา และการบูรณาการองค์ความรู้จาก STEAM เข้าด้วยกัน เพื่อช่วยแก้ปัญหาที่ซับซ้อนผ่านโจทย์ปัญหาที่เชื่อมโยงชีวิตจริง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษา เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา เพื่อออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนให้เพิ่มสูงขึ้น

2. ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

3. ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ไปประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในสถานศึกษา และระดับชั้นอื่น ๆ

3. นักเรียนเกิดการคิดเชิงคำนวณ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา

4. ขอบเขตของการวิจัย

1. เนื้อหา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ 3 เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร

2. กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 จำนวน 26 คน ที่เรียนรายวิชาฟิสิกส์ และไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณร้อยละ 70

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

4. ตัวแปรที่วิจัย

4.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา

4.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน (Design-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของนักเรียนในการพัฒนาและการสร้างสรรค์ผลงาน ด้วยการแสวงหาความรู้และการสืบสอบด้วยตนเอง ซึ่งมีแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนร่วมกันกำหนดเป้าหมาย เพื่อวิเคราะห์สาเหตุจากสื่อหรือนวัตกรรมที่ผู้สอนเตรียมไว้ให้ ซึ่งเป็นการสร้างความเข้าใจถึงเหตุผล ความจำเป็นในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 สำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนแนะนำแหล่งสารสนเทศที่เป็นประโยชน์แก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าองค์ความรู้ด้วยตนเองและให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 เสนอแนวทางการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างทางเลือกที่หลากหลาย โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 4 เลือกแนวทางแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเลือกแนวทางที่จะนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับความต้องการในการออกแบบ โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 5 ออกแบบและสร้างต้นแบบ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือออกแบบหรือสร้างชิ้นงาน คำนึงถึงทรัพยากรข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยมีผู้สอนคอยให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ประเมินและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดและนำเสนอผลงานที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วแก่เพื่อนร่วมชั้น โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินผลการดำเนินงานของนักเรียนตามเกณฑ์ที่ผู้สอนได้กำหนดไว้

5.2 แนวคิดสตีมศึกษา (STEAM Education) เป็นแนวทางจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือทำและพัฒนาทักษะต่าง ๆ ซึ่งจะจัดกิจกรรมในลักษณะที่สอดแทรกไปตามรูปแบบวิธีการสอนอื่น ๆ โดยการบูรณาการร่วมกับจุดเด่นหรือธรรมชาติของศาสตร์ทั้ง 5 สาขาวิชา ได้แก่

วิทยาศาสตร์ (S) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ หลักการ กฎและทฤษฎี โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆเพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ การออกแบบและการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ

ศิลปะ (A) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับภาษา วรรณกรรม และสุนทรียศาสตร์ ในรูปแบบของการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ เพื่อออกแบบชิ้นงานให้มีสวยงามและน่าสนใจ

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการคำนวณ ตัวเลข สัญลักษณ์ การวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบของความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลกัน

5.3 การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของนักเรียนในการพัฒนาและการสร้างสรรค์ผลงาน ด้วยการแสวงหาความรู้และการสืบสอบด้วยตนเอง โดยผู้สอนจะสอดแทรกการบูรณาการ 5 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างความเข้าใจหลักการหรือทฤษฎีเหล่านั้นผ่านการลงมือปฏิบัติ ซึ่งมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนร่วมกันกำหนดเป้าหมาย เพื่อวิเคราะห์สาเหตุจากสื่อหรือนวัตกรรมที่ผู้สอนเตรียมไว้ให้ ซึ่งเป็นการสร้างความเข้าใจถึงเหตุผล ความจำเป็นในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 สำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนแนะนำแหล่งสารสนเทศที่เป็นประโยชน์แก่นักเรียนโดยใช้เทคโนโลยี (Technology: T) เพื่อให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science: S) ด้วยตนเองและให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 เสนอแนวทางการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างทางเลือกที่หลากหลาย โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 4 เลือกแนวทางแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเลือกแนวทางที่จะนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับความต้องการในการออกแบบ โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 5 ออกแบบและสร้างต้นแบบ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยนำความรู้ด้านวิศวกรรม (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เข้ามาช่วยในการสร้างชิ้นงานให้สอดคล้องกับทรัพยากรข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด อีกทั้งนำความรู้ด้านศิลปะ (Arts: A) ออกแบบให้ชิ้นงานมีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น มีการทดสอบชิ้นงานและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด โดยมีผู้สอนคอยให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้นำเสนอผลงานที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วแก่เพื่อนร่วมชั้น โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินและสรุปผลการดำเนินงานของนักเรียน

5.4 ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เป็นการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาความสัมพันธ์และวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนอย่างมีประสิทธิภาพ วัดได้โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์ จำนวน 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามย่อย 4 ข้อ ตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ได้แก่

1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองาน ออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น

2. การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหา และพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยตามลำดับดังนี้

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    1.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์
    1.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้
    1.3 เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์
    1.4 คำอธิบายรายวิชาและผลการจัดการเรียนรู้
    1.5 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง
2. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ
    2.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
    2.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
3. บริบทโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
    3.1 ข้อมูลโรงเรียน
    3.2 เป้าหมายของโรงเรียน
    3.3 ปัญหาที่พบ
4. การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน
    4.1 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน
    4.2 กระบวนการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน
    4.3 บทบาทของนักเรียนและผู้สอนในการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน
    4.4 การประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน
5. แนวคิดสตีมศึกษา
    5.1 ความหมายของแนวคิดสตีมศึกษา
    5.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษา
    5.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษา
    5.4 ข้อดีของแนวคิดสตีมศึกษา
6. การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา
7. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
    7.1 ความหมายของการคิดเชิงคำนวณ

7.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ

7.3 พฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

7.4 การวัดและประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

7.5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน

8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสตีมศึกษา

8.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

9. กรอบแนวคิดการวิจัย

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

การจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานจะต้องสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เพื่อพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคนของชาติให้สามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยการยกระดับคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ให้มีคุณภาพและมาตรฐานระดับสากล สอดคล้องกับประเทศไทย 4.0 และโลกในศตวรรษที่ 21

กระทรวงศึกษาธิการโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจึงได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยนำข้อมูลจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี และแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 - 2579 มาใช้เป็นกรอบและทิศทางในการพัฒนาหลักสูตรให้มีความเหมาะสมชัดเจนยิ่งขึ้น และเห็นควรปรับปรุงหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศและเป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผลเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์ปัญหา หรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนการใช้เทคโนโลยีที่หมาะสมในการบูรณาการกับความรู้ที่ใช้ในทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนางานด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์หรือสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ ที่เอื้อประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต การใช้ทักษะการคิดเชิงคำนวณ ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งใช้ความรู้ความสามารถ ทักษะกระบวนการและเครื่องมือทางภูมิศาสตร์เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวอย่างเข้าใจสภาพที่เป็นอยู่ และการเปลี่ยนแปลงเพื่อนำไปสู่

การจัดการและปรับใช้ในการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพอย่างสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1.2 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊สการลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาระเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

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

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

3. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการดำรงชีวิต

1.3 เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กำหนดเป้าหมายในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้รับทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมาย ที่สำคัญดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

5. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและการจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

1.4 คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) (2563) ได้ให้คำอธิบายในรายวิชาฟิสิกส์ 3 ซึ่งอ้างอิงจากหลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนดังนี้

ศึกษาค้นคว้า วิเคราะห์และอธิบายคำนวณเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบหมุนและสมการเบื้องต้น ทอร์คและโมเมนต์ความเฉื่อย โมเมนตัมเชิงมุม งานและพลังงานในการหมุน สภาพยืดหยุ่น สภาพพลาสติก ความเค้น ความเครียด ค่ามอดูลัสของยัง ของไหลเบื้องต้น ความดัน แรงดัน กฎของปาสคาล แรงลอยตัว แรงตึงผิว ความหนืด การไหลและสมการแบร์นูลลี่ ความร้อน อุณหภูมิผสม

ความร้อนกับกลศาสตร์และความร้อนกับพลังงานไฟฟ้า การถ่ายโอนความร้อน แก๊สและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส พลังงานภายในระบบ ความรู้พื้นฐานทางไฟฟ้า แรงระหว่างประจุ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า งานในการเคลื่อนประจุ พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ไฟฟ้า ตัวเก็บประจุและการต่อตัวเก็บประจุ

ผลการเรียนรู้ รายวิชาฟิสิกส์ 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2

สาระฟิสิกส์ ข้อ 3 ผลการเรียนรู้ที่ 1-6

1. ทดลอง และอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

2. อธิบาย และคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์

3. อธิบาย และคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์

4. อธิบาย และคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และ ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ

5. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ และอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุ และความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

6. นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดและปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน

สาระฟิสิกส์ ข้อ 4 ผลการเรียนรู้ที่ 1-9

1. อธิบาย และคำนวณความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนอุณหภูมิ ความร้อนที่ทำให้สสารเปลี่ยนสถานะ และ ความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน

2. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งเมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้ง ทดลอง อธิบายและคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน

3. อธิบาย และคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก

4. ทดลอง อธิบาย และคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล

5. ทดลอง อธิบาย และคำนวณความตึงผิวของของเหลว รวมทั้งสังเกตและอธิบายแรงหนืดของของเหลว

6. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

7. อธิบายกฎของแก๊สอุดมคติและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

8. อธิบายแบบจำลองของแก๊สอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส และอัตราเร็วอาร์เอ็มเอสของโมเลกุลของแก๊ส รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

9. อธิบาย และคำนวณงานที่ทำโดยแก๊สในภาชนะปิดโดยความดันคงตัว และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน พลังงานภายในระบบ และงาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เรื่องพลังงานภายในระบบไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน

1.5 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) (2563) ได้กำหนดผลการจัดการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2 จำนวน 2 หน่วยกิต โดยกำหนดการจัดการเรียนรู้ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 20 สัปดาห์ รวม 80 ชั่วโมง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
1	ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส	สาระฟิสิกส์ ข้อ 4 ม.6/1,7 - 9	- ความร้อน - อุณหภูมิผสม - ความร้อนกับกลศาสตร์และความร้อนกับพลังงานไฟฟ้า - การถ่ายโอนความร้อน - แก๊สและกฎต่าง ๆ ของแก๊ส - ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส - พลังงานภายในระบบ	24	30
2	สมบัติเชิงกลของสาร	สาระฟิสิกส์	- สภาพยืดหยุ่น	28	35

ลำดับที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
		ข้อ 4 ม.6/2 - 6	- สภาพพลาสติก - ความเค้น ความเครียด - ค่ามอดูลัสของยัง - แรงตึงผิว - ความหนืด - ของไหลเบื้องต้น - ความดัน แรงดัน - กฎของปาสคาล - แรงลอยตัว - การไหลและสมการแบร์นูลลี่		
3	ไฟฟ้าสถิต	สาระฟิสิกส์ ข้อ 3 ม.5/1 - 6	- ความรู้พื้นฐานทางไฟฟ้า - แรงระหว่างประจุ - สนามไฟฟ้า - ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า - งานในการเคลื่อนประจุ - พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ไฟฟ้า - ตัวเก็บประจุและการต่อตัวเก็บประจุ	28	35
รวม				**80**	**100**

ตารางที่ 2 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2 เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
1. อธิบายสภาพยืดหยุ่นและลักษณะการยืดและหดตัวของวัสดุที่เป็นแท่งเมื่อถูกกระทำด้วยแรงค่าต่าง ๆ รวมทั้ง ทดลอง อธิบายและคำนวณความเค้นตามยาว ความเครียดตามยาว และมอดุลัสของยัง และนำความรู้เรื่องสภาพยืดหยุ่นไปใช้ในชีวิตประจำวัน	- สมบัติที่วัสดุเปลี่ยนรูปและกลับสู่รูปเดิมเมื่อหยุดออกแรงกระทำเรียกว่า สภาพยืดหยุ่น ถ้ายังออกแรงต่อไป วัสดุจะขาดหรือเสียรูปอย่างถาวร - ในกรณีที่วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงความยาว ถ้าออกแรงกระทำต่อเส้นลวดไม่เกินขีดจำกัดการแปรผันตรง ความยาวที่เพิ่มขึ้นของเส้นลวดแปรผันตรงกับขนาดของแรงดึง ทำให้ความเครียดตามยาวที่เกิดขึ้นแปรผันตรงกับความเค้นตามยาว โดยความเค้นตามยาวคำนวณได้จากสมการ $\sigma = \frac{F}{A}$ ส่วนความเครียดตามยาวคำนวณได้จากสมการ $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ - อัตราส่วนความเค้นตามยาวต่อความเครียดตามยาว เรียกว่า มอดุลัสของยัง ซึ่งมีค่าขึ้นกับชนิดของวัสดุ คำนวณได้จากสมการ $Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ หรือ $Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$ - ถ้าวัสดุมีมอดุลัสของยังสูงแสดงว่าวัสดุนั้นเปลี่ยนแปลงความยาวได้น้อย ถ้าออกแรงเพิ่มขึ้นเกินขีดจำกัดสภาพยืดหยุ่น วัสดุไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ สมบัตินี้นำไปใช้พิจารณาในการเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน
2. ทดลอง อธิบาย และคำนวณความตึงผิว	- ความตึงผิวเป็นสมบัติของของเหลวที่ยืด

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ของของเหลว รวมทั้งสังเกตและอธิบายแรงหนืดของของเหลว	ผิวของเหลวไว้ด้วยแรงดึงผิว ปรากฏการณ์ที่เป็นผลจากความตึงผิว เช่น การเดินบนผิวน้ำของแมลงบางชนิด การซึมตามรูเล็ก หรือ การโค้งของผิวของเหลว โดยความตึงผิวของของเหลวคำนวณได้จากสมการ $\gamma = \frac{F}{l}$ - ความหนืดเป็นสมบัติของของไหล วัตถุที่เคลื่อนที่ในของไหลจะมีแรงเนื่องจากความหนืดต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุเรียกว่า แรงหนืด
3. อธิบาย และคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก	- ภาชนะที่มีของเหลวบรรจุอยู่จะมีแรงเนื่องจากของเหลวกระทำต่อพื้นผิวภาชนะ โดยขนาดของแรงที่ของเหลวกระทำตั้งฉากต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยเป็นความดันในของเหลว - ความดันที่เครื่องมือวัดได้ เรียกว่า ความดันเกจ คำนวณได้จากสมการ $P_g = \rho gh$ ส่วนผลรวมของ ความดันบรรยากาศและความดันเกจ เรียกว่า ความดันสัมบูรณ์ คำนวณได้จากสมการ $P = P_o + P_g$ - ค่าของความดันอ่านได้จากเครื่องวัดความดัน เช่น แมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ - เมื่อเพิ่มความดัน ณ ตำแหน่งใด ๆ ในของเหลวที่อยู่นิ่งในภาชนะปิด ความดันที่เพิ่มขึ้นจะส่งผ่านไปทุก ๆ จุดในของเหลวนั้น เรียกว่า กฎพาสคัล กฎนี้นำไปใช้อธิบายการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิก
4. ทดลอง อธิบาย และคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล	- วัตถุที่อยู่ในของไหลทั้งหมดหรือเพียงบางส่วนจะถูกแรงพยุงจากของไหล

พหุน ปณ ศิโรดม

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	กระทำ โดยขนาดแรงพยุงเท่ากับขนาดน้ำหนักของของไหลที่ถูกวัตถุแทนที่ตามหลักของอาร์คิมีดีสซึ่งใช้อธิบายการลอย การจมของวัตถุต่าง ๆ ในของไหล ขนาดแรงพยุงจากของไหลคำนวณได้จากสมการ $F_B = \rho Vg$
5. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	- ของไหลอุดมคติเป็นของไหลที่มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีความหนืด บีบอัดไม่ได้ และไหลโดยไม่หมุน มีอัตราการไหลตามสมการความต่อเนื่อง Av = ค่าคงตัว - ตำแหน่งสองตำแหน่งบนสายกระแสเดียวกันของของไหลอุดมคติที่ไหลอย่างสม่ำเสมอ จะมีผลรวมของความดันสัมบูรณ์ พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เป็นค่าคงตัวตามสมการแบร์นูลลี $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh =$ ค่าคงตัว

จากตารางผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2 เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร ผู้วิจัยพิจารณาว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา เนื่องจากมีเนื้อหาที่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน อีกทั้งผู้สอนสามารถออกแบบกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาให้เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับการปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดของการออกแบบและการแก้ปัญหามาผสานกับทฤษฎีได้อย่างเป็นรูปธรรม

2. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

2.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

บุญชม ศรีสะอาด (2545) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การวิจัยที่เป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอน ครูทุกคนสมควรนำวิธีการวิจัยลักษณะนี้ไปแก้ปัญหาหรือพัฒนานักเรียน โดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการมีลักษณะความสำคัญ ดังนี้

1. มุ่งแก้ปัญหาในการปฏิบัติงานในหน้าที่ในชีวิตประจำวันของครูผู้วิจัย

2. มีการลงมือปฏิบัติหรือกระทำ ปรับปรุงให้ดีขึ้น ซึ่งอาจสามารถแก้ปัญหานั้นได้ตามแผนที่วางไว้

3. ผู้วิจัยอาจทำการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาของตนเองด้วยตนเองคนเดียว หรือทำวิจัยร่วมกันหลายคนก็ได้

4. เน้นการวิจัยเฉพาะที่ไม่ได้มุ่งการนำผลการวิจัยมาใช้ในการสรุปอ้างอิง หรือสรุปครอบคลุม กล่าวคือ ผู้วิจัยลงมือดำเนินการเพื่อการแก้ปัญหา

5. การดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยอาจมีการเปลี่ยนแปลงในจุดมุ่งหมายและวิธีการ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมบรรลุเป้าหมายได้ดีขึ้นก็ได้

ธีรวุฒิ เอกะกุล (2552) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการ หมายถึง การรวบรวมและหรือการแสวงหาข้อเท็จจริงโดยใช้ขั้นตอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปอันนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ ในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานในขอบข่ายที่รับผิดชอบ

สุวิมล ว่องวาณิช (2557) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นการค้นหาข้อความรู้ที่มีขั้นตอนหลักสำคัญ คือการวิจัยและการปฏิบัติเป็นกระบวนการที่มีการดำเนินงานเป็นวงจรต่อเนื่องและทำเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงาน อีกทั้งยังมีการสะท้อนผลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานของตนเองและผลที่เกิดขึ้น โดยเปิดโอกาสให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องมีส่วนในการวิพากษ์วิจารณ์การทำงานและผลที่ได้รับสุดท้าย คือ ผลที่ได้จากการวิจัยจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการทำงานที่ดีขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ทำโดยนักวิจัยและคณะบุคคลที่เป็นผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน โดยมีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อนำผลการศึกษาวิจัยที่ค้นพบหรือสรรค์สร้างขึ้นไปใช้แก้ไขปัญหาหรือพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงาน มีลักษณะเด่นที่เน้นการปฏิบัติจริง การสะท้อนผลการทำงาน และการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงที่ดีขึ้น

2.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

Kemmis and McTaggart (1988) กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในการนำไปใช้ เพื่อพัฒนาปรับปรุงสภาพการเรียนการสอนจริงในโรงเรียนโดยมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan) เริ่มด้วยการสำรวจปัญหาที่สำคัญที่ต้องการให้มีการแก้ไข ครูและผู้เกี่ยวข้องอาจเป็นครูท่านอื่น ๆ ที่สอนร่วม นักเรียน ผู้ปกครอง หรือผู้บริหารวางแผนกัน สำรวจสภาพการณ์ของปัญหาว่ามีอย่างไร ปัญหาที่ต้องการแก้ไขคืออะไร ปัญหานี้เกี่ยวของกับใครบ้าง เช่น ครูต้องเปลี่ยนวิธีใช้คำถามในชั้นเรียน นักเรียนต้องการแก้ไขคืออะไร ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับใครบ้าง นักเรียนต้องทำงานเป็นกลุ่ม เนื้อหาบางหัวข้อในแบบเรียนจะต้องตัดทอนหรือขยายความเพิ่มเติม ผู้บริการจะต้องรับทราบการเปลี่ยนแปลงและให้การสนับสนุนเป็นต้นในขั้นตอนของการวางแผน จะมีการปรึกษาร่วมกันระหว่างผู้เกี่ยวข้อง การใช้แนวคิดวิเคราะห์สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจะช่วยให้มองเห็นสภาพการณ์ของปัญหาชัดเจนขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นการนำแนวคิดที่กำหนดในขั้นวางแผนมาดำเนินการลงมือปฏิบัติมีการใช้การวิเคราะห์ประกอบไปด้วย โดยรับฟังจากผู้ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ จากการลงมือปฏิบัติจะเป็นข้อมูลย้อนกลับว่าแผนที่วางไว้เหมาะสมหรือไม่ปฏิบัติจริงได้มากน้อยเพียงใด และอาจมีอุปสรรคอื่น ๆ มาเกี่ยวข้องโดยไม่คาดคิด ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เช่นถูกต่อต้านจากผู้บริหารหรือนักเรียนฉะนั้น แผนงานที่กำหนดไว้อาจยืดหยุ่นได้ นั่นคือการปฏิบัติการโดยมีลักษณะเป็น Fluid and Dynamic โดยผู้วิจัยต้องใช้วิจารณญาณและการตัดสินใจที่เหมาะสม และมุ่งต่อการปฏิบัติเพื่อให้เกิด การเปลี่ยนแปลงตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ด้วย

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) ขณะที่การวิจัยดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนที่วางไว้เป็นเรื่องที่แน่นอนว่าสภาพจริงนั้นต้องมีความราบรื่น อุปสรรค และข้อขัดแย้งบางประการฉะนั้นจึงจำเป็นต้องการมีสังเกตการณ์ ควบคู่ไปด้วย ใช้การสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างระมัดระวังด้วยความใจกว้าง นั่นคือเปิดใจรับฟังความเห็นจากผู้เกี่ยวข้อง พร้อมกับการจดบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นทั้งที่คาดหวังและไม่ได้คาดหวัง สิ่งที่ต้องการทำการสังเกต คือกระบวนการขิงการปฏิบัติ (The Action Process) ผลของการปฏิบัติการ (The Effect of Action) ซึ่งอาจเกิดโดยตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ได้ และสภาพแวดล้อมและข้อจำกัดของการปฏิบัติการ (The Circumstances and Constraints) การสังเกตนี้รวมถึงการรวบรวมผลที่เกิดขึ้น จากการปฏิบัติทั้งโดยการเห็นด้วยตา การได้ฟัง และการใช้เครื่องมือแบบทดสอบวัดผลออกมาในเชิงตัวเลขหรือใช้แบบสำรวจ แบบสอบถามวัดสิ่งที่ต้องการทราบความเปลี่ยนแปลง

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนการปฏิบัติการ (Reflect) ขั้นสุดท้ายของวงจรการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การประเมินหรือตรวจสอบกระบวนการ ปัญหาหรือสิ่งที่จำกัดที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติการ ผู้วิจัยร่วมกับกลุ่มที่เกี่ยวข้องจะต้องตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในแง่มุมต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับสภาพสังคม สภาพแวดล้อมของโรงเรียน และของระบบการศึกษาที่ประกอบกันอยู่ โดยผ่านการอภิปรายปัญหาการประเมินโดยกลุ่มจะทำให้เห็นแนวทางการพัฒนาขั้นตอนการดำเนินการกิจกรรมและเป็นพื้นฐานข้อมูลที่นำไปสู่การปรับปรุงและการวางแผนต่อไป

ประวิต เอราวรรณ์ (2545) กล่าวถึงขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนว่ามีกระบวนการและขั้นตอน ดังนี้

1. การสำรวจสภาพการปฏิบัติงาน (Reconnaissance) เป็นขั้นตอนของการสำรวจสภาพการปฏิบัติงานของครูว่ามีปัญหาอะไรบ้าง แล้ววิเคราะห์ว่าปัญหาเหล่านั้นมีสาเหตุมาจากอะไร และจะสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขสภาพการปฏิบัติงานในส่วนใดบ้าง

2. การวางแผน (Planning) เป็นขั้นตอนสำหรับการกำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดวิธีการและวางแผนเพื่อลงมือปฏิบัติ (Action) ให้ค้นคว้าคำตอบหรือพัฒนานวัตกรรมและการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงสภาพการปฏิบัติงานที่เป็นปัญหา

3. การลงมือปฏิบัติ (Action) เป็นขั้นตอนการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้

4. การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflection) หลังจากที่มีการปฏิบัติเพื่อแก้ไขปรับปรุงและพัฒนาตามแผนจนปรากฏผล แล้วนักวิจัยต้องมีการสะท้อนผลการปฏิบัติว่ามีสิ่งใดที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาไปบ้าง เพื่อสรุปผลและวางแผนปรับปรุงใหม่หรือแก้ปัญหาใหม่ต่อไป

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล (2557) กล่าวถึงขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่ามี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. แผน (Plan) เป็นแนวทางปฏิบัติซึ่งตั้งความคาดหวังไว้เป็นการมองไปในอนาคตข้างหน้า การกำหนดแผนทั่วไปต้องมีความยืดหยุ่น เพื่อที่จะสามารถปรับให้เข้ากับความเปลี่ยนแปลงและความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นได้ กิจกรรมที่เลือกเข้ามากำหนดในแผนต้องได้รับการเลือกสรรว่าดีกว่ากิจกรรมอื่น ๆ ส่งผลต่อการแก้ปัญหาในระดับหนึ่ง ผู้ร่วมงานจะต้องให้ความร่วมมือในการอภิปรายเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ และปรับปรุงการกำหนดแผนงานที่จะสามารถปฏิบัติได้จริงในสภาพการณ์ที่เป็นอยู่

2. การปฏิบัติ (Act) เป็นการปฏิบัติจะดำเนินตามแผนที่วางไว้อย่างมีเหตุผลและมีการ ควบคุมอย่างสมบูรณ์ แต่การปฏิบัติจากแนวทางที่วางไว้มีโอกาสพลิกผันแปรตามสถานการณ์และบุคคล แผนที่วางไว้สำหรับการปฏิบัติจะต้องสามารถปรับแก้ไขได้ และสามารถปรับปรุงไปได้เรื่อย ๆ ตามผลการตัดสินใจเกี่ยวกับการกระทำนั้น ๆ

3. การสังเกต (Observe) เป็นการเก็บบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับผลที่ได้จากการปฏิบัติงาน มีรายงานหลักฐานที่มาจากวิจารณญาณการสังเกตอย่างรอบคอบและระมัดระวัง การสังเกตเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากการปฏิบัตินั้นจะมีข้อจำกัด ข้อขัดแย้งของสภาพความเป็นจริงและข้อขัดแย้งทั้งหมดเหล่านี้ไม่เคยชัดเจนและไม่มีทางคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าได้ ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตต้องมาจากหลายแง่มุมในทุก ๆ ด้าน ผู้วิจัยเชิงปฏิบัติการต้องรายงานผลการสังเกตอย่างครบถ้วน นอกจากนี้การสังเกตในขั้นนี้หมายรวมถึงการสังเกตกระบวนการของการปฏิบัติและผลของการปฏิบัติ

โดยที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจสังเกตสถานการณ์ข้อขัดข้องของการปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแผนการดำเนินงาน

4. การสะท้อน (Reflect) เป็นการประเมินอย่างหนึ่ง ซึ่งผู้วิจัยเชิงปฏิบัติการจะต้องตัดสินใจจากประสบการณ์ของตนว่า ผลของการปฏิบัติเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือความต้องการที่ตั้งไว้หรือไม่ ตรวจสอบปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นการวางแผนในการปฏิบัติในวงจรต่อไป

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์ (2558) กล่าวถึงการดำเนินการตามวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ดังนี้

1. การจำแนกหรือพิจารณาปัญหาที่ประสงค์จะศึกษา ผู้วิจัยและกลุ่มที่ทำการวิจัยจะต้องศึกษารายละเอียดของปัญหาที่จะศึกษาอย่างชัดแจ้ง ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเรียนที่จะทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการจะต้องศึกษาค้นคว้า แสวงหาหลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ๆ ให้กว้างขวางพอสมควร

2. เลือกปัญหาสำคัญที่เป็นสาระควรแก่การศึกษาวิจัย โดยอาศัยพื้นฐานจากหลักการและทฤษฎีมาใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะของปัญหา แล้วสร้างวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัย ในรูปแบบของข้อความที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของปัญหากับหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3. เลือกเครื่องมือดำเนินการวิจัยที่จะช่วยให้ได้คำตอบของปัญหาตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติหรือการฝึกหัดตามวิธีการ และเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นผลจากการปฏิบัติหรือฝึกหัดตามวิธีการ และเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นผลจากการปฏิบัติการ เช่น แบบทดสอบ แบบสังเกตพฤติกรรม เป็นต้น

4. บันทึกเหตุการณ์อย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอนของการวิจัย ทั้งส่วนที่เป็นความก้าวหน้าและที่เป็นอุปสรรคตามวงจรของการปฏิบัติการทั้ง 4 ขั้นตอน โดยจะต้องเก็บสะสมข้อบันทึกต่าง ๆ ไว้เพื่อใช้ในการปรับปรุงวงจรปฏิบัติในรอบต่อไป และเพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลสำหรับใช้วิเคราะห์หาคำตอบของสมมติฐาน

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

4.2) ขั้นปฏิบัติ (Action) เป็นการนำแนวคิดที่กำหนดเป็นกิจกรรมในขั้นวางแผนมาดำเนินการ โดยวิเคราะห์วิจารณ์ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นร่วมกันของทีมงานประกอบด้วย เพื่อทำการแก้ไขปรับปรุงแผน ฉะนั้นแผนที่กำหนดควรจะมีความยืดหยุ่นปรับได้

4.3) ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการศึกษาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยความรอบคอบ ซึ่งอาจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นทั้งที่คาดหวังและไม่คาดหวัง โดยต้องอาศัยเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าช่วย

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

5. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ในด้านต่าง ๆ ของข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ทำการตรวจสอบรายละเอียดของข้อมูลเพื่อให้มั่นใจในความถูกต้อง แสดงรายละเอียดในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ จัดหมวดหมู่และแยกประเภทของกลุ่มข้อมูลตามหัวข้อที่เหมาะสม เปรียบเทียบข้อแตกต่างและความคล้ายคลึงของข้อมูลแต่ละประเภทโดยการวิเคราะห์อย่างลึกซึ้งร่วมกับกลุ่มผู้วิจัย

6. ตรวจสอบข้อมูลที่กลุ่มวิจัยได้ร่วมกันพิจารณาไว้แล้วอีกครั้งหนึ่ง เพื่อสรุปหาคำตอบที่เป็นสาเหตุ วิธีการแก้ปัญหา และผลที่ได้รับ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดหากผู้วิจัยสามารถทำการประมวลและสรุปเป็นหลักการ รูปแบบ ของการปฏิบัติ ข้อเสนอเชิงทฤษฎีหรือทฤษฎีของปฏิบัติการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ ทั้งนี้ ต้องอาศัยหลักตรรกวิทยา โดยวิธีอุปนัยและความรู้เชิงทฤษฎีของผู้วิจัยเป็นสำคัญ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการจะมุ่งเน้นการปรับปรุงการเรียนการสอนและผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยการเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ปัญหา วางแผน ดำเนินการ และประเมินผล ซึ่งนักเรียนและผู้สอนจะมีส่วนร่วมในการวิจัย ซึ่งจะช่วยสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับสถานการณ์และส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวคือ การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นเสมือนเครื่องมือที่สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพการศึกษาและการเรียนการสอนในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการดำเนินการของ Kemmis and McTaggart (1988) มาใช้ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนการปฏิบัติการ (Reflect)

3. บริบทโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

3.1 ข้อมูลโรงเรียน

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

3.1.1 วิสัยทัศน์

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

3.1.2 สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

ในการพัฒนานักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดสมรรถนะที่สำคัญ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

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

2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์การคิด อย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศเข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น ต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

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

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

3.2 บริบทของห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7

ห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เป็นห้องเรียนแผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ แบบปกติ มีนักเรียนทั้งหมด 34 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 18 คน และนักเรียนหญิง 16 คน มีการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ทั้งหมด 80 ชั่วโมงต่อเทอม หรือ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ห้องเรียนมีการจัดโต๊ะและเก้าอี้จัดไว้ในลักษณะที่นั่งแบบนั่งคู่ แสงสว่างเพียงพอ มีเครื่องฉายโปรเจกเตอร์ตำแหน่งเดียวกับกระดานหน้าชั้นเรียนซึ่งนักเรียนมองเห็นได้ทั่วถึง นักเรียนส่วนใหญ่มีอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับค้นคว้าหาความรู้ได้ด้วยตนเอง เช่น แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน นักเรียนมีความกล้าแสดงออก สามารถทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกับเพื่อนในห้องเรียนและคอยช่วยเหลือเพื่อนได้เป็นอย่างดี

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 เป็นกลุ่มเป้าหมาย นักเรียนมีผลการเรียนอยู่ในระดับกลางของหลักสูตร จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเมื่อถึงคาบเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์แบบบรรยายความรู้และฝึกทำโจทย์ปัญหา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เลือกที่จะตอบคำถามที่ไม่มีความซับซ้อน แต่เมื่อเผชิญกับคำถามหรือสถานการณ์ปัญหาที่มีความซับซ้อน นักเรียนบางคนจะรู้สึกสับสนและไม่สามารถหาแนวทางในการแก้ไขได้ ในขณะที่นักเรียนบางคนก็เลือกที่จะตอบคำถามไปก่อนโดยไม่สนใจการทำความเข้าใจกระบวนการหรือวิธีการที่นำไปสู่คำตอบนั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ลึกซึ้งและขาดการคิดเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ทำให้นักเรียนไม่สามารถแยกย่อยรายละเอียดของประเด็นปัญหามีความซับซ้อนและลำดับขั้นตอนความสำคัญในการหาคำตอบจากปัญหาที่เหมาะสมได้ ในขณะเดียวกัน เมื่อถึงคาบเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์แบบมีส่วนร่วม เช่น มีกิจกรรมการทดลอง มีการสาธิต พบว่านักเรียนให้ความสนใจ มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม มักจะหาวิธีแก้ปัญหาเฉพาะในสถานการณ์หนึ่ง ๆ ได้ แต่ยังไม่สามารถนำไปปรับใช้กับสถานการณ์ปัญหาอื่น ๆ ได้ อีกทั้งยังขาดจัดการลำดับความสำคัญหรือขั้นตอนที่ต้องทำก่อนหลัง ซึ่งปัญหาส่วน

ใหญ่ล้วนเกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ทั้งนี้เป็นเพราะกิจกรรมการเรียนการรู้ไม่ได้เอื้อให้นักเรียนได้เกิดการฝึกฝนการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งการฝึกฝนให้เกิดการคิดเชิงคำนวณนั้น นักเรียนจะต้องอาศัยการวิเคราะห์ปัญหาและการสร้างวิธีแก้ปัญหาที่เป็นระบบ เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ มีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้

4. การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน

4.1 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน

Fortus, et al. (2004) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน (Design-Based Learning, DBL) เป็นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ผสมผสานข้อดีของการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานและการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผ่านการออกแบบที่สร้างสรรค์ของนักเรียน ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง โดยให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์

Doppelt, et al. (2008) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory) ซึ่งระบุว่านักเรียนสร้างความรู้มากกว่าการรับข้อมูลเพียงอย่างเดียว แม้ว่าจะให้ความสำคัญของการผลิตหรือมีส่วนร่วมในการออกแบบกิจกรรม แต่กระบวนการออกแบบยังแสดงให้เห็นถึงสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีคุณค่าอีกด้วย ดังนั้น การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานจึงมีความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้และผลลัพธ์ที่ได้

Seitamaa-Hakkarainen (2011) ระบุว่า การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการทำกิจกรรม ซึ่งเป็นวิธีที่ผสมผสานระหว่างการเรียนรู้ในระบบและการเรียนรู้ตามอัธยาศัย โดยมีแนวคิดสำคัญ 2 หลักการ ได้แก่ มุมมองในมิติของการแสวงหาความรู้และพัฒนาความคิด และมุมมองในมิติของการสร้างสรรค์ผลงาน เช่น ต้นแบบ ชิ้นงานต่าง ๆ โมเดล ผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

Puente, et al. (2013) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน เป็นวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนรวบรวมและประมวลผลความรู้ทางทฤษฎีมาใช้ในทำงานเกี่ยวกับการสร้างสรรค์ผลงานนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ ระบบ และวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ

สุจิตตรา จันทร์ลอย และคณะ (2564) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของนักเรียนในการแสวงหาความรู้ การพัฒนาและการสร้างสรรค์ผลงานโดยอาศัยกระบวนการแก้ปัญหาและกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสวนด้วยตนเอง ผลของการเรียนรู้คือ การบูรณาการเนื้อหาในเชิงสหวิทยาการ และผลงานที่สะท้อนถึงทักษะออกแบบอย่างสร้างสรรค์ซึ่งทำให้นักเรียนได้พัฒนาการเรียนรู้แบบกำกับตนเองและสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้

จากนิยามความหมายข้างต้นพอจะสรุปความหมายของการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานได้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของนักเรียนในการพัฒนาและการสร้างสรรค์ผลงานด้วยการแสวงหาความรู้และการสืบสอบด้วยตนเอง โดยการบูรณาการร่วมกับกระบวนการออกแบบ

4.2 กระบวนการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน

Fortus (2005) ได้พัฒนาการเรียนรู้ที่มีการออกแบบเป็นฐาน (Design-based Learning) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. การระบุและนิยามบริบท (Identify and Define Context) ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาที่นักเรียนจะต้องออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหานั้น

2. การที่นักเรียนทำวิจัยและสืบค้น (Background Research) เพื่อหาข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบนวัตกรรม

3. การที่นักเรียนนำข้อมูลที่จำเป็นมาพัฒนาเป็นความคิดต่าง ๆ (Develop Ideas) เกี่ยวกับนวัตกรรมที่เป็นไปได้

4. การที่นักเรียนสร้างนวัตกรรมต้นแบบ (Construct Artifacts)

5. การนำนวัตกรรมต้นแบบนั้นไปทดสอบว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ ซึ่งนักเรียนจะได้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เพื่อปรับปรุงนวัตกรรมต้นแบบนั้นให้ดียิ่งขึ้น

Doppelt (2008) ได้เสนอกระบวนการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานตามแนวคิด PISCOE ประกอบด้วย การกำหนดเป้าหมาย (Purpose), การนำเข้าข้อมูล (Input), แนวทางการแก้ปัญหา (Solutions), การสร้างทางเลือก (Choice), การดำเนินการตามแผน (Operations) และการประเมินผลงาน (Evaluation) ซึ่งเป็นการรวมการออกแบบทางเทคโนโลยี (Technological Design) และการคิดเชิงระบบเข้าด้วยกัน (Systems Thinking) ผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุปัญหาหรือความต้องการ (Define a Problem or Identify a Need) นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มได้มีส่วนร่วมในการระบุปัญหาและกำหนดความต้องการที่หลากหลาย

2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Collect Information about Current Solutions) นักเรียนแต่ละคนศึกษาค้นคว้าแนวทางแก้ปัญหา โดยอาจเริ่มต้นจากคำสำคัญ (Keywords)

3. เสนอแนวทางการแก้ปัญหา (Introduce Alternative Solutions) นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา ระบุข้อมูลที่คาดว่าจะต้องใช้และผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น รวมทั้งระบุทั้งข้อดีและข้อเสียด้วย

4. เลือกแนวทางที่จะแก้ปัญหา (Choose the Optimal Solution) นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนองค์ประกอบย่อยของแนวคิดอย่างละเอียดเพื่อสร้างทางเลือกที่หลากหลาย เลือกและกำหนดลักษณะการทำงาน (Function) เบื้องต้นที่ระบบต้องมีเพื่อตรงตามข้อกำหนดที่ระบุ

5. ออกแบบและสร้างต้นแบบ (Design and Construct a Prototype) นักเรียนลงมือออกแบบและสร้างชิ้นงาน

6. ประเมินผลของชิ้นงานต้นแบบ (Evaluate the Efficacy of the Prototype) นักเรียนทดสอบและประเมินชิ้นงานต้นแบบที่ได้สร้างขึ้น

Gardner (2012) ได้เสนอแนวทางในการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุประเด็นปัญหาและความต้องการในการออกแบบ เป็นขั้นที่เลือกประเด็นของปัญหาที่ต้องการนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงาน หรือกำหนดความต้องการในการออกแบบในครั้งนั้น

2. รวบรวมข้อมูลและแนวทางในการแก้ไขปัญหา เป็นการศึกษาข้อมูล รวมทั้งแนวทางที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเพื่อแก้ไขปัญหา

3. กำหนดทางเลือกในการแก้ปัญหา เมื่อรวบรวมข้อมูลแล้วให้กำหนดแนวทางที่สอดคล้องกับความต้องการในการออกแบบเพื่อแก้ไขปัญหา

4. เลือกแนวทางที่จะแก้ปัญหา เลือกแนวทางที่จะนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหา

5. สร้างและประเมินต้นแบบที่ออกแบบ ลงมือออกแบบและสร้างชิ้นงาน เมื่อสร้างชิ้นงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ประเมินผลงานต้นแบบที่ได้สร้างขึ้น

Wang (2022) ได้ลำดับขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานเป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. การสำรวจและค้นหา (Discovery Practices) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเรียน โดยผู้สอนจำเป็นต้องออกแบบและจัดเตรียมใบงานหรือประเด็นปัญหาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาเบื้องต้นแล้วใช้ผลการศึกษาค้นคว้าเหล่านี้เพื่อประเมินระดับความรู้เบื้องต้นของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนเข้าใจสถานการณ์การเรียนรู้ของนักเรียนก่อนเข้าชั้นเรียน

2. การออกแบบ (Design Practices) เป็นขั้นที่นักเรียนออกแบบการแก้ปัญหา การแยกส่วนปัญหาที่ต้องการแก้ไขซึ่งอาจจะต้องใช้ความรู้ที่หลากหลายเพื่อออกแบบสิ่งที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหานั้น โดยผู้สอนคอยให้ความช่วยเหลือและแลกเปลี่ยนข้อเสนอแนะ เพื่อให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขสิ่งที่ออกแบบไว้ให้เหมาะสมมากขึ้น

3. การนำเสนอผลงาน (Expression Practices) เป็นขั้นที่นักเรียนได้เลือกเครื่องมือการนำเสนอผลจากการแก้ปัญหาผ่านเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ในขณะที่ผู้สอนคอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำ ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวความคิด (Idea) ซึ่งกันและกันและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

สุจิตตรา จันทร์ลอย และคณะ (2564) ได้รวบรวมและเสนอขั้นตอนการเรียนรู้โดยการออกแบบเป็นฐานโดยปรับปรุงจากแนวคิดของ Gardner (2012) และ Seitamaa-Hakkarainen (2011) แบ่งเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. การให้ความรู้ (Educate) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนให้ความรู้ เนื้อหา ทฤษฎี โดยใช้การบรรยาย อธิบาย สาธิตและยกตัวอย่างให้แก่นักเรียน

2. กำหนดเป้าหมาย (Challenge) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนร่วมกันกำหนดเป้าหมายและวิเคราะห์สาเหตุจากสื่อหรือนวัตกรรมที่ผู้สอนเตรียมไว้ให้

3. สำรวจแนวทางการออกแบบ (Inspire) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสืบค้นเพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ ๆ จากแหล่งสารสนเทศที่หลายหลาย

4. รวบรวมข้อมูล (Collect) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนแนะนำแหล่งสารสนเทศที่เป็นประโยชน์แก่นักเรียน เพื่อค้นหาสืบค้นต่อยอดจากจากสำรวจของนักเรียน ซึ่งอาจทำให้นักเรียนได้แนวทางและข้อมูลที่มีแปลกใหม่จากความคิดเดิม

5. พัฒนาต้นแบบ (Prototype) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างผลงานหลังจากที่ได้รับคำแนะนำจากผู้สอน อาจมีการสาธิตผลงานเบื้องต้นเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดต่อไป

6. พัฒนาชิ้นงาน (Production) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนพัฒนาผลงาน ปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดหลังจากได้รับคำแนะนำการปรับปรุงในครั้งที่ผ่านมา

7. นำเสนอผลงาน (Display) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้นำเสนอผลงานที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วแก่เพื่อนร่วมชั้น

8. การประเมินผล (Evaluate) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนตรวจสอบติดตามและประเมินนักเรียนทุกคน หลังจากที่ได้ชมผลงานและการส่งผลงานจากการปรับปรุงแก้ไข แล้วทำการประเมินผลงานตามเกณฑ์

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานที่กล่าวมาทั้งหมดพบว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานของแต่ละคนมีคล้ายคลึงกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกขั้นตอนที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับบริบทของการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยดัดแปลงจาก Doppelt (2008) ซึ่งมีแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย ขั้นที่ 2 สำรวจ

และรวบรวมข้อมูล ขั้นที่ 3 เสนอแนวทางการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 เลือกแนวทางแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ออกแบบและสร้างต้นแบบ และขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน

4.3 บทบาทของนักเรียนและผู้สอนในการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน

4.3.1 บทบาทของนักเรียน

Zhang, et al. (2021) กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนในการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานไว้ดังนี้

1. นักเรียนควรมีความเข้าใจภาพรวมด้านความรู้ของรายวิชานั้น ๆ

2. นักเรียนควรเข้าใจถึงภาระงานที่ท้าทายที่ถูกออกแบบโดยผู้สอน โดยจะเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งทำให้ชัดเจนว่านักเรียนจะต้องทำอะไร

3. นักเรียนควรชี้แจงประเด็น/ปัญหาที่ต้องแก้ไขให้ชัดเจนเพื่อทำภาระงานที่ท้าทายให้สำเร็จ โดยอาศัยเงื่อนไขทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด แล้วสร้างกระบวนการ "วิธีการดำเนินการ" ของตนเอง

4. นักเรียนต้องดำเนินการสืบเสาะและศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้องเพื่อให้ได้แนวทางแก้ไขปัญหา

5. สมาชิกในกลุ่มใช้ความรู้และประสบการณ์เพื่อออกแบบโครงร่างที่เป็นไปได้และสร้างสรรค์ ตามประเด็นปัญหาจากผู้สอน

6. สมาชิกในกลุ่มออกแบบโครงร่างเสร็จสิ้น เริ่มดำเนินการตามแผนที่วางไว้

7. นักเรียนควรบันทึกข้อบกพร่องของแผนการดำเนินงาน และให้ความสนใจว่าแผนการดำเนินงานเป็นไปตามข้อกำหนดของผู้สอนหรือไม่ และแผนการดำเนินงานเป็นไปได้หรือไม่

8. นักเรียนประเมินและแลกเปลี่ยนผลงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มเรียนรู้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน และแบ่งปันประสบการณ์ของตนเอง

9. นักเรียนไตร่ตรองและสรุปกระบวนการเรียนรู้ ทัศนคติการเรียนรู้ ประสบการณ์การเรียนรู้ และวิธีการเรียนรู้จากผู้สอน

10. นักเรียนคิดออกแบบโครงร่างใหม่ กำหนดปัญหาใหม่ และคิดว่าจะสามารถปรับปรุงโครงร่างใหม่นี้ให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีมากขึ้นได้หรือไม่

สุจิตตรา จันทร์ลอย และคณะ (2564) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน นักเรียนบทบาทเป็นผู้ศึกษาค้นคว้า แสวงหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ และใช้องค์ความรู้นั้น ๆ ด้วยตนเอง โดยจำเป็นต้องระบุความต้องการจำเป็นของตนเอง เพื่อนำไปสู่การพัฒนาต่อยอดความคิดที่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งอาจจะจัดการเรียนการสอนแบบผสมผสานที่มีทั้งเนื้อหาภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติในแต่ละสัปดาห์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้การออกแบบเป็นฐานเข้ามาเป็นการจัดกิจกรรม

ได้แก่ 1) กิจกรรมการให้ความรู้ เป็นการศึกษาทำความเข้าใจเนื้อหาบทเรียน และ 2) กิจกรรมในภาคปฏิบัติ เป็นลักษณะกำหนดเป้าหมายในการทำงานตามระดับความยากง่ายของงานตัวเอง การค้นหาไอเดียต่าง ๆ ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานเพื่อสำรวจแนวทางการออกแบบ การรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นที่แปลกใหม่ซึ่งแตกต่างจากเดิมในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน นำมาพัฒนาต้นฉบับและพัฒนาเป็นชิ้นงานจริง การนำเสนอผลงานและการประเมินผล โดยมีการกำกับติดตามข้อมูลย้อนกลับในทุกขั้นตอนจากผู้สอนแต่ละสัปดาห์ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ที่สุด

จากการศึกษาบทบาทนักเรียนในการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน สรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน นักเรียนควรระบุความต้องการที่จำเป็นของตนเอง เพื่อพัฒนาความคิดที่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดการสร้างแรงจูงใจภายในที่จะเรียนรู้ ส่งเสริมความเข้าใจที่ลึกซึ้งในเนื้อหาในเชิงสหวิทยาการ และสร้างการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยผ่านเทคโนโลยีเพื่อการสร้างต้นแบบ การสร้างชิ้นงาน รวมทั้งการมีบทบาทในการประเมินผลงานและการทบทวนปรับปรุงผลงานตามผลการประเมินทั้งจากเพื่อนและจากผู้สอน

4.3.2 บทบาทของผู้สอน

Puente, et al. (2013) กล่าวถึงบทบาทผู้สอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานว่า ผู้สอนมีบทบาทในการดำเนินกิจกรรม ให้คำแนะนำ รวมทั้งอำนวยความสะดวกในกระบวนการเรียนรู้ เช่น การท้าทายนักเรียนด้วยการถามคำถาม การมุ่งเน้นไปที่ภาระงาน การเลือกข้อมูล การตัดสินใจของนักเรียน การเตรียมตัว การดำเนินการ และการประเมินผลจากการทำกิจกรรม ซึ่งในระหว่างการทำกิจกรรม ผู้สอนอาจให้คำติชมเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในเนื้อหาต่อความก้าวหน้าของภาระงาน

Zhang, et al. (2021) กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานไว้ดังนี้

1. ผู้สอนควรสร้างสถานการณ์ตามหัวข้อของบทเรียนโดยต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

1.1 ปัญหาควรมีความน่าสนใจ ท้าทาย และเกี่ยวข้องกับชีวิตของนักเรียน การออกแบบปัญหาและกิจกรรมควรจะสามารถกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนรู้ภายในของนักเรียนได้ และการแก้ปัญหาควรทำให้นักเรียนมีความรู้สึกถึงความสำเร็จ

1.2 นักเรียนจำเป็นต้องใช้มือและสมองเพื่อมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้อย่างอิสระในกระบวนการมีส่วนร่วม มีประสบการณ์ และการได้มาซึ่งความรู้ นักเรียนไม่เพียงแต่ได้รับความรู้ผลลัพธ์เท่านั้น แต่ยังได้รับความรู้เกี่ยวกับกระบวนการแก้ไขปัญหาด้วย

1.3 นักเรียนควรได้รับความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ตามสถานการณ์ สามารถเข้าใจและระบุประสิทธิภาพของความรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ กล่าวคือ พวกเขาควรจะสามารถใช้ความรู้ที่เรียนมาแก้ไขปัญหาในทางปฏิบัติได้อย่างยืดหยุ่น

1.4 ครูแนะนำให้นักเรียนปฏิบัติตามหลักการความหลากหลายภายในกลุ่มเพื่อร่วมกันทำงาน รวบรวม และวิเคราะห์สื่อการเรียนรู้ หยิบยกและตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้งประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้

2. ผู้สอนอธิบายความรู้ ให้เหมาะสมกับความต้องการความรู้และทักษะของนักเรียน ผู้สอนควรมุ่งเน้นและเลือกอธิบายความรู้ในหนังสือเรียนเพื่อช่วยนักเรียนแก้ปัญหาที่ยากจนเกินไป

3. ผู้สอนควรอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานให้นักเรียนทราบ

4. ผู้สอนใช้สถานการณ์ท้าทายให้นักเรียน และนำเสนอเนื้อหาที่มีความเฉพาะของภาระงานท้าทายผ่านการอธิบาย การสาธิต และวิธีการอื่น ๆ

สุจิตตรา จันทร์ลอย และคณะ (2564) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน ผู้สอนมีบทบาทในการชี้แจงทำความเข้าใจ จัดทำแผนจัดการเรียนรู้ ออกแบบวางแผนกระบวนการสร้างงาน รวมทั้งกำหนดเนื้อหาและถ่ายทอดเนื้อหาโดยใช้การเรียนรู้การออกแบบเป็นฐานเพื่อนำไปสู่การเชื่อมโยงความสามารถการออกแบบอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน นอกจากนี้ ผู้สอนยังมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ (learning facility) จัดสภาพแวดล้อมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้ฝึกค้นคว้า ศึกษาทดลอง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนฝึกตั้งคำถาม สืบค้นข้อมูลและรายละเอียด ซึ่งจะส่งเสริมกระบวนการสะท้อนคิดอย่างมีเหตุผล การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งด้วยคำพูด ภาพบนสื่อ และช่องทางที่เหมาะสม รวมทั้งสนับสนุนการเรียนรู้แบบกำกับตนเอง (Self-regulated Learning) ให้กับนักเรียน ซึ่งผู้สอนควรมีการประเมินความก้าวหน้า (Formative Assessment) อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

จากการศึกษาบทบาทผู้สอนในการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน สรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน ผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดสภาพแวดล้อมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้ฝึกค้นคว้า ศึกษาทดลอง เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ผู้สอนยังมีบทบาทในการส่งเสริมกระบวนการสะท้อนคิดอย่างมีเหตุผล การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งประเมินความก้าวหน้าของนักเรียนอย่างสม่ำเสมอ

4.4 การประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน

Doppelt (2008) กล่าวถึง การประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. แบบทดสอบความรู้ (Knowledge Test) ทำการทดสอบความรู้นักเรียนก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบปรนัย 7 ข้อ ที่มีคำถามเกี่ยวข้องกับเรื่องไฟฟ้า เช่น

ความต้านทาน กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และวงจรอนุกรมและขนาน และทดสอบความรู้นักเรียนหลังจากการจัดกิจกรรมเรียนรู้ในวันสุดท้าย

2. การประเมินการนำเสนอแบบปากเปล่า หลังจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละโมดูล นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอความก้าวหน้าหน้าชั้นเรียน และเมื่อสิ้นสุดโมดูลสุดท้าย นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องนำเสนอกระบวนการออกแบบและการสร้างชิ้นงานทั้งหมด มีการประเมินโดยครูและการประเมินโดยเพื่อน สำหรับการนำเสนอของทีมแต่ละทีมจะใช้ประเด็นการประเมิน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านข้อมูลความรู้ ด้านการอธิบายแต่ละองค์ประกอบของชิ้นงาน ด้านการออกแบบแบบจำลองชิ้นงาน และด้านการนำเสนอ โดยให้คะแนนการประเมินค่า (Rating Scale) ระหว่างระดับ 1 ถึงระดับ 5

3. การวิเคราะห์แฟ้มสะสมผลงานนักเรียน มีการรวบรวมแฟ้มสะสมผลงานนักเรียนทั้ง 38 คน และเอกสารที่เกี่ยวข้องของแต่ละกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วยแผ่นใสที่ใช้นำเสนอ (Presentation Transparencies) จำนวน 12 ชุด แล้วสุ่มเลือกนักเรียน 2 กลุ่ม ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีคะแนนจากการทำแบบทดสอบความรู้อยู่ในระดับเฉลี่ย มาวิเคราะห์โดยละเอียด

Puente, et al. (2013) รวบรวมการประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ 1) การประเมินความก้าวหน้า (Formative Assessment) ในระหว่างการทำกิจกรรม นักเรียนจะได้รับการประเมินทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม โดยใช้แบบทดสอบออนไลน์ แบบบันทึกกิจกรรม การนำเสนอ งานจากห้องปฏิบัติการ และผลการออกแบบภาระงาน 2) การประเมินผลสรุป (Summative Assessment) หลังการจัดกิจกรรม เช่น การประเมินเพื่อนและตนเอง โดยเพื่อนจะประเมินในเรื่องการมีส่วนร่วมในกลุ่มและงานที่ได้รับมอบหมาย การนำเสนอปากเปล่า การสอบปลายภาค และแฟ้มสะสมผลงาน

Bozkurt, et al. (2021) ประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน โดยรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน แล้ววิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเขียนและการวาดภาพของนักเรียน การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และการบันทึกจากกิจกรรมภาคสนาม โดยใช้สองวิธีแยกกัน คือ การวิเคราะห์เชิงพรรณนา ใช้เพื่อวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียนในเชิงปริมาณ และตรวจสอบความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคดละเอียดลออ ในขณะที่การวิเคราะห์เนื้อหาใช้ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพในการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างและร่องรอยหลักฐานจากการบันทึกภาคสนามของนักวิจัยเพื่อใช้ยืนยันผลลัพธ์ของการวิเคราะห์เชิงพรรณนา

สุจิตตรา จันทร์ลอย และคณะ (2564) กล่าวถึงการประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานว่ามักจะแบ่งการประเมินตามลักษณะของการใช้ผลการประเมินออกเป็น 2 ลักษณะ คือ 1) การประเมินความก้าวหน้า (Formative Assessment) มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบ

พัฒนาการของนักเรียน โดยประเมินจากการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง และใช้ผลการประเมินในการปรับเปลี่ยนและพัฒนาการปฏิบัติงานให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด และ 2) การประเมินผลสรุป (Summative Assessment) มีวัตถุประสงค์เพื่อตัดสินคุณภาพการเรียนรู้จากชิ้นงานหรือภาระงานที่นักเรียนทำเสร็จสิ้น เช่น การประเมินจากผลงานการสร้างชิ้นงาน การประเมินจากการนำเสนอรายงาน การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) หรือการประเมินโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Rubric Scoring Guideline)

จากการศึกษาการประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน สรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานมีวิธีการประเมิน 2 รูปแบบ คือ 1) การประเมินความก้าวหน้า (Formative Assessment) หรือ การประเมินระหว่างเรียน โดยผู้สอนจะประเมินระหว่างกระบวนการเรียนรู้ เพื่อปรับปรุงการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้ให้เกิดความสำเร็จกับนักเรียน เช่น การมอบหมายงานรายบุคคลหรืองานกลุ่ม นำเสนอความก้าวหน้ารายสัปดาห์ แบบทดสอบออนไลน์ เป็นต้น 2) การประเมินผลสรุป (Summative Assessment) โดยผู้สอนจะประเมินจากผลสำเร็จของภาระงานหรือชิ้นงาน เช่น แบบทดสอบด้านความรู้หลังเรียน ผลงานการสร้างชิ้นงาน เป็นต้น

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

5. แนวคิดสตีมศึกษา

5.1 ความหมายของแนวคิดสตีมศึกษา

Yakman (2008) ได้กล่าวถึงความหมายของสตีมศึกษา ว่าคือรูปแบบการศึกษาแบบบูรณาการที่พัฒนาขึ้นจากแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยมีรายวิชา ดังนี้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ มาประกอบกันเป็นแนวคิดการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ เพื่อส่งเสริมการสืบสอบ การอภิปราย การคิดวิเคราะห์ ทักษะแก้ปัญหาและการออกแบบสร้างสรรค์

มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ (2560) ได้ให้ความหมายของสตีมศึกษาว่า เป็นการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อมุ่งจัดการเรียนรู้ให้เด็กเรียนรู้กับการจัดการปัญหาต่าง ๆ ต้องเรียนรู้ที่จะเพิ่มการฝึกปฏิบัติให้มาก ลดการสอนจำให้น้อยลง ทำงานคนเดียวให้น้อย ทำงานเป็นทีมให้มาก รู้จักการแก้ปัญหา ตัดสินใจ ในชั้นเรียนสอนสิ่งที่นักเรียนทุกคนจะต้องปฏิบัติในห้องเรียน

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) กล่าวว่า STEAM เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่นำศิลปะมาบูรณาการกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ปัจจัยสำคัญในการนำแนวคิด STEAM มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ บริบท (Context) การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) และการสร้างความจับใจ (Emotional Touch) ในการออกแบบกิจกรรมสร้างสรรค์

นพดล กองศิลป์ (2561) ได้ให้ความหมายของสตีมศึกษาว่า เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ที่เต็มไปด้วยหลักการ ศิลปะศาสตร์ที่ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ เพื่อสร้างให้เกิดนวัตกรรมบนพื้นฐานของการออกแบบเชิงวิศวกรรมและเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าอย่างเท่าทัน โดยผ่านการจัดการเรียนการสอนที่นักตอบสนองธรรมชาติของพัฒนาการ มีการฝึกฝนให้คิดอย่างเป็นระบบ จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ที่คงทน คิดได้อย่างมีเหตุผล และสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อตอบสนองต่อการเรียนรู้และความต้องการของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุภัค โอฬาพิริยกุล (2562) กล่าวว่า STEAM Education เป็นแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 5 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) มาจัดการเรียนรู้โดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือกระทำและพัฒนาทักษะต่าง ๆ มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสนใจใคร่รู้ แสวงหาคำตอบด้วยตนเองและบูรณาการทักษะที่จำเป็นมาใช้ในการดำรงชีวิต

จากการศึกษาความหมายของสตีมศึกษา ที่มีนักการศึกษาให้ความหมายไว้ ผู้วิจัยจึงทำการสรุปความหมายของสตีมศึกษา ว่าเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือทำและ

พัฒนาทักษะต่าง ๆ ผ่านการบูรณาการ 5 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์

5.2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา

Yakman (2008) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษา ดังนี้

Science คือ ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ อวกาศ เทคโนโลยีชีวภาพ และชีวการแพทย์

Technology คือ การเกษตร ก่อสร้าง การสื่อสารข้อมูล และการขนส่ง

Engineering คือ การบินและอวกาศ เกษตร สถาปัตยกรรม คอมพิวเตอร์ โยธา ไฟฟ้า สิ่งแวดล้อม และระบบอุตสาหกรรม

Arts คือ ภาษา การเมือง จิตวิทยา สังคม และศาสนา

Mathematic คือ พีชคณิต แคลคูลัส การวิเคราะห์ข้อมูล ความน่าจะเป็น รูปทรงเรขาคณิต การแก้ไขปัญหา หลักทฤษฎี และตรีโกณมิติ

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษา ดังนี้

Science คือ ประวัติศาสตร์ ธรรมชาติสาระแนวคิด และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์: ชีววิทยา ชีวเคมี เคมี ธรณีวิทยา ฟิสิกส์และอวกาศ เทคโนโลยีชีวภาพ และชีวการแพทย์

Technology คือ ธรรมชาติของเทคโนโลยี เทคโนโลยีกับสังคม การออกแบบประโยชน์จากเทคโนโลยีในโลก รวมถึงเทคโนโลยี: การเกษตร การก่อสร้าง การสื่อสาร ข้อมูล การผลิต การแพทย์ ไฟฟ้าและพลังงาน การผลิตและการขนส่ง

Engineering คือ การใช้เหตุผลหลักการและการสร้างสรรค์บนพื้นฐานวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยใช้เทคโนโลยีในการสร้างสรรค์: การบินและอวกาศ การเกษตร สถาปัตยกรรม เคมี โยธา คอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า สิ่งแวดล้อม ของเหลว อุตสาหกรรมและระบบวัสดุ เครื่องจักรกล สินแร่ นิวเคลียร์กองทัพเรือและมหาสมุทร

Arts คือ การสื่อสาร การสร้างความเข้าใจ แนวคิด ทัศนคติ และขนบธรรมเนียมประเพณีที่ส่งต่อจากอดีตสู่ปัจจุบันและอนาคต: ทัศนศิลป์ ดนตรี การเคลื่อนไหวร่างกาย/นาฏศิลป์ การแสดง ภาษาวรรณกรรม รวมทั้ง การศึกษา ประวัติศาสตร์ ปรัชญา การเมือง จิตวิทยา สังคมวิทยา เทววิทยา ฯลฯ

Mathematic คือ ตัวเลข และการปฏิบัติ (คำนวณ): พีชคณิตแคลคูลัส เรขาคณิต ตรีโกณมิติ การสื่อสารและการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น และการดำเนินการแก้ปัญหาการมีเหตุผลและหลักฐานทฤษฎี

นพดล กองศิลป์ (2561) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (S) มุ่งเน้นให้เรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งที่อยู่ในธรรมชาติรวมถึงสิ่งที่ธรรมชาติสร้างให้เกิดขึ้น ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่อาศัยการวางแผน การทดลอง และการลงมือปฏิบัติอย่างเป็นระบบ จะทำให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทายและเกิด ความมั่นใจในการเรียน ส่งผลให้นักเรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี (T) เป็นการเรียนรู้สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น นวัตกรรม ความเปลี่ยนแปลง หรือการนำทรัพยากรทางธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ตามความต้องการของมนุษย์ รวมถึงการใช้สื่อเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ และการรู้เท่าทันเทคโนโลยีในโลกปัจจุบัน เพื่อสร้างให้นักเรียนสามารถต่อยอดความรู้ทางเทคโนโลยีไปสู่การสร้างเป็นนวัตกรรมที่เป็นจุดมุ่งหมายของ STEAM

วิศวกรรมศาสตร์ (E) คือการเรียนรู้การทำงานที่เป็นระบบ รวมไปถึงกระบวนการออกแบบที่ตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ นอกจากความรู้ที่ได้จากเทคโนโลยีแล้วพื้นฐานทางวิศวกรรมก็เป็นสิ่งจำเป็นต่อการใช้องค์ความรู้ในการสร้างนวัตกรรมเช่นกัน

ศิลปะศาสตร์ (A) การเรียนรู้ว่าด้วยศาสตร์แห่งศิลปะ ทั้งด้านภาษา วรรณกรรม และสุนทรียศาสตร์ นักเรียนไม่ได้เพียงแค่ใช้ความรู้ในด้านศิลปะศาสตร์เพียงแค่การวาดภาพหรือระบายสีเท่านั้น ศิลปะใน STEAM ยังรวมไปถึงการศึกษาทางด้านวรรณกรรม สุนทรียภาพทางภาษาและการสื่อสาร สิ่งเหล่านี้เป็นหัวใจสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนสร้างสรรค์ผลงานจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี พื้นฐานทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ในการสร้างสรรค์ผลงานของตนเอง

คณิตศาสตร์ (M) การเรียนรู้เกี่ยวกับตัวเลข สัญลักษณ์ ความสัมพันธ์ แบบรูป รูปร่าง รูปทรงและการให้เหตุผล เนื่องด้วยคณิตศาสตร์เป็นภาษาสากล และยังเป็นองค์ประกอบของชีวิตประจำวันของนักเรียนจึงจำเป็นต้องสร้างให้นักเรียนมีพื้นฐานที่ดี

สุนารี ศรีบุญ (2562) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบสำหรับการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสตีมศึกษาไว้ดังนี้

Science คือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชีวเคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์และอวกาศ เทคโนโลยีชีวภาพและชีวการแพทย์

Technology คือ เทคโนโลยีการเกษตร การก่อสร้าง การสื่อสารข้อมูลและการขนส่ง

Engineer คือ กระบวนการริเริ่มสร้างสรรค์บนพื้นฐานวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยใช้เทคโนโลยีในการสร้างสรรค์การบินและอวกาศ การเกษตร สถาปัตยกรรม โยธา คอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า สิ่งแวดล้อม

Arts คือ การแสดง ภาษา ท่าทางหรือการสื่อสารความคิดออกมาในรูปแบบของดนตรีและการเคลื่อนไหวร่างกาย/นาฏศิลป์หรือการสื่อสารออกมาในรูปแบบของการวาดภาพ

Mathematic คือ พีชคณิต แคลคูลัส เรขาคณิต ตรีโกณมิติ การสื่อสารทาง ภาษาคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูล การดำเนินการแก้ปัญหาและการมีเหตุผล

จากการศึกษาองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษามีองค์ประกอบซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์

5.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษา

นักการศึกษาได้กล่าวถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา ไว้ดังนี้

Baek, et al. (2011) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิด STEAM Education เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) และ คณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดยเน้นให้นักเรียนเกิดความรู้ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาตนเอง เพื่อให้เกิดทักษะในการแก้ไขปัญหา และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ในการดำเนินชีวิต โดยมีปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้ออกเป็น 3 ส่วน

1. การนำเสนอสถานการณ์ (Presentation Situation) เป็นการนำเสนอบริบทที่เชื่อมโยงกับชีวิตหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในปัจจุบัน เพื่อให้นักเรียนตระหนักและเชื่อมโยงกับโลกแห่งความเป็นจริงเพื่อให้มีข้อมูลพื้นฐานสาหรับการคิดขั้นต่อไป

2. การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้สร้างสรรค์งานอย่างอิสระ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการสื่อสารผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

3. การสร้างความจับใจ (Emotional Touch) เป็นการขยายขอบเขตของสิ่งที่ค้นพบและเน้นเจตคติต่อการเรียนรู้และการได้รับประสบการณ์ในการค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ได้เรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนพัฒนาการรับรู้ในด้านการแสดงออกและความเห็นอกเห็นใจผู้อื่น นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีในการค้นพบซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อีกทางหนึ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559) กล่าวว่า การนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาหรือสตีมศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน สามารถดำเนินการได้ 3 แนวทางได้แก่

1. จัดกิจกรรมสอดแทรกไปตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องของแต่ละรายวิชาภายในคาบเรียน ซึ่งกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่จะนำเข้าไปสอดแทรกในคาบเรียนนั้น มักจะเป็นกิจกรรมที่มีจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสมและสามารถจัดกิจกรรมได้เสร็จสิ้นภายในคาบเรียน โดยผู้สอนแต่ละรายวิชาอาจพิจารณาจากตัวชี้วัดของกิจกรรมนั้น ๆ เป็นเกณฑ์ หรือพิจารณาจากจุดประสงค์ของกิจกรรมก็ได้ว่าเกี่ยวข้องกับเนื้อหาใดบ้าง จากนั้นเมื่อถึงคาบของการเรียนการสอนในเนื้อหานั้น ๆ ก็สามารถนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาหรือสตีมศึกษาเข้าไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

2. จัดกิจกรรมไว้ในรายวิชาเลือกเสรีของกลุ่มวิชาต่าง ๆ โดยการสอนในรูปแบบนี้อาจทำได้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาพิเศษ หรือการทำโครงงาน และเหมาะสำหรับกิจกรรมสะเต็มที่ต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมค่อนข้างมากหรือมีความซับซ้อนและยาก ข้อดีคือผู้สอนสามารถจัดหาอาจารย์ที่ปรึกษาให้แก่นักเรียนได้ครอบคลุมในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา ออกแบบและสร้างชิ้นงานของนักเรียนได้

3. จัดกิจกรรมไว้ในกลุ่มกิจกรรมนอกห้องเรียนต่าง ๆ เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมแบบนี้ มักเป็นกิจกรรมสะเต็มที่มีหัวข้อหรือหัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหา เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาของส่วนรวม การจัดกิจกรรมโดยวิธีนี้มีข้อดีที่นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้ตลอดเวลาและต่อเนื่อง

สุภัค โอฬาพิริยกุล (2562) กล่าวว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษาสามารถทำได้โดยครูผู้สอนพิจารณาการจัดการเรียนรู้โดยการรวมหลักสูตรจากผลการเรียนรู้ที่คาดหวังเข้าด้วยกัน โดยครูเป็นผู้พิจารณานำรายวิชาหรือบางส่วนของเนื้อหาสาระเข้ามาบูรณาการและวางแผนการจัดการศึกษาร่วมกัน กำหนดเป็นปัญหาหรือคำถามให้นักเรียนค้นคว้าหาคำตอบของปัญหาผ่านกระบวนการต่าง ๆ นักเรียนต้องศึกษาค้นคว้าหารายละเอียดและแก้ปัญหาการเรียนรู้ โดยวางแผนขั้นตอนและกระบวนการในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ผลงานหรือนวัตกรรม (Arts Integration) ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหานั้น ๆ และครูผู้สอนต้องให้ความสำคัญกับความสนใจการตั้งคำถามและกระบวนการในการสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นและตรวจสอบวิธีการหรือผลลัพธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษา สรุปได้ว่า เป็นการจัดกิจกรรมที่สอดแทรกไปตามรูปแบบวิธีการสอนอื่น ๆ โดยการบูรณาการร่วมกับจุดเด่นหรือธรรมชาติของศาสตร์ทั้ง 5 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) ศิลปะ (A) และ

คณิตศาสตร์ (M) โดยจัดกิจกรรมให้เน้นบริบทที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง เพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างสรรค์งานอย่างอิสระผ่านการเรียนรู้ที่หลากหลาย เห็นความสำคัญของการเรียนรู้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

5.4 ข้อดีของแนวคิดสตีมศึกษา

Yakman (2008) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบของสหสาขาวิชาจะนำไปสู่การพัฒนานักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ที่ได้ทั้งความสนุกสนานและเนื้อหาสาระไปพร้อมกับการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้จริงตามลักษณะของการเรียนรายบุคคล โดยที่ครูผู้สอนต้องเน้นการบูรณาการกิจกรรมให้ผนวกเข้ากับเนื้อหารายวิชาเดิมที่มีอยู่เพื่อให้นักเรียน เกิดความคิดสร้างสรรค์ สร้างผลงานและนวัตกรรมขึ้นมาเพื่อตอบปัญหาของการเรียนรู้ โดยครูผู้สอนไม่ต้องทำการสร้างบทเรียนเพิ่มขึ้นใหม่แต่ปรับเปลี่ยนกลวิธีในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนเกิดการประยุกต์ใช้วิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบสร้างสรรค์ผลงานให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้โดยใช้ศิลปะและการออกแบบเข้ามามีส่วนในการผสมผสานผลักดันให้เกิดนวัตกรรม

Orrow (2019) ได้กล่าวถึงข้อดีของสตีมศึกษา (STEAM Education) ไว้ว่าสตีมศึกษาตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเข้าใจต่อการค้นพบนวัตกรรม ในขณะที่ก็มีการเรียนรู้วิชาเหล่านี้ในเวลาเดียวกัน นักเรียนจะพิจารณามุมมองที่กว้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาอย่างเฉพาะเจาะจง ในขณะที่การเรียนรู้แบบดั้งเดิมพัฒนาความรู้ตามข้อเท็จจริง สตีมศึกษาจะพัฒนาทักษะที่จำเป็นรวมทั้งความยืดหยุ่นของการคิดอย่างมีวิจารณญาณความคิดสร้างสรรค์และการสื่อสาร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหรือสตีมศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ ผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จากการศึกษาข้อดีของแนวคิดสตีมศึกษา สรุปได้ว่า แนวคิดสตีมศึกษาสามารถนำไปบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่ให้นักเรียนเกิดการประยุกต์ใช้วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ศิลปะ และวิศวกรรมศาสตร์ ผ่านกระบวนการค้นคว้า วางแผนแก้ปัญหา และสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้อง

6. การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานและแนวคิดสตีมศึกษา ผู้วิจัยได้สรุปการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาตามบริบทของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ดังนี้

6.1 การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน (Design-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของนักเรียนในการพัฒนาและการสร้างสรรค์ผลงาน ด้วยการแสวงหาความรู้และการสืบสอบด้วยตนเอง ซึ่งมีแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนร่วมกันกำหนดเป้าหมาย เพื่อวิเคราะห์สาเหตุจากสื่อหรือนวัตกรรมที่ผู้สอนเตรียมไว้ให้ ซึ่งเป็นการสร้างความเข้าใจถึงเหตุผล ความจำเป็นในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 สำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนแนะนำแหล่งสารสนเทศที่เป็นประโยชน์แก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าองค์ความรู้ด้วยตนเองและให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 เสนอแนวทางการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างทางเลือกที่หลากหลาย โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 4 เลือกแนวทางแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเลือกแนวทางที่จะนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับความต้องการในการออกแบบ โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 5 ออกแบบและสร้างต้นแบบ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือออกแบบหรือสร้างชิ้นงาน คำนึงถึงทรัพยากรข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยมีผู้สอนคอยให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ประเมินและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดและนำเสนอผลงานที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วแก่เพื่อนร่วมชั้น โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินผลการดำเนินงานของนักเรียนตามเกณฑ์ที่ผู้สอนได้กำหนดไว้

6.2 แนวคิดสตีมศึกษา (STEAM Education) เป็นแนวทางจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือทำและพัฒนาทักษะต่าง ๆ ซึ่งจะจัดกิจกรรมในลักษณะที่สอดแทรกไปตามรูปแบบวิธีการสอนอื่น ๆ โดยการบูรณาการร่วมกับจุดเด่นหรือธรรมชาติของศาสตร์ทั้ง 5 สาขาวิชา ได้แก่

วิทยาศาสตร์ (S) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ หลักการ กฎและทฤษฎี โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ การออกแบบและการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ

ศิลปะ (A) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับภาษา วรรณกรรม และสุนทรียศาสตร์ ในรูปแบบของการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ เพื่อออกแบบชิ้นงานให้มีสวยงามและน่าสนใจ

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการคำนวณ ตัวเลข สัญลักษณ์ การวิเคราะห์ข้อมูล ในรูปแบบของความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลกัน

6.3 การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของนักเรียนในการพัฒนาและการสร้างสรรค์ผลงาน ด้วยการแสวงหาความรู้และการสืบสอบด้วยตนเอง โดยผู้สอนจะสอดแทรกการบูรณาการ 5 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างความเข้าใจหลักการหรือทฤษฎีเหล่านั้นผ่านการลงมือปฏิบัติ ซึ่งมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนร่วมกันกำหนดเป้าหมาย เพื่อวิเคราะห์สาเหตุจากสื่อหรือนวัตกรรมที่ผู้สอนเตรียมไว้ให้ ซึ่งเป็นการสร้างความเข้าใจถึงเหตุผล ความจำเป็นในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 สำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนแนะนำแหล่งสารสนเทศที่เป็นประโยชน์แก่นักเรียนโดยใช้เทคโนโลยี (Technology: T) เพื่อให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science: S) ด้วยตนเองและให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 เสนอแนวทางการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างทางเลือกที่หลากหลาย โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 4 เลือกแนวทางแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเลือกแนวทางที่จะนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับความต้องการในการออกแบบ โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา

ขั้นที่ 5 ออกแบบและสร้างต้นแบบ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยนำความรู้ด้านวิศวกรรม (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เข้ามาช่วยในการสร้างชิ้นงานให้สอดคล้องกับทรัพยากรข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด อีกทั้งนำความรู้ด้านศิลปะ (Arts: A) ออกแบบให้ชิ้นงานมีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น มีการทดสอบชิ้นงานและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด โดยมีผู้สอนคอยให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้นำเสนอผลงานที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วแก่เพื่อนร่วมชั้น โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินผลการดำเนินงานของนักเรียนตามเกณฑ์ที่ผู้สอนได้กำหนดไว้

ตารางที่ 3 บทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา	**ลักษณะการจัดกิจกรรม**	**บทบาทของครู**	**บทบาทของนักเรียน**
ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย	นักเรียนร่วมกันกำหนดเป้าหมาย เพื่อวิเคราะห์สาเหตุจากสื่อหรือนวัตกรรมที่ผู้สอนเตรียมไว้ให้ ซึ่งเป็นการสร้างความเข้าใจถึงเหตุผลความจำเป็นในการแก้ปัญหา	- ครูนำเสนอและอธิบายปัญหาของสถานการณ์ - ครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในสถานการณ์	- นักเรียนวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อระบุ ปัญหาและกำหนดเป้าหมายจากสถานการณ์
ขั้นที่ 2 สำรวจและรวบรวมข้อมูล	ผู้สอนแนะนำแหล่งสารสนเทศที่เป็นประโยชน์แก่นักเรียนโดยใช้เทคโนโลยี (Technology: T) เพื่อให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science: S) ด้วยตนเองและให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา	- ครูเตรียมแหล่งข้อมูล ความรู้และทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับประยุกต์ในการแก้ปัญหา - ครูคอยให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- นักเรียนศึกษาและทำความเข้าใจกับแหล่งข้อมูล ความรู้ ทฤษฎีต่าง ๆ ด้านวิทยาศาสตร์
ขั้นที่ 3 เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	นักเรียนนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างทางเลือกที่หลากหลายโดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา	- ครูคอยให้คำปรึกษาแก่นักเรียน - ครูคอยชี้แนวทางในการ	- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดอย่างน้อย 3 แนวคิด

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา	ลักษณะการจัดกิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
		ในออกแบบสำหรับการแก้ปัญหา	
ขั้นที่ 4 เลือกแนวทางแก้ปัญหา	นักเรียนเลือกแนวทางที่จะนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับความต้องการในการออกแบบ โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา	- ครูคอยให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการเลือกแนวทางที่จะใช้แก้ปัญหา
ขั้นที่ 5 ออกแบบและสร้างต้นแบบ	ลงมือออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยนำความรู้ด้านวิศวกรรม (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เข้ามาช่วยคำนวณให้สอดคล้องกับทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด นำความรู้ด้านศิลปะ (Arts: A) ออกแบบให้ชิ้นงานมีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น มีการทดสอบชิ้นงานและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด	- ครูคอยให้คำปรึกษาแก่นักเรียน - ครูคอยชี้แนวทางในการในออกแบบสำหรับการแก้ปัญหา	- นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบชิ้นงานตามแนวทางที่เลือก

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา	ลักษณะการจัดกิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน	นำเสนอผลงานที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วแก่เพื่อนร่วมชั้น	- ประเมินผลการดำเนินงานของนักเรียนตามเกณฑ์ที่ผู้สอนได้กำหนดไว้	- นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหา - นักเรียนแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนความรู้ให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ฟัง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

7. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

7.1 ความหมายของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

Wing (2008) ได้ให้ความหมายความสามารถในการคิดเชิงคำนวณไว้หลายประเด็น ดังนี้ 1) การคิดเชิงคำนวณเป็นการกำหนดแนวคิดมากกว่ากระบวนการพัฒนาภาษาโปรแกรม ดังนั้น นักเรียนจะต้องใช้การคิดเชิงนามธรรมหลายชั้น โดยไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ 2) การคิดเชิงคำนวณเป็นกระบวนการเชิงตรรกะมากกว่าการแสดงพฤติกรรมซ้ำ ๆ ซึ่งอาจมีความยืดหยุ่นได้ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแต่ละคน 3) การคิดเชิงคำนวณเป็นวิธีคิดของมนุษย์ ไม่ใช่การคำนวณของคอมพิวเตอร์ 4) การคิดเชิงคำนวณเป็นการรวมกันของการคิดทางคณิตศาสตร์และการคิดทางวิศวกรรมเพื่อขยายรากฐานของคณิตศาสตร์ 5) ผลของการคิดเชิงคำนวณช่วยในการแก้ปัญหาและจัดการพฤติกรรมในชีวิตประจำวัน เพิ่มทักษะในการสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น และ 6) การคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะพื้นฐานในชีวิตประจำวัน ไม่ใช่ปรัชญานามธรรม (abstract philosophy)

Dwyer, et al. (2013) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะที่ต้องอาศัยแนวทางในการแก้ปัญหาและการปฏิบัติที่สำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ สามารถสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ภาสกร เรืองรอง (2561) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณ คือ กระบวนการคิดที่ต้องใช้ทักษะและเทคนิคเพื่อแก้ไขปัญหา โดยมีลำดับขั้นตอนและวิธีการแก้ไขปัญหาจะต้องถูกนำเสนอในรูปแบบที่ผู้แก้ปัญหาสามารถปฏิบัติตามได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งสามารถนำแนวคิดลำดับขั้นตอนไปแก้ปัญหาในเชิงนามธรรมจากข้อมูลจำนวนมาก และสามารถหาเหตุผลจากฐานข้อมูลนี้ได้

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) กล่าวว่า ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการคิดแก้ไขปัญหา โดยวิเคราะห์ข้อมูลและรายละเอียดของปัญหา หาความสัมพันธ์ของปัญหา และวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน เพื่อให้วิธีการแก้ปัญหานั้นเป็นรูปแบบที่ผู้แก้ปัญหาสามารถปฏิบัติตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2562) ได้กล่าวถึงการคิดเชิงคำนวณว่าเป็นกระบวนการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อให้ได้แนวทางหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอนที่สามารถนำไปปฏิบัติได้โดยบุคคลหรือคอมพิวเตอร์อย่างถูกต้อง โดยมีกระบวนการแก้ปัญหาในหลากหลายลักษณะ เช่น การจัดลำดับเชิงตรรกศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูล และการสร้างสรรค์วิธีแก้ปัญหาไปทีละขั้น รวมทั้งการย่อยปัญหาที่ช่วยให้รับมือกับปัญหาที่ซับซ้อนหรือมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดได้ วิธีคิดเชิงคำนวณ จะช่วยทำให้ปัญหาที่ซับซ้อนเข้าใจได้ง่ายขึ้น เป็นทักษะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อทุก ๆ สาขาวิชา และทุกเรื่องในชีวิตประจำวันซึ่งไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการคิดให้เหมือนคอมพิวเตอร์แต่

เป็นกระบวนการคิดแก้ปัญหาของมนุษย์ เพื่อสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานและช่วยแก้ปัญหาตามที่เราต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความหมายของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณว่า เป็นการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาความสัมพันธ์และวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนอย่างมีประสิทธิภาพ

7.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ

Peters-Burton, et al. (2018) ได้นำเสนอองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณประกอบด้วย

1. การแบ่งปัญหา (Decomposition) คือ การแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการแก้ปัญหามากขึ้น
2. รูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) คือ การค้นหาและจำรูปแบบหรือแนวโน้ม
3. อัลกอริทึม (Algorithms) คือ การสร้างชุดคำสั่ง ที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน
4. นามธรรม (Abstraction) คือ การบอกหลักการทั่วไปที่สามารถสร้างรูปแบบของวิธีแก้ปัญหา

Isnaini, et al. (2019) ได้นำเสนอองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ประกอบด้วย

1. นามธรรม (Abstraction) คือ การแยกสิ่งที่ง่ายออกจากสิ่งที่ซับซ้อน
2. อัลกอริทึม (Algorithmic) คือ เขียนขั้นตอนและอธิบายขั้นตอนอย่างละเอียดและชัดเจน
3. การแบ่งปัญหา (Decomposition) คือ การแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาส่วนย่อย ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาได้ง่ายขึ้น
4. ลักษณะทั่วไป (Generalization) คือ การระบุรูปแบบของวิธีแก้ปัญหา
5. การคิดอย่างมีตรรกะ (Logical thinking) คือ การหาวิธีแก้ปัญหา
6. การประเมิน (Evaluation) คือ การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้จัดทำแบบเรียนสำหรับนักเรียนไทยและนำเสนอว่า การคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) เป็นความสามารถพื้นฐานของการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและได้กำหนดองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณไว้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองานออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น

2. การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหา และพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน

จากการศึกษาองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณข้างต้นพบว่า มีลักษณะขององค์ประกอบที่คล้ายคลึงกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์และเลือกองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่เน้นการคิดและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งประกอบด้วย

1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองาน ออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น

2. การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหา และพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน

7.3 พฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

Wing (2006) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบไว้ดังนี้

1. Decomposition: นักเรียนย่อยปัญหาที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการ

2. Pattern Recognition: นักเรียนระบุรูปแบบ แนวโน้ม และความสม่ำเสมอของข้อมูลหรือปัญหา

3. Abstraction: นักเรียนสร้างแบบจำลองหรือการนำเสนอที่แสดงถึงประเด็นที่สำคัญของปัญหา โดยไม่สนใจรายละเอียดที่ไม่สำคัญ

4. Algorithmic Design: นักเรียนแสดงขั้นตอนหรือสร้างอัลกอริทึมทีละขั้นตอนเพื่อแก้ไขปัญหา

สิ่งสำคัญคือพฤติกรรมเหล่านี้ไม่ได้จำกัดเฉพาะงานด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์หรือการเขียนโปรแกรมเท่านั้น แต่เป็นการนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาและการคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้สามารถนำไปใช้กับสาขาวิชาและสถานการณ์อื่น ๆ ได้

Cross, et al. (2016) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบไว้ดังนี้

1. การคิดเชิงนามธรรม นักเรียนแสดงความสามารถในการระบุองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา โดยการตัดรายละเอียดที่ไม่สำคัญออก สร้างแบบจำลองหรือนำเสนอระบบที่ซับซ้อนเพื่อให้ง่ายต่อการจัดการกับปัญหา

2. การออกแบบขั้นตอนวิธี นักเรียนแสดงความสามารถในการออกแบบขั้นตอนวิธีโดยเริ่มจากระบุลำดับของขั้นตอนที่ง่ายไปหาขั้นตอนที่ซับซ้อน เพื่อสร้างพฤติกรรมการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนแบบค่อยเป็นค่อยไป

3. การหารูปแบบของปัญหา นักเรียนแสดงความสามารถในการเปรียบเทียบรูปแบบหรือวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยระบุความเหมือนและความแตกต่าง และตัดสินใจเกี่ยวกับแนวทางการดำเนินการในขั้นต่อไป

4. การย่อยปัญหา นักเรียนแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแจกแจงปัญหาที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนเล็ก ๆ เพื่อให้จัดการได้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยระบุองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหาและหาแนวทางสำหรับการแก้ปัญหาได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่บ่งชี้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบไว้ดังนี้

1. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition)

- วิเคราะห์และแบ่งระบบหรือปัญหาออกเป็นส่วนย่อย
- สามารถแก้ปัญหาส่วนย่อยได้

2. การหารูปแบบ (Pattern Recognition)

- ระบุรูปแบบของระบบหรือรูปแบบของวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเหมือนหรือสอดคล้องกัน
- ระบุแนวโน้มคำตอบโดยสังเกตรูปแบบของระบบหรือวิธีการแก้ปัญหา

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)

- เขียนแผนภาพ สัญลักษณ์ ที่เป็นตัวแทนสถานการณ์หรือปัญหา
- ระบุส่วนสำคัญของปัญหา โดยคัดกรองสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกได้อย่างชัดเจน

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms)

- ระบุหรือจัดเรียงขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา
- สามารถออกแบบ สร้าง และเขียนขั้นตอนในการบรรลุงานหรือการแก้ไขปัญหา

จากการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการคิดเชิงคำนวณ สรุปได้ว่า พฤติกรรมหรือข้อบ่งชี้ที่บ่งบอกว่าผู้นั้นมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งพิจารณาองค์ประกอบทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา ด้านการหารูปแบบของปัญหา ด้านการคิดเชิงนามธรรม และด้านการออกแบบขั้นตอนวิธี ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากข้อสรุปดังนี้

1. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา: สามารถแบ่งระบบหรือปัญหาออกเป็นส่วนย่อย เพื่อให้จัดการปัญหาได้ง่ายขึ้น

2. การหารูปแบบของปัญหา: สามารถสังเกตรูปแบบของระบบ ระบุแนวโน้ม ความสัมพันธ์ ความเหมือนและความแตกต่างของข้อมูล

3. การคิดเชิงนามธรรม: สามารถระบุส่วนสำคัญของปัญหา โดยคัดกรองสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกได้อย่างชัดเจน

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี: สามารถออกแบบ สร้าง และเขียนขั้นตอนการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ

7.4 การวัดและประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

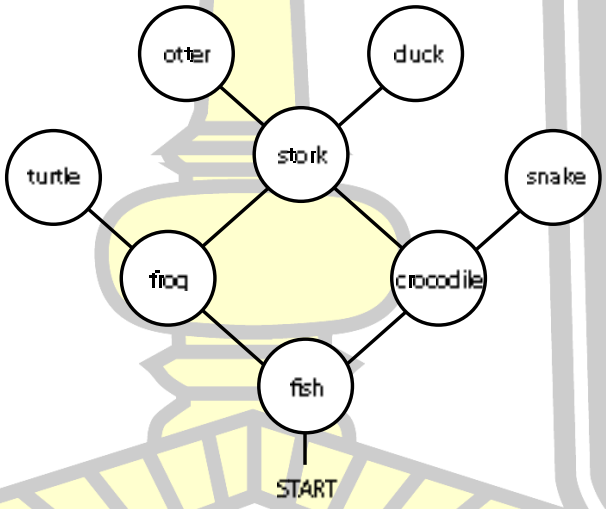
Brennan and Resnick (2012) ได้เสนอการวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 3 วิธี ได้แก่ 1) การใช้แฟ้มสะสมผลงาน ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ถึงการใช้ตัวแทนข้อมูลในการทำงาน 2) การสัมภาษณ์ ซึ่งเป็นการถามตอบโดยใช้สิ่งของหรือผลงานที่อ้างอิงถึงการทำงาน 3) การใช้ภาพจำลองการออกแบบ เป็นการกำหนดระดับการทำงาน 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง และสูง โดยให้นักเรียนประเมินตนเองจากการเลือกระดับของการทำงานพร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายระดับของการทำงานที่เลือกเหตุผลที่เลือกและคุณสมบัติของงานที่สอดคล้องกับระดับของการทำงานที่เลือก

Dolgopolovas (2016) ได้แสดงตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นแบบวัดรูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choices) โดยแบบทดสอบวัดแต่ละหัวข้อถูกสังเคราะห์มาเพื่อประเมินบางองค์ประกอบหรือทุกองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเท่านั้น โดยแสดงตัวอย่างแบบทดสอบ “Beaver in His Canoe” ได้ดังนี้

สถานการณ์ : บีเวอร์ตัวหนึ่งกำลังพายเรือแคนูอยู่ในแม่น้ำซึ่งประกอบไปด้วยทะเลสาบเล็ก ๆที่ถูกเชื่อมต่อด้วยแม่น้ำแสดงดังรูป บีเวอร์ชอบทุกทะเลสาบและต้องคิดขั้นตอนวิธีในการไปถึงทุกทะเลสาบ มันรู้ว่าแต่ละทะเลสาบมีแม่น้ำมากที่สุดได้เพียงสามสายที่เชื่อมต่อทะเลสาบอยู่ เมื่อบีเวอร์เริ่มพายเรือมาถึงทะเลสาบแต่ละแห่งและต้องการพายเรือไปต่อ มันจะต้องตัดสินใจตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. ถ้ามีแม่น้ำสองสายที่มันยังไม่เคยไป มันจะพายเรือไปตามแม่น้ำที่อยู่ด้านซ้ายมือ
2. ถ้ามีแม่น้ำเพียงแค่สายเดียวที่มันยังไม่เคยไป มันจะพายเรือไปตามแม่น้ำสายนั้น
3. ถ้าบีเวอร์เคยพายเรือผ่านแม่น้ำทุกสายที่อยู่รอบทะเลสาบแล้ว มันจะพายเรือจากทะเลสาบที่มันอยู่ไปยังทะเลสาบก่อนหน้าที่มันเคยอยู่

บีเวอร์จะหยุดการพายเรือแคนู ถ้ามันพบทุกอย่างที่มันต้องการและพายเรือกลับมายังจุดเริ่มต้น โดยในแต่ละทะเลสาบบีเวอร์จะพบกับสัตว์แต่ละชนิดที่แตกต่างกันแสดงดังรูป และบีเวอร์จะเขียนบันทึกชื่อสัตว์แต่ละชนิดที่เจอในครั้งแรกตลอดเส้นทางจนกว่าจะไปถึงครบทุกทะเลสาบ



ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบทดสอบ Bebras Tasks แสดงแผนผังของแม่น้ำและทะเลสาบ

คำถาม : ข้อใดเป็นลำดับสัตว์ที่บีเวอร์ จะเขียนบันทึกลงไปในการเดินทางครั้งนี้

a. ปลา กบ จระเข้ เต่า นกกระสา งู นาก เป็ด
b. ปลา จระเข้ งู นกกระสา เป็ด นาก กบ เต่า
c. ปลา กบ เต่า จระเข้ นกกระสา นาก เป็ด งู
d. ปลา กบ เต่า

สำหรับคำตอบที่ถูกต้องคือ ตัวเลือก c. ปลา กบ เต่า จระเข้ นกกระสา นาก เป็ด งู และสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

1. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) : เข้าใจรูปแทนของระบบจริง (Real Objects) สำหรับตัวอย่างได้แก่ การใช้โครงสร้างต้นไม้ทวิภาค (Binary Tree) แทนลักษณะของทะเลทราบและแม่น้ำ

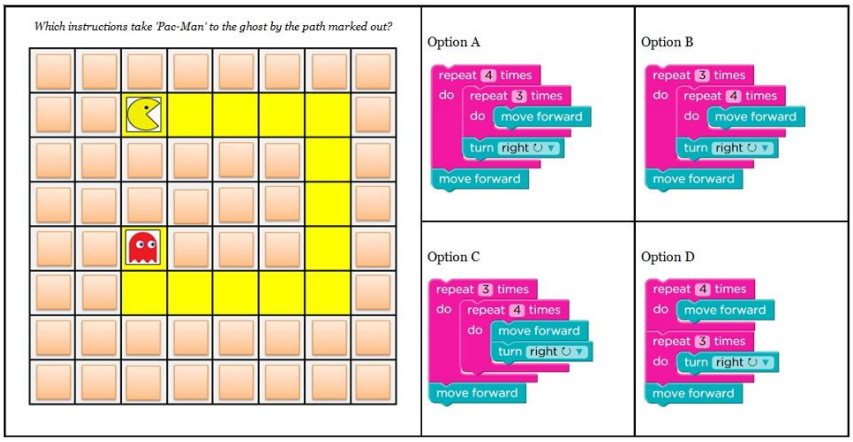
2. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) : ตรวจสอบเงื่อนไขแต่ละข้อและนำไปใช้แก้ปัญหาตามโครงสร้างต้นไม้แต่ละส่วน

3. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) : สำหรับตัวอย่างดังกล่าวไม่ได้ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างหรือพัฒนาขั้นตอนวิธี แต่การระบุคำตอบได้ถูกต้อง แสดงให้เห็นถึงการเข้าใจและมีการวางลำดับขั้นตอนวิธีในการบรรลุงานหรือแก้ไขปัญหา

Brackmann, et al. (2017) ได้วัดประเมินผลการคิดเชิงคำนวณโดยใช้แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณ โดยสร้างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณรูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choices) ซึ่งในแบบทดสอบแต่ละข้อสามารถวิเคราะห์การวัดองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังตัวอย่างนี้

ตัวอย่างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

คำถาม : ชุดคำสั่งใดที่สามารถนำแพ็คแมนไปสู่ผีได้ตามเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้



ภาพที่ 2 ตัวอย่างคำถามจากแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของ Brackmann

จากภาพ 2 คำตอบที่ถูกต้องคือ ตัวเลือก B และสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

1. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition): วิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่และแบ่งช่องการเคลื่อนที่แต่ละก้าวของแพ็คแมนไปสู่การกินผี

2. การหารูปแบบ (Pattern Recognition): หารูปแบบการเคลื่อนที่ของแพ็คแมนภายในเส้นทางที่กำหนดได้ (เดินหน้า 4 ครั้ง และเลี้ยวขวา 1 ครั้ง)

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction): มุ่งความสนใจไปที่ลักษณะการแก้ปัญหากล่าวคือสนใจเฉพาะเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้เท่านั้น เพื่อนำไปสู่ชุดคำสั่งของเส้นทางดังกล่าว

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms): พิจารณาขั้นตอนวิธีที่สามารถทำให้แพ็คแมนเดินทางไปกินผีได้

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้วัดประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อเขียนประเภทการเขียนตอบอัตนัยโดยใช้คำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณทุกองค์ประกอบ ดังนี้

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ฉบับหลังเรียน

พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ และตอบคำถามข้อที่ 1-4

ธีรเทพ วางแผนเดินทางเพื่อทำกิจกรรม 3 อย่างในสถานที่ 3 แห่ง คือ 1) อ่านหนังสือที่ห้องสมุด 2) เดินจงกรมที่สวนสาธารณะ และ 3) ซื้อเมาส์ที่ร้านคอมพิวเตอร์ โดยมีจุดเริ่มต้นของการเดินทางอยู่ที่บ้าน เริ่มออกเดินทางเวลา 09.00 น. ซึ่งธีรเทพจะต้องทำกิจกรรมทั้งหมด 3 กิจกรรม ให้เสร็จสิ้นและกลับมาบ้านให้ทันภายในเวลา 12.00 น. เนื่องจากมีนัดทานอาหารกลางวัน สมมติว่าการทำกิจกรรมในแต่ละสถานที่ใช้เวลาเท่ากันคือ 30 นาที และธีรเทพเลือกทำกิจกรรมใดก่อนก็ได้ และมีเงื่อนไขของระยะทางแต่ละสถานที่ดังนี้

ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางระหว่างสองสถานที่		
บ้าน – ห้องสมุด (A)	1.0 กิโลเมตร	กำหนดให้การเดินทางทุก ๆ 100 เมตร ใช้เวลา 1.5 นาที
บ้าน – สวนสาธารณะ (B)	1.8 กิโลเมตร	
บ้าน – ร้านคอมพิวเตอร์ (C)	1.2 กิโลเมตร	
ห้องสมุด (A) – สวนสาธารณะ (B)	1.5 กิโลเมตร	
ห้องสมุด (A) – ร้านคอมพิวเตอร์ (C)	1.3 กิโลเมตร	
สวนสาธารณะ (B) – ร้านคอมพิวเตอร์ (C)	1.6 กิโลเมตร	

ให้นักเรียนช่วยธีรเทพวางแผนการเดินทางไปทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงแสดงการคำนวณการใช้เวลาในการทำกิจกรรมและเวลาในการเดินทางระหว่างคู่ของสถานที่ ในสถานการณ์ข้างต้น

2. จงหารูปแบบเส้นทางการเดินทางไปทำกิจกรรมทั้ง 3 อย่าง ของธีรเทพที่ให้ผลลัพธ์เหมือนกับเส้นทางต่อไปนี้ (ผลลัพธ์เหมือนกัน หมายถึง ใช้เวลาในการเดินทางและทำกิจกรรมเท่ากัน)

ก. บ้าน⟶ห้องสมุด⟶สวนสาธารณะ⟶ร้านคอมพิวเตอร์⟶บ้าน

ข. บ้าน⟶ร้านคอมพิวเตอร์⟶ห้องสมุด⟶สวนสาธารณะ⟶บ้าน

ค. บ้าน⟶ห้องสมุด⟶ร้านคอมพิวเตอร์⟶สวนสาธารณะ⟶บ้าน

3. ให้นักเรียนเขียนแผนผังแสดงตำแหน่งสถานที่ต่าง ๆ ที่ธีรเทพเดินทาง พร้อมแสดงลำดับเส้นทางที่ธีรเทพใช้และระบุระยะทางในการเดินทางไปทำกิจกรรมระหว่างสถานที่ต่าง ๆ เพื่อที่ธีรเทพจะได้กลับมาบ้านทันเวลา 12.00 น.

4. จงอธิบายขั้นตอนที่นักเรียนวิเคราะห์ โดยสามารถช่วยให้ธีรเทพทำกิจกรรมครบทุกกิจกรรม และกลับบ้านทันเวลา 12.00 น.

จากข้อคำถามข้างต้น สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อย ของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

ข้อคำถามที่ 1 การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition): พิจารณาเส้นทางออกเป็นส่วนย่อยในแต่ละคู่ เพื่อคำนวณเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมในแต่ละคู่เส้นทาง

ข้อคำถามที่ 2 การหารูปแบบ (Pattern Recognition): หาเส้นทางการทำกิจกรรมตามเงื่อนไขโจทย์

ข้อคำถามที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction): เขียนแผนผัง โดยระบุสถานที่ให้สอดคล้องกับความเป็นจริง การระบุระยะทางระหว่างสองสถานที่ และแสดงลำดับเส้นทางให้ตรงตามเงื่อนไขโจทย์

ข้อคำถามที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms): เขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับที่ต่อเนื่องชัดเจน และมีขั้นตอนครบถ้วนสมบูรณ์ นำไปสู่การแก้ปัญหาได้

ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์ (2564) ได้วัดประเมินผลการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อเขียนประเภทการเขียนตอบอัตนัยโดยใช้คำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ครอบคลุมการใช้การคิดเชิงคำนวณทุกองค์ประกอบ ดังนี้

ตัวอย่างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณ สถานการณ์เกี่ยวกับบันจี้จัมพ์

“ชาวต่างชาติที่เข้ามาในประเทศไทยส่วนใหญ่มักจะไปเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากมีสถานที่ท่องเที่ยวค่อนข้างเยอะและได้ผจญภัย ซึ่งสถานที่ท่องเที่ยวที่ชาวต่างชาติชอบไปคือเอ็กซ์เซนเตอร์เป็นสถานที่ที่มีกิจกรรมแนวเอ็กซ์ตรีมมากมาย ทางเอ็กซ์เซนเตอร์ได้ปรับปรุงกิจกรรมกระโดดบันจี้จัมพ์ให้มีความท้าทายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเคยมีผู้เล่นให้ความคิดเห็นว่าเครื่องเล่นไม่หวาดเสียวพอ และขณะเล่นเชือกที่ติดกับขาทำให้ขามีรอยและเกิดอาการเจ็บบริเวณข้อเท้า มีบางจังหวะที่หน้าของผู้เล่นโดนน้ำ จึงไปจ้างบริษัทแห่งหนึ่งที่สามารถผลิตอุปกรณ์ในการกระโดดบันจี้จัมพ์และเอ็กซ์เซนเตอร์มีเงื่อนไขว่า จะต้องรองรับน้ำหนักของผู้เล่นให้ได้มากที่สุด 200 กิโลกรัม และให้ผู้เล่นอยู่ใกล้กับน้ำมากที่สุดไม่กระทบน้ำเพื่อความสนุกและหวาดเสียว บริษัทมอบหมายให้นักวิศวกร

ออกแบบอุปกรณ์และเพิ่มเงื่อนไขของทางบริษัทคือ ผู้เล่นจะต้องไม่ได้รับบาดเจ็บจากการกระแทก ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรออกแบบนักเรียนจะออกแบบบันจี้จัมพ์อย่างไร ให้ตรงตามเงื่อนไขของลูกค้าและบริษัท” แล้วตอบคำถาม ต่อไปนี้

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

1.1 ปัญหาย่อยของปัญหาดังกล่าวเป็นอย่างไร ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกัน (การหารูปแบบของปัญหา)

3. จากข้อ 2. นักเรียนสามารถแยกปัญหาที่สำคัญออกจากปัญหาที่ไม่สำคัญได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)

4. นักเรียนวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างไร เขียนเป็นแผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

ศุภมาส แสนโคก (2565) ได้วัดประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อเขียนประเภทการเขียนตอบอัตนัยโดยใช้คำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณทุกองค์ประกอบ ดังนี้

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ สถานการณ์ที่ 1

“ณ งานกีฬาสีที่โรงเรียนประจำจังหวัดแห่งหนึ่ง แบมแบมเป็นหนึ่งในตัวแทนของสีเขียวที่จะแข่งกีฬาฟุตบอลซึ่งได้รับหน้าที่ผู้รักษาประตูและวันนี้นั้นมีการแข่งขันฟุตบอลระหว่างทีมสีเขียวและสีแดง ในขณะที่การแข่งขันฟุตบอลได้เริ่มขึ้น พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที ทีมสีแดงได้ยิงประตูครั้งที่ 1 และพุ่งเข้าหาแบมแบมด้วยความเร็ว 18 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งแบมแบมสามารถออกแรงหยุดลูกบอลได้ แต่เมื่อผ่านไปได้สักพัก ทีมสีแดงได้ยิงประตูครั้งที่ 2 และพุ่งเข้าหาแบมแบมอีกครั้งด้วยความเร็ว 72 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยแบมแบมยังสามารถออกแรงหยุดลูกบอลได้เช่นเดิมแต่ต้องออกแรงมากกว่าครั้งที่แล้ว”

จากข้อความข้างต้น เพราะเหตุใดการยิงประตูครั้งที่ 2 ของทีมสีแดง แบมแบมจึงรู้สึกออกแรงหยุดลูกบอลมากกว่า เมื่อกำหนดให้ ลูกบอลมีมวล 0.5 กิโลกรัม แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงระบุตัวแปรที่สถานการณ์ต้องการ (การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย)

2. จงระบุตัวแปรสำคัญที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ (การคิดเชิงนามธรรม)

3. จงระบุสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา (การหารูปแบบ)

4. ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนแสดงวิธีการแก้ปัญหา (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

จากการศึกษาการวัดและประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ สามารถสรุปได้ว่า การวัดประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสามารถทำได้หลากหลายวิธี เช่น การใช้แบบทดสอบที่มีทั้งแบบปรนัยและแบบอัตนัยโดยอาศัยการสร้างโจทย์หรือสถานการณ์จำลอง นอกจากนี้ยังวัดประเมินผลการใช้แฟ้มสะสมผลงาน การสัมภาษณ์ รวมทั้งการใช้ภาพจำลองการออกแบบ โดยอาศัยเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคประกอบ สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็นแบบอัตนัยเชิงสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียน และใช้ข้อคำถามที่สอดคล้ององค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งประกอบด้วย การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย การคิดเชิงนามธรรม การหารูปแบบ และการออกแบบขั้นตอนวิธี

7.5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

Dolgopolovas (2016) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบ 0-1 หรือ ตอบผิดได้ 0 คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน เป็นการให้คะแนนในแบบวัดที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choices) โดยให้คะแนนเพียงสองค่าในแต่ละข้อคำถาม

Brackmann, et al. (2017) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบประเภทการเลือกตอบ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบ 0-1 คือ ตอบผิดได้ 0 คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน

Pollock, et al. (2019) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณดัดแปลงจากมหาวิทยาลัยเดลาแวร์ (UD) (2018) ว่าเป็นการประเมินโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริค 4 ระดับ ซึ่งแบ่งตามองค์ประกอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ได้แก่ การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย การพิจารณารูปแบบและความสัมพันธ์ การออกแบบอัลกอริทึม และการคิดเชิงนามธรรม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของ Pollock, et al. (2019)

ประเด็นการประเมิน	**ระดับคะแนน**			
	ดีมาก	**กำลังพัฒนา**		**เริ่มต้น**
	4	**3**	**2**	**1**
การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็น	สามารถแยกปัญหาใหญ่	สามารถแยกปัญหาใหญ่	สามารถแยกปัญหาใหญ่	ไม่สามารถแบ่งปัญหาที่ซับซ้อน

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก	กำลังพัฒนา		เริ่มต้น
	4	3	2	1
ปัญหาย่อย (Decomposition)	ออกเป็นปัญหาย่อยได้อย่างชัดเจนและเกี่ยวข้องกัน เมื่อนำปัญหาย่อยมาเชื่อมโยงกันแล้วสามารถนำไปแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ	ออกเป็นปัญหาย่อยได้อย่างชัดเจนและเกี่ยวข้องกันแต่ไม่สามารถนำไปแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพได้	ออกเป็นปัญหาย่อยได้ แต่ยังไม่ชัดเจนและไม่เกี่ยวข้องกัน	เป็นปัญหาย่อยได้
การพิจารณารูปแบบและความสัมพันธ์ (Data)	สามารถจัดระเบียบ กำหนดสัญลักษณ์ของชุดข้อมูล เพื่อให้สามารถวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ของปัญหาได้	สามารถจัดระเบียบ กำหนดสัญลักษณ์ของชุดข้อมูล เพื่อให้สามารถวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ของปัญหาได้ แต่ยังไม่ครบถ้วน	สามารถจัดระเบียบ กำหนดสัญลักษณ์ของชุดข้อมูล แต่ยังไม่สามารถวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ของปัญหาได้	ไม่สามารถจัดระเบียบ กำหนดสัญลักษณ์ของชุดข้อมูลเพื่อให้สามารถวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ของปัญหาได้
การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithms)	สามารถออกแบบขั้นตอนเพื่อนำไปแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและบรรลุเป้าหมาย	สามารถออกแบบขั้นตอนเพื่อนำไปแก้ปัญหาได้แต่ขั้นตอนยังไม่มีประสิทธิภาพ	สามารถออกแบบขั้นตอนเพื่อนำไปแก้ปัญหาได้อย่างแต่บางขั้นตอนยังมีความคลุมเครือ	ไม่สามารถออกแบบขั้นตอนเพื่อนำไปแก้ปัญหาได้
การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)	สามารถคัดแยกข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นออกจากกันได้	สามารถคัดแยกข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นออกจากกันได้	สามารถคัดแยกข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นออกจากกันได้	ไม่สามารถคัดแยกข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นออกจาก

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก	กำลังพัฒนา		เริ่มต้น
	4	3	2	1
	อย่างถูกต้องและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในลักษณะอื่น ๆ ได้	อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในลักษณะอื่น ๆ ได้	แต่ไม่ครบทุกประเด็น และไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในลักษณะอื่น ๆ ได้	กันได้อย่างถูกต้อง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณว่าเป็นการประเมินตนเอง สำหรับกระบวนการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริค 4 ระดับ คือ เริ่มต้น กำลังพัฒนา ดี และยอดเยี่ยม ซึ่งพิจารณา 3 ด้าน คือ 1) เข้าใจความต้องการของปัญหาและอธิบายปัญหา 2) การแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย 3) ความสำเร็จในการแก้ปัญหา ดังตารางที่ 5 และการคิดเชิงนามธรรมใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริค 3 ระดับ คือ ปรับปรุง พอใช้ และดี ซึ่งพิจารณา 3 ด้าน คือ 1) บอกส่วนที่สำคัญที่สุดของแบบจำลองหรือปัญหา 2) อธิบายรายละเอียดของส่วนประกอบที่สำคัญของแบบจำลองหรือปัญหา 3) อธิบายหลักการทำงานของแบบจำลองหรือแนวทางการนำแบบจำลองไปใช้ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แบบประเมินการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา

รายการประเมิน	ผลการประเมิน			
	เริ่มต้น	กำลังพัฒนา	ดี	ยอดเยี่ยม
เข้าใจความต้องการของปัญหาและอธิบายปัญหา	ไม่เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและไม่สามารถอธิบายได้	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและอธิบายปัญหาได้แต่ไม่ครบทุกประเด็น	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและอธิบายปัญหาได้ครบทุกประเด็นแต่ไม่สามารถแยกส่วนประกอบของปัญหาได้	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรอธิบายปัญหาได้และวิเคราะห์แยกส่วนประกอบของปัญหา
การแตกปัญหาใหญ่ออกเป็น	ไม่สามารถแตกปัญหาใหญ่	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหา	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหา	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหา

รายการประเมิน	ผลการประเมิน			
	เริ่มต้น	กำลังพัฒนา	ดี	ยอดเยี่ยม
ปัญหาย่อย	ออกเป็นปัญหาย่อยได้	ย่อยได้ยังไม่ละเอียดละออพอหรือไม่ครบทุกประเด็น	ย่อยได้ครบทุกประเด็น	ย่อยได้และสามารถเชื่อมโยงแต่ละส่วนเข้าด้วยกันได้
ความสำเร็จในการแก้ปัญหา	ไม่สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้	สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้บางส่วน	สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้ส่วนใหญ่	สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้ครบถ้วน

ตารางที่ 6 แบบประเมินการคิดเชิงนามธรรม

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	ปรับปรุง	พอใช้	ดี
บอกส่วนที่สำคัญที่สุดของแบบจำลองหรือปัญหา	นักเรียนไม่สามารถบอกส่วนที่สำคัญที่สุดของแบบจำลองได้	นักเรียนไม่สามารถบอกส่วนที่สำคัญที่สุดได้แต่ไม่ครบถ้วน	นักเรียนไม่สามารถบอกส่วนที่สำคัญที่สุดของแบบจำลองได้ครบถ้วน
อธิบายรายละเอียดของส่วนประกอบที่สำคัญของแบบจำลองหรือปัญหา	อธิบายรายละเอียดของส่วนประกอบที่สำคัญของแบบจำลองหรือปัญหาไม่ได้	อธิบายรายละเอียดของส่วนประกอบที่สำคัญของแบบจำลองหรือปัญหาได้บางส่วน	อธิบายรายละเอียดของส่วนประกอบที่สำคัญของแบบจำลองหรือปัญหาได้
อธิบายหลักการทำงานของแบบจำลองหรือแนวทางการนำแบบจำลองไปใช้	นักเรียนไม่สามารถอธิบายหลักการทำงานของแบบจำลองหรือแนวทางการนำแบบจำลองไปใช้	นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของแบบจำลองหรือแนวทางการนำแบบจำลองไปใช้ได้บางส่วน	นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของแบบจำลองหรือแนวทางการนำแบบจำลองไปใช้

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณว่าประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ข้อคำถามที่ 1 การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา ข้อคำถามที่ 2 การหารูปแบบ ข้อคำถามที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม และข้อคำถามที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 1-3 คะแนน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแต่ละข้อคำถามของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ฉบับก่อนเรียนของ ศรายุทธ ดวงจันทร์

รายการประเมิน	**เกณฑ์คะแนน**		
	3	**2**	**1**
ข้อคำถามที่ 1	พิจารณาเส้นทางออกเป็นส่วนย่อยในแต่ละคู่เพื่อคำนวณเวลาได้อย่างถูกต้องครบทุกคู่ และระบุเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมในแต่ละคู่เส้นทาง	พิจารณาเส้นทางออกเป็นส่วนย่อยในแต่ละคู่เพื่อคำนวณเวลาได้อย่างถูกต้องครบทุกคู่ แต่ไม่ระบุเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมในแต่ละคู่เส้นทาง	พิจารณาเส้นทางออกเป็นส่วนย่อยในแต่ละคู่เพื่อคำนวณเวลาได้อย่างถูกต้องไม่ครบทุกคู่ และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 คู่
ข้อคำถามที่ 2	ระบุเส้นทางการทำกิจกรรมตามเงื่อนไขโจทย์ได้ถูกต้อง 3 ข้อ	ระบุเส้นทางการทำกิจกรรมตามเงื่อนไขโจทย์ได้ถูกต้อง 2 ข้อ	ระบุเส้นทางการทำกิจกรรมตามเงื่อนไขโจทย์ได้ถูกต้อง 1 ข้อ
ข้อคำถามที่ 3	ร่างแผนที่ได้โดยระบุสถานที่ได้สอดคล้องกับความเป็นจริงมีการระบุระยะทางระหว่างสถานที่และแสดงลำดับเส้นทางได้ตรงตามเงื่อนไข	ร่างแผนที่ได้โดยระบุสถานที่ได้สอดคล้องกับความเป็นจริงมีการระบุระยะทางระหว่างสถานที่แต่แสดงลำดับเส้นทางไม่ตรงตามเงื่อนไข	ร่างแผนที่ได้ แต่ระบุสถานที่ได้ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงไม่มีการระบุระยะทางระหว่างสถานที่และแสดงลำดับเส้นทางไม่ตรงตามเงื่อนไข
ข้อคำถามที่ 4	เขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับที่ต่อเนื่องชัดเจน และขั้นตอนครบถ้วนสมบูรณ์นำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้อง	เขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับที่ต่อเนื่องชัดเจน แต่ขั้นตอนไม่ครบถ้วนสมบูรณ์อาจส่งผลให้แก้ปัญหาได้ไม่ถูกต้อง	เขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาได้บางส่วน และขั้นตอนไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ส่งผลให้แก้ปัญหาได้ไม่ถูกต้อง

ศุภมาส แสนโคก (2565) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณว่าประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบหลัก คือ การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย การพิจารณารูปแบบของปัญหา การพิจารณาสาระสำคัญของปัญหาหรือวิธีการแก้ปัญหา และ การออกแบบอัลกอริทึม โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 1-4 คะแนน ซึ่งดัดแปลงเกณฑ์คะแนนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของศุภมาส แสนโคก

รายการประเมิน	**เกณฑ์การให้คะแนน**			
	4	**3**	**2**	**1**
การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้องครบถ้วนทั้งหมด	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่สามารถระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้
การคิดเชิงนามธรรม	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ถูกต้องครบถ้วนทั้งหมด	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่สามารถระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้
การหารูปแบบ	เขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์	แก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วนโดยบางส่วนที่ไม่ถูกคือตัวแปรบาง	เขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์	ไม่สามารถถเขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือ

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	4	3	2	1
	กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์	ตัวสลับที่กัน ตัวแปรบางตัวขาดหายไปตัวแปรบางตัวเพิ่มขึ้นมาในสมการทำให้เสียเวลาในการแก้ปัญหา	กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์	สถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการ
การออกแบบขั้นตอนวิธี	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและแสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบและระบุหน่วยที่ถูกต้องได้	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบและระบุหน่วยไม่ถูกต้องหรือนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้และวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่ระบุหน่วย	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบและระบุหน่วยไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและแสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบและระบุหน่วยที่ถูกต้องได้

จากการศึกษาสรุปได้ว่า เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบหลัก คือ การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบการคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยเชิงสถานการณ์ เนื่องจากเนื้อหา เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียน และประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณโดยการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ตามแนวทางของ Pollock, et al. (2019)

เนื่องจากรายการประเมินทั้ง 4 องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณสอดคล้องกับบริบทและเนื้อหาที่ใช้จัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

รายการประเมิน	**เกณฑ์การให้คะแนน**			
	1	2	3	4
การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	ไม่สามารถระบุและแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้	ระบุปัญหาได้แต่ไม่ครบทุกประเด็น แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้แต่ยังไม่ครบทุกประเด็น	ระบุปัญหาได้ครบทุกประเด็น แต่ไม่สามารถแยกส่วนประกอบของปัญหาได้ แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น	ระบุปัญหาและวิเคราะห์ปัญหาโดยแยกส่วนประกอบของปัญหา แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น
การหารูปแบบ	ไม่สามารถอธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใดและไม่มีการอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้	อธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด ไม่มีการอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้	อธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด มีการอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้เพียงบางส่วน	อธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใดและมีการอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้ครบทุกประเด็น
การคิดเชิงนามธรรม	ไม่สามารถระบุส่วนสำคัญ/ไม่สำคัญของปัญหาได้ ไม่มีการอธิบาย	ระบุส่วนสำคัญ/ไม่สำคัญของปัญหาได้แต่ไม่ครบ ไม่มีการอธิบาย	ระบุส่วนสำคัญ/ไม่สำคัญของปัญหาได้แต่ไม่ครบ มีการอธิบายรายละเอียดของ	ระบุส่วนสำคัญ/ไม่สำคัญของปัญหาได้ มีการอธิบายรายละเอียด

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	1	2	3	4
	รายละเอียดของสาระสำคัญไม่สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	รายละเอียดของสาระสำคัญ/ไม่สำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	สาระสำคัญสามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	ของสาระสำคัญ/ไม่สำคัญสามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้
การออกแบบขั้นตอนวิธี	ไม่สามารถอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้ได้	อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ สร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ แต่ยังไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ สร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ พบว่า ยังไม่มีนักวิชาการหรือผู้วิจัยท่านใดทำการวิจัยหรือศึกษาเกี่ยวกับหัวข้อวิจัยดังกล่าว อีกทั้งงานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณมีค่อนข้างน้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงออกแบบและความคิดสร้างสรรค์เพิ่มเติม เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ปัญหา กระบวนการแก้ปัญหา และการพัฒนานวัตกรรมอย่างเป็นระบบ ซึ่งมีความสอดคล้องกับการคิดเชิงคำนวณมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้ยกตัวอย่างมาดังต่อไปนี้

งานวิจัยภายในประเทศ

ศุธิดา อาจทะนงค์ (2565) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนทั่วไปวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ 1 ห้อง จำนวน 30 คน พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหาและความต้องการในการออกแบบ ขั้นรวบรวมข้อมูล ขั้นพัฒนาต้นแบบ และขั้นประเมินผลงาน ตามลำดับ ทั้งนี้หัวใจของการจัดการเรียนรู้ คือ การกระตุ้นความสนใจและท้าทายนักเรียนด้วยสถานการณ์ใกล้ตัว และมีรางวัลเป็นแรงจูงใจเชิงบวกอย่างเหมาะสม จะสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ นอกจากนี้ การวิจัย พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละองค์ประกอบย่อยได้ดังนี้ การสร้างแนวคิดที่หลากหลาย ได้มากที่สุด รองลงมาคือ การประเมินและปรับปรุงแนวคิด และการสร้างความคิดสร้างสรรค์ ตามลำดับ

สุจิตตรา จันทร์ลอย และคณะ (2565) ได้วิจัยเพื่อสร้าง ทดลองและนำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานโดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมการศึกษาสร้างสรรค์ของนักศึกษาครู มหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยมีกระบวนการวิจัย 4 ระยะ ได้แก่ การศึกษาสภาพการเรียนแบบผสมผสาน การสร้างรูปแบบการทดลองใช้และการรับรองรูปแบบ กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาครูมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงที่ได้มาโดยการเลือกอย่างเจาะจง เก็บข้อมูลด้วย แบบทดสอบการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ แบบประเมินการออกแบบนวัตกรรม และแบบประเมินรับรองรูปแบบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติ t-test ผลการวิจัย พบว่า 1) องค์ประกอบของรูปแบบมี 7 ด้าน ได้แก่ ผู้สอน ผู้เรียน เนื้อหา ชุดคำถามสแคมเพอร์ทรัพยากรการเรียนรู้การเรียนการสอนแบบผสมผสาน ระบบจัดการเรียน (LMS) ขั้นตอนการเรียนรู้การออกแบบเป็นฐานมี 8 ขั้นตอน ได้แก่ การให้ความรู้

การกำหนดเป้าหมาย การสำรวจแนวทาง การรวบรวมข้อมูล การพัฒนาต้นแบบ การพัฒนาชิ้นงาน การนำเสนอผลงานและการประเมินผล 2) ค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์หลังเรียน (X=21.73, S.D.=1.73) สูงกว่าก่อนเรียน (X=11.17, S.D.=2.01) 3) ค่าเฉลี่ยความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมการศึกษาสร้างสรรค์ (X=22.26, S.D.=2.32) สูงกว่าเกณฑ์และ 4) รูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานได้รับการรับรองในระดับมากที่สุด ผลการวิจัยอธิบายได้ว่ารูปแบบการสอนที่ได้พัฒนาขึ้นโดยผสมผสานหลักการของการออกแบบเป็นฐาน การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ การคิดแบบอเนกนัย และการเรียนรู้ในชั้นเรียนร่วมกับเทคโนโลยีออนไลน์มีความเหมาะสมเพื่อปรับใช้ในการส่งเสริมความสามารถออกแบบนวัตกรรมการศึกษาสร้างสรรค์

งานวิจัยต่างประเทศ

Tan, et al. (2019) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาและส่งเสริมให้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานสำหรับนักเรียนเพื่อประยุกต์ใช้หลักการไฟฟ้าเคมีในการออกแบบ (electrochemistry designette) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างแนวคิดทางไฟฟ้าเคมี การสร้างต้นแบบทางความคิด การมีส่วนร่วมของนักเรียนในชั้นเรียน รวมทั้งส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งการออกแบบไฟฟ้าเคมีนี้ช่วยให้นักเรียนได้มีประสบการณ์เกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งถือเป็นเครื่องมือที่สร้างสรรค์ผ่านการประยุกต์ใช้หลักการของเคมีไฟฟ้า การออกแบบนี้ให้นักเรียนออกแบบและสร้างต้นแบบจากชุดสร้างต้นแบบที่มีอยู่ โดยประเมินจากแบบทดสอบก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ผลการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการออกแบบมีคะแนนที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีประสิทธิภาพในการออกแบบและสร้างสรรค์ความคิดสร้างสรรค์หลังจากออกแบบมากขึ้นอีกด้วย

Bozkurt and Tan (2021) ได้ศึกษาความเข้าใจใน เรื่อง ความคิดสร้างสรรค์ที่แสดงออกในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบเป็นฐานและการสำรวจทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อกระบวนการดังกล่าว โดยนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 24 คน ทำกิจกรรมการออกแบบซึ่งต้องใช้วิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ ผ่านการระดมสมองและการทดลองออกแบบ โดยการเก็บข้อมูลจากการเขียน, การวาดภาพของนักเรียน, การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง, และบันทึกการสังเกตจากนักวิจัย โดยใช้ทั้งการวิเคราะห์เชิงปริมาณ และการวิเคราะห์เนื้อหาคุณภาพ ผลการศึกษาพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนมีระดับสูงในด้านความคิดเชิงหลากหลาย (fluency) แต่มีระดับต่ำในด้าน ความคิดแปลกใหม่ (originality) นอกจากนี้การออกแบบแบบต้นแบบ (prototype) และการได้รับข้อมูลจากเพื่อนร่วมชั้นยังมีผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

Wang, et al. (2022) ได้ศึกษาแนวคิดของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นฐาน (DBL) และวิเคราะห์ความเชื่อมโยงภายในระหว่างการเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นฐานและการคิดเชิง

คำนวณ โดยออกแบบกิจกรรมแบบสหวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับวงจรทางวิทยาศาสตร์ตามหลักการออกแบบที่มีอยู่และการวิจัยในการศึกษา STEAM ซึ่งเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่ใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ซึ่งกิจกรรมจะเน้นไปที่การคิดเชิงคำนวณ โดยให้นักเรียนฝึกการเขียนโปรแกรมโดยใช้ Scratch ผลการศึกษาพบว่า การเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นฐานด้วยกิจกรรมสหวิทยาการสามารถพัฒนาระดับการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่ากิจกรรมการเขียนโปรแกรมแบบเดิม

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมทักษะสำคัญของนักเรียนหลายด้าน เช่น การคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การคิดเชิงวิพากษ์ และการคิดเชิงคำนวณ อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสตีมศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสตีมศึกษาที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณทั้งในและต่างประเทศ พบว่า ยังมีนักวิชาการหรือผู้วิจัยทำการวิจัยหรือศึกษาเกี่ยวกับหัวข้อวิจัยดังกล่าวค่อนข้างน้อย ประกอบกับแนวคิดสตีมศึกษาเป็นการพัฒนาต่อยอดมาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณเพิ่มเติม เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่มีเกี่ยวข้องและมีความสอดคล้องมากที่สุด ซึ่งมีนักวิจัยทำการศึกษาไว้อย่างหลากหลายในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นในประเทศหรือต่างประเทศ ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างมาดังต่อไปนี้

งานวิจัยภายในประเทศ

พิเชฐ ศรีสังข์งาม และชัยยศ เดชสุระ (2561) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณและผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้นี้ที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสานวิธี กลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 30 คนที่เรียนรายวิชาวิทยาการคำนวณในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน 2) อนุทินของนักเรียน และ 3) แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นทำให้ทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนสูงขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้นี้ท้าทายนักเรียนด้วยปัญหาในชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์

คณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ โดยการย่อยปัญหา หารูปแบบของปัญหา คิดเชิงนามธรรม และพัฒนาอัลกอริทึมมาใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงเหล่านั้น กิจกรรมการเรียนรู้นี้จึงสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้ทำการวิจัยเพื่อ 1) ศึกษาระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ และ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ กลุ่มเป้าหมายการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคการศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 34 คน การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีรูปแบบการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง มีการเก็บข้อมูลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบทีเทียบกับเกณฑ์ และสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ

กวินนาฏ พลอยกระจ่าง (2564) ได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ระบุแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะตีมศึกษา และ 2) พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะตีมศึกษา กลุ่มที่ศึกษาได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินชิ้นงานการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ใบกิจกรรม บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ บันทึกการสังเกตของครูพี่เลี้ยงหรืออาจารย์นิเทศก์ และอนุทินของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยการหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย ผลการวิจัยพบว่าแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะตีมศึกษา ได้แก่ 1) การใช้สถานการณ์ปัญหาที่มีความใกล้ตัวและเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน 2) ขั้นประยุกต์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะตีมศึกษาควรกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมเพียงพอและ จัดสมาชิกภายในกลุ่มของนักเรียนให้มีความคุ้นเคยกัน และ 3) การใช้ข้อคำถามใน ใบกิจกรรมที่ละเอียดและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหา นอกจากนี้ผลการวิจัยพบว่าภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะตีมศึกษา นักเรียนมีทักษะของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหามากเป็นอันดับหนึ่ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.8 ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับครูในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ให้เกิดขึ้นกับนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์ (2564) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ 3) ใบกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์เนื้อหาและเชิงปริมาณ โดยการใช้คะแนนร้อยละ ผลการวิจัยพบว่าผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีแนวโน้มของระดับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน โดยรวมอยู่ในระดับดี เมื่อผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า การออกแบบขั้นตอนวิธีมีการพัฒนาน้อยที่สุด และการคิดเชิงนามธรรมมีการพัฒนามากที่สุด

ปวริศร ภูมิสูง และประสาท เนืองเฉลิม (2564) ได้วิจัยเพื่อพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 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 และสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปสู่การสรุปประเด็นปัญหาและฝึกทักษะกระบวนการออกแบบและวางแผน การสร้างชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ พบว่านักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงออกแบบเฉลี่ยเท่ากับ 17.2 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86 มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 10 คน และไม่มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์

ศิรินทร สีจันทึก และคณะ (2565) ได้ศึกษาการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้สะตีมศึกษา เรื่อง ธาตุและสารประกอบ 2) ศึกษาความก้าวหน้าทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้สะตีมศึกษา เรื่อง ธาตุและสารประกอบ และ 3) เปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้สะตีมศึกษา เรื่อง ธาตุและสารประกอบ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 33 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งมีความเหมาะสมในภาพรวมในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.54-4.71) และแบบทดสอบทักษะ การแก้ปัญหาซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20–1.00 และค่า ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78

ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้สะตีมศึกษา เรื่อง ธาตุและสารประกอบ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนทักษะการแก้ปัญหาทุกกระบวนการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความก้าวหน้าโดยความก้าวหน้าของทักษะการแก้ปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง (<g> = 0.52) และ 3) คะแนนทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้สะตีมศึกษาในสถานการณ์โควิด-19 รูปแบบออนไลน์ยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ และช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนให้สูงขึ้น

งานวิจัยต่างประเทศ

Bedar, et al. (2020) ได้ศึกษาเพื่อแสดงให้เห็นว่าแนวทางของสตีมศึกษาสามารถพัฒนาความคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้อย่างไร ซึ่งทักษะหลักของการคิดเชิงคำนวณประกอบด้วย: การคิดเชิงอัลกอริทึม นามธรรม การแยกส่วน และการทำให้เป็นภาพรวม กลุ่มตัวอย่างของการศึกษานี้เป็นนักเรียนมัธยมปลาย 32 คนในโรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่งในกรุงอัมมาน โดยมีกลุ่มทดลองศึกษาแนวทาง STEAM ซึ่งรวมถึงการใช้ทรัพยากรออนไลน์ เช่น เขาวงกต LightBot และเว็บไซต์ Ordnance Survey maps (OS) กลุ่มควบคุมศึกษาเนื้อหาเดียวกันแต่ด้วยวิธีปกติ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ามีการพัฒนาที่สำคัญในการคิดเชิงคำนวณ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคิดแบบอัลกอริทึมและนามธรรม ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แนวตามทาง STEAM จึงเป็นหนึ่งในวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ

Tan, et al. (2021) ได้ศึกษาผลของการใช้วิธีการบูรณาการ STEAM ผ่าน Scratch ในการคิดเชิงคำนวณ (CT) ของกลุ่มนักเรียนชายและนักเรียนหญิง ซึ่งมีลักษณะเป็นงานวิจัยกึ่งทดลองและทำการสำรวจการคิดเชิงคำนวณทั้งก่อนและหลังการบูรณาการ โดยเน้นที่หัวข้อเรื่องไฟฟ้า แนวทางดังกล่าวได้รวมการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เพื่อออกแบบเกมและพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนเป็นเวลาสองเดือน ผลการศึกษาพบว่าการบูรณาการส่งผลเชิงบวกต่อความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับองค์ประกอบย่อยทั้ง 5 ด้านของการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ได้แก่ การคิดสร้างกระบวนการแก้ปัญหา (Algorithmic Thinking), ความร่วมมือ (Cooperativity), ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity), การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) และทักษะการแก้ปัญหา (Problem-solving Skills) ซึ่งองค์ประกอบย่อยทั้ง 5 ด้านของการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาดังกล่าวได้นำเสนอวิธีการสอนใหม่สำหรับระดับ CT ของนักเรียนในยุคอิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยีขั้นสูงในปัจจุบัน และเพิ่มขีดความสามารถในการจัดการแนวคิดรวบยอดในกลุ่มนักเรียน

Mariana and Kristanto (2023) ได้ศึกษาและวิเคราะห์การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ และการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมัธยมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ภายใต้แนวทาง STEAM ร่วมกับ การคิดเชิงคำนวณ โดยมุ่งเน้นไปที่ผลกระทบจากการใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนวัตกรรม งานวิจัยนี้ใช้กระบวนการการเรียนรู้ในรูปแบบ hands-on ซึ่งนักเรียนต้องออกแบบและสร้างต้นแบบ (Prototype) ของกระดานหก (Seesaw) โดยให้คำนึงถึงคุณสมบัติที่สำคัญ เช่น ความสนุกสนาน ความปลอดภัย และประสิทธิภาพในการทำงาน นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมเหล่านี้ผ่านกระบวนการทดลองและสร้างแบบจำลอง โดยไม่ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ผลการศึกษาพบว่า การเรียนรู้ภายใต้แนวทาง STEAM และการคิดเชิงคำนวณ ช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ดี โดยนักเรียนสามารถแก้ปัญหาและนำเสนอวิธีแก้ปัญหาหลายทางเลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การประเมินผลและการปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียนยังคงต้องการการส่งเสริมจากผู้สอนเพื่อช่วยพัฒนาการวิเคราะห์เชิงลึก

Chang, et al. (2023) ได้ศึกษาผลกระทบของการใช้การคิดเชิงออกแบบ ร่วมกับ STEAM และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยเน้นการประยุกต์ใช้แนวทางที่ผสมผสานทั้งสองแนวคิดนี้ในการเรียนการสอน โดยนักเรียนจะต้องทำงานเป็นกลุ่มตามขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การสำรวจปัญหา การสร้างต้นแบบ และการทดสอบ ซึ่งจะใช้การประเมินทั้งการคิดเชิงคำนวณและความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนก่อนและหลังการทดลองเพื่อวัดผลกระทบจากการใช้การจัดการเรียนรู้เหล่านี้ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การใช้การคิดเชิงออกแบบ ร่วมกับ STEAM และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในด้านการปรับใช้ทักษะการคิดในสถานการณ์จริงและการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน นักเรียนสามารถเข้าใจวิธีการคิดแบบเชิงระบบ และสามารถใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาผลงานให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้นักเรียนยังได้ฝึกฝนทักษะการทำงานร่วมกันในทีมและการสื่อสารในการทำโครงงาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนสามารถพัฒนาได้ผ่านการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และผู้สอนเป็นผู้สนับสนุนและอำนวยความสะดวก ผ่านสื่อและวิธีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการร่วมกับแนวคิดสะเต็มหรือสตีมศึกษา ด้วยการเชื่อมโยงความรู้สู่การใช้งานจริง ซึ่งสามารถช่วยส่งเสริมองค์ประกอบต่าง ๆ ของการคิดเชิงคำนวณ เพื่อเกิดการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนให้เพิ่มสูงขึ้น

9. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาช่วยส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยจึงมีความสนในพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่องสมบัติเชิงกลของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานตามแนวคิดของ Doppelt (2008) มาใช้ในงานวิจัยร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา จึงสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยแสดงดังภาพ ดังนี้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ตามลำดับต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. รูปแบบของการวิจัย
4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 7 จำนวน 34 คน โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายจากการนำแบบทดสอบการวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณและเกณฑ์การให้คะแนนของศุภมาส แสนโคก (2565) เนื่องจากเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนผ่านมาแล้วในภาคเรียนผ่านมา ซึ่งมีลักษณะอัตนัย จำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม รวมทั้งสิ้น 8 ข้อคำถาม รวม 32 คะแนน โดยมีองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณทั้ง 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบของปัญหา การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี จากนั้นผู้วิจัยได้นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบของนักเรียนมาคิดเป็นร้อยละแล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนปรากฏดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 จำนวน 34 คน

นักเรียนคนที่	คะแนน (32 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละ	เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70	นักเรียนคนที่	คะแนน (32 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละ	เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70
1	23	71.9	ผ่าน	18	24	75	ผ่าน

นักเรียนคนที่	คะแนน (32 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละ	เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70	นักเรียนคนที่	คะแนน (32 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละ	เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70
2	19	59.4	ไม่ผ่าน	19	27	84.4	ผ่าน
3	13	40.6	ไม่ผ่าน	20	20	62.5	ไม่ผ่าน
4	17	53.1	ไม่ผ่าน	21	18	56.3	ไม่ผ่าน
5	12	37.5	ไม่ผ่าน	22	15	46.9	ไม่ผ่าน
6	15	46.9	ไม่ผ่าน	23	13	40.6	ไม่ผ่าน
7	24	75.0	ผ่าน	24	6	18.8	ไม่ผ่าน
8	21	65.6	ไม่ผ่าน	25	10	31.3	ไม่ผ่าน
9	17	53.1	ไม่ผ่าน	26	25	78.1	ผ่าน
10	11	34.4	ไม่ผ่าน	27	0	0	ไม่ผ่าน
11	8	25	ไม่ผ่าน	28	28	87.5	ผ่าน
12	21	65.6	ไม่ผ่าน	29	0	0	ไม่ผ่าน
13	13	40.6	ไม่ผ่าน	30	3	9.38	ไม่ผ่าน
14	20	62.5	ไม่ผ่าน	31	24	75	ผ่าน
15	7	21.9	ไม่ผ่าน	32	19	59.4	ไม่ผ่าน
16	21	65.6	ไม่ผ่าน	33	23	71.9	ผ่าน
17	15	46.9	ไม่ผ่าน	34	11	34.4	ไม่ผ่าน

จากตารางที่ 10 พบว่านักเรียนกลุ่มที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 8 คน และอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 26 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่ผู้วิจัยเห็นแล้วว่าควรได้รับการแก้ปัญหา ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแก้ปัญหากับนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ เพื่อที่จะให้มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสูงขึ้นผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งประเภทและลักษณะของเครื่องมือ เป็น 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผล

2.1 แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์ จำนวน 3 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามย่อย 4 ข้อ ตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 32 คะแนนต่อชุด โดยชุดที่ 1 ใช้ทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 ชุดที่ 2 ใช้ทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2 และชุดที่ 3 ใช้ทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 3

2.2 แบบสัมภาษณ์นักเรียน มีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจะนำไปพัฒนาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป

3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา มีขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎีเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.2 ศึกษาเนื้อหาบทเรียน ในรายวิชาฟิสิกส์ 3 ของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

1.3 ศึกษาเนื้อหาสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการเลือกเนื้อหาที่นำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โดยมีจำนวน 2 หน่วยกิต จำนวน 9 แผน รวม 12 ชั่วโมง ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ตารางวิเคราะห์ลำดับแผน ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ สถานการณ์ปัญหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
1	1	1. อธิบาย และคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก	- ความดันในของเหลว - แรงดัน	- ความดันเกจ หมายถึง ความดันเนื่องจากความลึกของของเหลว ตามสมการ $P_g = \rho gh$ - ความดันบรรยากาศ เป็นความดันจากน้ำหนักของอากาศในบรรยากาศเหนือผิวโลกเทียบกับระดับน้ำทะเล - ความดันสัมบูรณ์ หมายถึง ความดันรวมทั้งหมดของของไหลที่กดทับวัตถุ คำนวณได้จากสมการ $P = P_o + P_g$ - แรงดัน คือผลคูณของความดันกับพื้นที่ที่รองรับแรงดันนั้น	“สถานการณ์ฝนตกหนักต่อเนื่องติดต่อกันหลายวันในจังหวัดมหาสารคามทำให้หลายพื้นที่ประสบปัญหาน้ำท่วมทะลักเข้าสู่บ้าน ชาวบ้านมักจะใช้กระสอบทรายทำเป็นกำแพงกันน้ำ แต่มักประสบปัญหา คือ เมื่อนำกระสอบทรายมาวางซ้อนกันให้สูงขึ้นจะทำให้กำแพงกระสอบทรายถูกแรงดันน้ำดันจนเอียงล้ม ให้นักเรียนออกแบบแนวทางการวางกระสอบ	1. นักเรียนสามารถอธิบายความดันในของเหลว ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในของเหลวกับความหนาแน่นของของเหลว ความลึกของของเหลว และความเร่งโน้มถ่วงของโลกได้ (K) 2. นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเกี่ยวกับความดันในของเหลว (P) 3. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงาน (A)	1

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
					ทรายกั้นน้ำเพื่อให้ทนกับแรงดันน้ำเพิ่มสูงขึ้น โดยมีเงื่อนไขว่าต้องใช้กระสอบทรายน้อยที่สุด”		
	2		ประยุกต์หลอดรูปตัวยู	- แมนอมิเตอร์ เป็นหลอดรูปตัวยูที่บรรจุของเหลวภายในหลอดสามารถวัดความดันได้โดยอาศัยหลักการที่ว่า “ที่ความลึกระดับเดียวกันของของเหลวชนิดเดียวกัน ความดันย่อมมีค่าเท่ากันเสมอ” - บารอมิเตอร์แบบปรอท ประกอบด้วยหลอดแก้วบรรจุปรอทเต็มหลอดที่นำมาคว่ำในอ่างปรอท ความสูงของลำปรอทในหลอดแก้วจะบอกค่าความดัน	“เจ้าของบ้านหลังหนึ่งต้องการสร้างกำแพงรอบตัวบ้าน จึงจ้างบริษัทรับเหมาก่อสร้างมาปรับหน้าดินให้สม่ำเสมอ แต่ฝนตกหนักต่อเนื่องหลายวันทำให้แนวพื้นดินบริเวณที่จะสร้างกำแพงเกิดการลาดเอียง ทำให้การก่อกำแพงทำได้ยากขึ้น ให้นักเรียนออกแบบวิธีการวัดระดับของแนว	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดความดันได้ (K) 2. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องวัดความดันได้ (K) 3. นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเกี่ยวกับความดันในของเหลว (P) 4. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงาน	1

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
				อากาศภายนอกได้	กำแพง เพื่อให้แนวกำแพงเรียงตัวอยู่ในแนวระดับเดิม โดยไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ช่วย”	(A)	
	3		กฎของพาสคัล	กฎของพาสคัล กล่าวว่า “ถ้าเพิ่มความดันให้กับของไหลที่บรรจุในภาชนะปิด ณ จุดใดจุดหนึ่งความดันนั้นจะกระจายไปทั่วทุกตำแหน่งของของไหล”	“ศูนย์บริการผู้ป่วยแห่งหนึ่ง มักจะประสบปัญหาการเคลื่อนย้ายรถเข็นผู้ป่วยจากชั้น 1 ไปยังชั้น 2 ค่อยข้างลำบาก จึงต้องการออกแบบเครื่องยกรถเข็นผู้ป่วย โดยมีการจัดแข่งขันเพื่อหาวิศวกรที่จะสร้างเครื่องยกรถเข็นผู้ป่วย ซึ่งการสร้างแบบจำลองเครื่อง	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของเครื่องอัดไฮดรอลิกได้ (K) 2. นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเกี่ยวกับความดันในของเหลว (P) 3. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงาน (A)	2

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
					ยกรถเข็นผู้ป่วย มีเงื่อนไขว่าโมเดลเครื่องยกรถเข็นผู้ป่วยนี้จะต้องสามารถยกวัตถุที่หนัก 10 นิวตันให้สูงขึ้นจากเดิมอย่างน้อย 20 เซนติเมตร โดยไม่ใช้ไฟฟ้า นักเรียนจะสามารถออกแบบเครื่องยกรถเข็นผู้ป่วยได้อย่างไร”		
2	4	2. ทดลอง อธิบาย และคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล	หลักของอาร์คิมีดีส	แรงพยุง เป็นแรงที่ของเหลวพยายามดันวัตถุให้ลอยอยู่ในของเหลว มีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุส่วนที่จมอยู่ในของเหลว ซึ่งสอดคล้องกับหลักของอาร์คิมีดีส คือ “ปริมาตรของของเหลว	“กลุ่มชาวบ้านในจังหวัดแห่งหนึ่ง เกิดกระแสความเชื่อว่ามีหินเหล็กไหลโผล่ที่ถนนในหมู่บ้าน โดยพื้นที่ดังกล่าวตั้งอยู่ภายในสวน	1. นักเรียนสามารถอธิบายแรงพยุงสำหรับวัตถุที่ลอยในของไหลจากหลักของอาร์คิมีดีสได้ (K) 2. นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ	1

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
				ที่ล้นออกมามีค่าเท่ากับปริมาตรของเหลวที่ถูกแทนที่” คำนวณได้จากสมการ $F_B = \rho Vg$	ยางพาราของนายประเสริฐ ทำให้ผู้คนที่ทราบข่าวแห่พากันเดินทางไปขุดหาหินดังกล่าว ซึ่งเมื่อตรวจสอบดูพบว่าหินดังกล่าว มีลักษณะสีดำเป็นเงามันประกาย มีลักษณะแข็ง และมีน้ำหนักเบาแต่จมน้ำได้ ยังไม่สามารถระบุความนาแน่นได้ บางส่วนฝังอยู่ตามเนื้อหิน และฝังอยู่ในดิน ชาวบ้านขุดออกมาพบเป็นชิ้นเล็กชิ้นใหญ่ปะปนกันไป ให้นักเรียน	เกี่ยวกับความดันในของเหลว (P) 3. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงาน (A)	

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
					ออกแบบวิธีการหาความหนาแน่นของหินเหล็กไหลเหล่านี้”		
	5		การลอยและการจมของวัตถุ	การลอยหรือจมของวัตถุนั้นขึ้นกับแรงพยุงของของเหลวโดยสามารถพิจารณาการจมและลอยของวัตถุ จากการพิจารณาความหนาแน่นของของเหลวและวัตถุ โดยวัตถุจะจมเมื่อความหนาแน่นของวัตถุมีค่ามากกว่าความหนาแน่นของของเหลว วัตถุลอยเมื่อความหนาแน่นของวัตถุมีค่าน้อยกว่าความหนาแน่นของของเหลว	“เรือดำน้ำ เป็นเรือรบที่สามารถปฏิบัติการในขณะที่อยู่ใต้ผิวน้ำได้ สร้างจากเหล็กแต่มีความสามารถในการเคลื่อนที่ภายใต้น้ำ ปัจจุบันเรือดำน้ำถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เราสร้างเรือดำน้ำขนาดที่เล็กสามารถดำน้ำในระดับที่ลึกมาก เพื่อทำงานเฉพาะกิจบางอย่าง เช่น การสำรวจ	1. นักเรียนสามารถอธิบายแรงพยุงและแรงที่เกี่ยวข้องสำหรับวัตถุที่จมในของไหลได้ (K) 2. นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเกี่ยวกับความดันในของเหลว (P) 3. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงาน (A)	1

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
					ซากเรือโบราณ, การวางสายเคเบิลใต้น้ำ, การหาร่องรอยของแผ่นดินไหว และการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตใต้ทะเล ซึ่งทำให้มนุษย์เราสามารถจะเข้าถึงโลกใต้ทะเลที่เราไม่เคยสัมผัสมาก่อน ให้นักเรียนออกแบบเรือดำน้ำอย่างง่ายเพื่ออธิบายการลอยตัวและการดำน้ำของเรือดำน้ำ”		
	6		แรงพยุงของของเหลว	การเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสและลดความหนาแน่นของวัตถุลง ส่งผลให้ปริมาตรของวัตถุเพิ่มขึ้น ขณะที่มีมวลเท่าเดิม ซึ่ง	“ในทุก ๆ ปี พื้นที่บริเวณที่ราบลุ่มมักจะประสบกับปัญหาน้ำท่วมขัง กรมโยธาธิการและผังเมืองใน	1. นักเรียนสามารถอธิบายขนาดแรงพยุงจากของไหลกับการประยุกต์ได้ (K) 2. นักเรียนสามารถคำนวณ	2

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
				ก่อให้เกิดแรงพยุงที่มากขึ้นทำให้วัตถุที่มีขนาดใหญ่ลอยในน้ำได้	พื้นที่จึงแนะนำให้สร้างบ้านที่สามารถลอยน้ำได้ โดยอาศัยแนวคิดที่จะปรับตัวให้สามารถอยู่กับน้ำท่วมได้ โดยระดับบ้านจะขึ้นลงตามระดับน้ำ ถ้านักเรียนต้องการออกแบบบ้านลอยน้ำ โดยเริ่มจากการสร้างแบบจำลองบ้านลอยน้ำ โดยมีเงื่อนไขว่าโมเดลบ้านลอยน้ำนี้มีขนาดไม่เกิน 30 x 30 ตารางเซนติเมตร สามารถรองรับน้ำหนักอย่างน้อย 10 นิวตัน และส่วนฐานของบ้าน	ขนาดแรงพยุงและปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ (K) 3. นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเกี่ยวกับแรงพยุงของของเหลว (P) 4. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงาน (A)	

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
					จะต้องมีส่วนที่ลอยพ้นน้ำอย่างน้อย 1/4 ของส่วนที่จม นักเรียนจะสามารถออกแบบบ้านลอยน้ำนี้ได้อย่างไร”		
3	7	3. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	สมการความต่อเนื่อง	- ของไหลที่เคลื่อนที่อย่างมีระเบียบ นิยมใช้แบบจำลองของไหลอุดมคติ โดยมีสมบัติ ดังนี้ 1. มีการไหลโดยไม่หมุนวน (irrotational flow) 2. มีการไหลอย่างสม่ำเสมอบนเส้นกระแส (steady flow) 3. ไม่มีแรงต้านเนื่องจากความหนืด (nonviscous flow) 4. ไม่สามารถถูกบีบอัดได้ (incompressible flow)	“โดยทั่วไปแล้วสายดับเพลิงที่ใช้ในการขนส่งน้ำจากหัวจ่ายน้ำดับเพลิงหรือรถดับเพลิงไปยังตำแหน่งที่ต้องการ จะทำจากวัสดุที่มีความทนทาน ใขณะที่หัวฉีดจะใช้สำหรับควบคุมแรง การไหล และรูปแบบของน้ำที่พ่นออกมา ถ้าหัวฉีดพ่นน้ำออกมาในลักษณะ	1. นักเรียนสามารถอธิบายหลักการความต่อเนื่องได้ (K) 2. นักเรียนสามารถคำนวณเกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องได้ (K) 3. นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเกี่ยวกับสมการความต่อเนื่อง (P) 4. นักเรียนมีความ	1

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
				สำหรับของไหลอุดมคตินั้น อัตราการไหลจะคงตัวไม่ว่าของไหลจะเคลื่อนที่ไปจุดใด ๆ ก็ตาม ตามสมการความต่อเนื่อง กล่าวคือ Av = ค่าคงตัว	กระจาย (ฟ็อกกี้) น้ำที่พ่นออกมาจะมีลักษณะละอองละเอียดแต่มักจะพ่นออกมาได้ระยะไม่ไกลพอ ถ้าเกิดไฟไหม้ มีสารเคมีอันตรายรั่วไหลและต้องการให้น้ำเข้าไปใกล้แหล่งกำเนิดไฟหรือสารเคมีอันตรายนั้นได้มากที่สุด นักเรียนจะมีวิธีการออกแบบสายดับเพลิงและหัวฉีดได้อย่างไรบ้าง”	กระตือรือร้นในการทำงาน (A)	
	8		สมการแบร์นูลลี	ตำแหน่งสองตำแหน่งบนสายกระแสเดียวกันของของไหลอุดมคติที่ไหลอย่างสม่ำเสมอ จะมี	“เจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลแห่งหนึ่งออกสำรวจความ	1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของสมการแบร์นูลลีได้ (K)	1

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
				ผลรวมของความดันสัมบูรณ์ พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เป็นค่าคงตัวตามสมการแบร์นูลลี $P+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gh$ = ค่าคงตัว	เสียหายของบ้านเรือนประชาชนในพื้นที่หลังจากที่เกิดพายุฤดูร้อนพัดกระหน่ำอย่างรุนแรง เกิดลมพายุหมุนพัดรุนแรงพร้อมกับฝนตกหนักประมาณ 15 นาที แล้วลมได้พัดเอาหลังคาของบ้านหลังแห่งหนึ่งที่มีลักษณะเป็นบ้านครึ่งปูนครึ่งไม้ 2 ชั้น ออกไปจนหมด ทั้งที่ปิดประตูหน้าต่างทั้งหมดแล้ว โดยหลังคาที่ถูกลมหอบเอาไปยังไปตกใส่บ้านเรือนที่อยู่ใกล้เคียงได้รับความ	2. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่าง ๆ จากสมการแบร์นูลลีได้ (K) 3. นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเกี่ยวกับสมการแบร์นูลลี (P) 4. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงาน (A)	

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
					เสียหายอีกหลายหลัง เพื่อลดปัญหาลมพัดหลังคาปลิวนี้ นักเรียนจะมีวิธีการออกแบบตัวบ้านและหลังคาบ้านอย่างไร”		
	9		การประยุกต์หลักการของแบร์นูลลี	เมื่อของไหลเคลื่อนที่ในแนวระดับ หากอัตราเร็วมีค่าเพิ่มขึ้น ความดันในของไหลจะลดลงและเมื่ออัตราเร็วลดลงความดันในของไหลก็จะเพิ่มขึ้น	“บิวมีพัดลมคอมพิวเตอร์เก่าที่ยังมีสภาพดีอยู่ ต้องการนำมาใช้เป็นพัดลมตั้งโต๊ะ แต่ลมที่ได้จากพัดลมคอมพิวเตอร์มีการกระจายพื้นที่เป็นวงแคบและรูปทรงไม่สวยงาม บิวเคยเห็นพัดลมในห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งเป็นพัดลมไร้ใบพัดขนาดใหญ่เขาจึงต้องการ	1. นักเรียนสามารถอธิบายการประยุกต์ หลักการของแบร์นูลลีได้ (K) 2. นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเกี่ยวกับการประยุกต์หลักการของแบร์นูลลี (P) 3. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำงาน (A)	2

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา/กิจกรรม STEAM	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
					ประดิษฐ์พัดลมไร้ใบพัดแบบตั้งโต๊ะโดยใช้สิ่งของที่มีอยู่ นักเรียนจะสามารถช่วยบิวออกแบบพัดลมไร้ใบพัดได้อย่างไร”		

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยให้มีความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม และส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มี 6 ขั้น ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงความสอดคล้องของการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา กับองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา	**ลักษณะการจัดกิจกรรม**	**องค์ประกอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ**
ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย	นักเรียนร่วมกันกำหนดเป้าหมาย เพื่อวิเคราะห์สาเหตุจากสื่อหรือนวัตกรรมที่ผู้สอนเตรียมไว้ให้ ซึ่งเป็นการสร้างความเข้าใจถึงเหตุผล ความจำเป็นในการแก้ปัญหา	การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา
ขั้นที่ 2 สำรวจและรวบรวมข้อมูล	ผู้สอนแนะนำแหล่งสารสนเทศที่เป็นประโยชน์แก่นักเรียนโดยใช้เทคโนโลยี (Technology: T) เพื่อให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science: S) ด้วยตนเอง และให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา	การหารูปแบบของปัญหา
ขั้นที่ 3 เสนอแนวทางการแก้ปัญหา	นักเรียนนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาเพื่อสร้างทางเลือกที่หลากหลาย โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา	การคิดเชิงนามธรรม
ขั้นที่ 4 เลือกแนวทางแก้ปัญหา	นักเรียนเลือกแนวทางที่จะนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานให้มีความสอดคล้องกับความต้องการในการออกแบบ โดยมีผู้สอนคอยให้คำปรึกษา	

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา	ลักษณะการจัดกิจกรรม	องค์ประกอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
ขั้นที่ 5 ออกแบบและสร้างต้นแบบ	ลงมือออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยนำความรู้ด้านวิศวกรรม (Engineer: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) เข้ามาช่วยในการคำนวณให้สอดคล้องกับทรัพยากรข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด นำความรู้ด้านศิลปะ (Arts: A) ออกแบบให้ชิ้นงานมีความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น มีการทดสอบชิ้นงานและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด	การออกแบบขั้นตอนวิธี
ขั้นที่ 6 ประเมินผลชิ้นงาน	นำเสนอผลงานที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วแก่เพื่อนร่วมชั้น	

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา สาระสำคัญ ผลการเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ปรับแก้สถานการณ์ปัญหาให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหา และปรับแก้กิจกรรมให้มีความกระชับเหมาะสมกับเวลามากขึ้น แล้วพัฒนาต่อให้เป็นฉบับสมบูรณ์ตามคำแนะนำ

1.7 ดำเนินการสร้างแบบประเมินความเหมาะสม เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีเกณฑ์ให้คะแนน 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม โดยนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1) รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวิจัยและหลักสูตร

2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์ ปร.ด. (หลักสูตรและการเรียนการสอน) อาจารย์ประจำสาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

3) อาจารย์ ดร.ฤทธิไกร ไชยงาม วท.ด. (ฟิสิกส์) อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาฟิสิกส์

4) นายพรทวี บุญมาก วท.บ. (ฟิสิกส์) ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาฟิสิกส์

5) นายกิติศักดิ์ สีทองสุก วท.บ. (ฟิสิกส์) ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาฟิสิกส์

1.9 นำคะแนนการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ มาหาค่าเฉลี่ยของคะแนนเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ โดยเกณฑ์ที่ผ่านอยู่ที่ระดับ 3.51-5.00 (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากสุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ปรากฏดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	คะแนนเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
1	4.54	มากที่สุด
2	4.54	มากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	คะแนนเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
3	4.56	มากที่สุด
4	4.54	มากที่สุด
5	4.54	มากที่สุด
6	4.56	มากที่สุด
7	4.54	มากที่สุด
8	4.54	มากที่สุด
9	4.56	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.55	มากที่สุด

1.10 ดำเนินการปรับแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคาแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1) ปรับแก้จุดประสงค์ด้านทักษะกระบวนการให้สอดคล้องกับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

2) กำหนดเวลาในแต่ละขั้น

1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการตรวจพิจารณาแล้ว และคำแนะนาจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง

1.12 นำแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับที่แก้ไขสมบูรณ์ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

2. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผล

แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย จำนวน 3 ชุด ชุดละ 2 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์จะมีคำถามย่อย 4 ข้อคำถาม มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแง่ของความหมายและองค์ประกอบ ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) เพื่อกำหนดข้อบ่งชี้ที่ใช้สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ตารางแสดงข้อบ่งชี้ของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ

องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ	ข้อบ่งชี้ในแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
1. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	สามารถวิเคราะห์และแบ่งระบบหรือปัญหาออกเป็นส่วนย่อยได้

องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ	ข้อบ่งชี้ในแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
(Decomposition)	
2. การหารูปแบบ (Pattern Recognition)	สามารถระบุรูปแบบของระบบหรือรูปแบบของวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเหมือนหรือสอดคล้องกันได้
3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)	สามารถระบุส่วนสำคัญของปัญหา โดยคัดกรองสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกได้
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms)	สามารถออกแบบ สร้าง และเขียนขั้นตอนในการบรรลุงานหรือการแก้ไขปัญหาได้

2.2 ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เป็นแบบอัตนัยเชิงสถานการณ์ เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร จำนวน 3 ชุด ชุดละ 4 สถานการณ์ ใช้จริง 2 สถานการณ์ แสดงดังตารางที่ 14 โดยในแต่ละสถานการณ์จะมีคำถามย่อย 4 ข้อคำถามซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคที่ดัดแปลงมาจาก Pollock, et al. (2019) เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทและเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ คือ 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ ดังตารางที่ 15 ทำให้คะแนนรวมที่ได้ในแต่ละชุดอยู่ระหว่าง 0-32 คะแนน

ตารางที่ 15 สัดส่วนสถานการณ์ที่ต้องการให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการที่	ผลการเรียนรู้	จำนวนสถานการณ์	
		สถานการณ์ที่สร้าง	สถานการณ์ที่ใช้
1	อธิบาย และคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก	3	2
2	ทดลอง อธิบาย และคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล	3	2
3	อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและ	3	2

วงจรปฏิบัติการที่	ผลการเรียนรู้	จำนวนสถานการณ์	
		สถานการณ์ที่สร้าง	สถานการณ์ที่ใช้
	สมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ		
รวม		9	6

ตารางที่ 16 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	1	2	3	4
การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	ไม่สามารถระบุและแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้	ระบุปัญหาได้แต่ไม่ครบทุกประเด็น แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้แต่ยังไม่ครบทุกประเด็น	ระบุปัญหาได้ครบทุกประเด็น แต่ไม่สามารถแยกส่วนประกอบของปัญหาได้ แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น	ระบุปัญหาและวิเคราะห์ปัญหาโดยแยกส่วนประกอบของปัญหา แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น
การหารูปแบบของปัญหา	ไม่สามารถอธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใดและไม่มีการอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้	อธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด ไม่มีการอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้	อธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด มีการอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้เพียงบางส่วน	อธิบายรูปแบบของปัญหาว่ามีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใดและมีการอธิบายประกอบว่าสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้ครบทุกประเด็น
การคิดเชิงนามธรรม	ไม่สามารถ	ระบุส่วนสำคัญ/	ระบุส่วนสำคัญ/	ระบุส่วนสำคัญ/

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	1	2	3	4
	ระบุส่วนสำคัญ/ไม่สำคัญของปัญหาได้ ไม่มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ ไม่สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	ไม่สำคัญของปัญหาได้แต่ไม่ครบ ไม่มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ/ไม่สำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	ไม่สำคัญของปัญหาได้แต่ไม่ครบ มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	ไม่สำคัญของปัญหาได้ มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ/ไม่สำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้
การออกแบบขั้นตอนวิธี	ไม่สามารถอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้ได้	อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ สร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ แต่ยังไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ สร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้

2.3 นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่สร้างขึ้นและเกณฑ์การคะแนนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้อง เหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา และนำแบบวัดมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยมีข้อเสนอแนะให้ปรับสถานการณ์ปัญหาจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณให้ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันและสอดคล้องกับสาระสำคัญของเรื่องเรียนมากขึ้น และปรับคำกริยาที่ใช้ในเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ค

2.4 ดำเนินการสร้างแบบประเมินความสอดคล้อง เพื่อใช้ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ

2.5 นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน (ชุดเดิม) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ

2.6 นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้สูตร IOC (Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 - 1.00 ซึ่งพบว่าค่าของดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.80-1.00 แสดงว่าแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณทั้งฉบับมีค่าดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับสถานการณ์ที่ใช้วัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

2.7 นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับปรุงภาษาของข้อคำถามบางข้อให้มีความชัดเจนมากขึ้น

2.8 นำเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาเสนอผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

2.9 นำผลการประเมินเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของผู้เชี่ยวชาญ มาหาค่าเฉลี่ยของคะแนนเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ถือว่าเป็นเกณฑ์คะแนนที่มีคุณภาพและมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยของเกณฑ์การให้คะแนน

ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เท่ากับ 5.00 เมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมิน พบว่า เกณฑ์การให้คะแนนมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

2.10 นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณและเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

3. แบบสัมภาษณ์นักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียน มีลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยจะสัมภาษณ์หลังจบแต่ละวงจรปฏิบัติการ ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ โดยเลือกสัมภาษณ์ทั้งกลุ่มที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะนำไปพัฒนาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป โดยการสร้างแบบสัมภาษณ์มีขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียน

3.2 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสัมภาษณ์ คือ ข้อมูลความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา

3.3 ดำเนินการสร้างแบบสัมภาษณ์เป็นลักษณะแบบกึ่งโครงสร้างโดยกำหนดแนวคำถามที่เกี่ยวข้องกับความคิดเห็นของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ประเด็นในการสัมภาษณ์ที่เกิดขึ้นในการจัดกิจก**รรมการเรียนรู้**

ประเด็น	คำถาม
การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	เมื่อนักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาแล้ว นักเรียนระบุปัญหาและกำหนดปัจจัยที่คิดว่าเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้หรือไม่อย่างไร
การหารูปแบบของปัญหา	จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ นักเรียนมีแนวทางการสำรวจและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างไร
	เมื่อนักเรียนต้องการสืบค้นข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจะพิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านั้นอย่างไร

ประเด็น	คำถาม
การคิดเชิงนามธรรม	นักเรียนมีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาภายในกลุ่มหรือไม่อย่างไร
	นักเรียนมีวิธีเลือกแนวทางแก้ปัญหานั้นอย่างไร
การออกแบบขั้นตอนวิธี	นักเรียนมีการวางแผนหรือแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหานั้นหรือไม่อย่างไร
วิธีการจัดการเรียนรู้	นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้
ปัญหาและอุปสรรค	นักเรียนคิดว่าในการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ มีปัญหาหรืออุปสรรคต่อการเรียนรู้ของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอื่น ๆ	นักเรียนอยากให้มีการเพิ่มหรือลดกิจกรรมใดบ้าง เพราะเหตุใด

3.4 นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณา ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถาม โดยปรับภาษาที่ใช้ในข้อคำถามให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับประเด็นที่จะถามมากขึ้น ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ค

3.5 นำแบบสัมภาษณ์ที่แก้ไขปรับปรุงเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน (ชุดเดิม) เพื่อประเมินค่าความสอดคล้องระหว่างประเด็นในการสัมภาษณ์กับข้อคำถาม ซึ่งมีเกณฑ์ประเมินดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นตรงตามประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นตรงตามประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่ตรงตามประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์

3.6 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างประเด็นกับข้อคำถาม คัดเลือกข้อที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5–1.00 (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ซึ่งพบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ซึ่งสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลได้

3.7 นำแบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

4. ขั้นตอนการดำเนินงานและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ (Kemmis, S., & McTaggart, 1990) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ซึ่งดำเนินการทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

1. ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 ผู้วิจัยทำการสังเกตชั้นเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โดยสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูผู้สอนและพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน รวมถึงสภาพสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ เพื่อสำรวจสภาพ ปัญหาของนักเรียน และทำการวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

1.2 นำเครื่องมือแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณไปทดลองกับนักเรียนเพื่อหาปัญหาและยืนยันปัญหาที่แท้จริง

1.3 นำปัญหาจากชั้นเรียนมาวิเคราะห์ และทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา มาใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน

1.4 ศึกษาหลักสูตร จุดประสงค์ กิจกรรมและเนื้อหาที่จะนำมาใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร ในรายวิชาฟิสิกส์ 2 ซึ่งอยู่ในการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

1.5 ผู้วิจัยทำการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน

1.6 นำเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อรับคำแนะนำและแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

1.7 แก้ไขตามคำแนะนำของที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับจริงเพื่อนำไปใช้ในขั้นต่อไป

2. ขั้นปฏิบัติ (Act)

จัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น จำนวน 3 แผน เวลา 4 ชั่วโมง ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ความดันในของเหลว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การประยุกต์ของเครื่องวัดความดัน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 กฎของพาสคัล

3. ขั้นสังเกต (Observe)

3.1 สังเกตและบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรมตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้งที่เป็นส่วนดีและส่วนที่ควรปรับปรุงแก้ไขเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้ง

3.2 ตรวจและบันทึกผลการทำใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน

3.3 นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1

3.4 สัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย หลังการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ตามแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่สร้างขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 1

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยทำการตรวจแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน และนำข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์นักเรียนมาอภิปราย วิเคราะห์หาปัญหาที่ทำให้นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการรอบต่อไปให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 2

1. ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 นำปัญหาที่เกิดจากการสะท้อนผลการปฏิบัติการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ตามแนวทางการแก้ไขที่เขียนไว้

1.2 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา โดยเพิ่มแนวทางการแก้ปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1

2. ขั้นปฏิบัติ (Act)

จัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจำนวน 3 แผน รวม 4 ชั่วโมง ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 หลักของอาร์คิมีดิส

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การลอยและการจมของวัตถุ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 แรงพยุงของของเหลว

3. ขั้นสังเกต (Observe)

3.1 สังเกตและบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรมตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้งที่เป็นส่วนดีและส่วนที่ควรปรับปรุงแก้ไขเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้ง

3.2 ตรวจและบันทึกผลการทำใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน

3.3 นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2

3.4 สัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย หลังการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ตามแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่สร้างขึ้น

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยทำการตรวจแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน และนำข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์นักเรียนมาอภิปราย วิเคราะห์หาปัญหาที่ทำให้นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการรอบต่อไปให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 3

1. ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 นำปัญหาที่เกิดจากการสะท้อนผลการปฏิบัติการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้จากวงจรปฏิบัติการที่ 2 ตามแนวทางการแก้ไขที่เขียนไว้

1.2 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา โดยเพิ่มแนวทางการแก้ปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 2

2. ขั้นปฏิบัติ (Act)

จัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจำนวน 3 แผน รวม 4 ชั่วโมง ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 สมการความต่อเนื่อง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 หลักของแบร์นูลลี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 การประยุกต์หลักการแบร์นูลลี

3. ขั้นสังเกต (Observe)

3.1 สังเกตและบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรมตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้งที่เป็นส่วนดีและส่วนที่ควรปรับปรุงแก้ไขเมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้ง

3.2 ตรวจและบันทึกผลการทำใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน

3.3 นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 3

3.4 สัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย หลังการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ตามแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่สร้างขึ้น

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยทำการตรวจแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน และนำข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์นักเรียนมาอภิปราย วิเคราะห์เพื่อประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายว่าผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 หรือไม่ อย่างไร โดยผู้วิจัยสรุปเป็นภาพของขอบข่ายการวิจัยเชิงปฏิบัติการแสดงได้ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดง Action plan ของวิจัยเชิงปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการที่	**เครื่องมือ**	**วิธีการ**	**ระยะเวลา**	**การวิเคราะห์ข้อมูล**
1	แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา	สอนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย	การสอนในวงจรปฏิบัติการ	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ
	แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ	ทดสอบหลังสอนจบวงจรปฏิบัติการที่ 1	หลังสอนจบวงจรปฏิบัติการที่ 1	
	แบบสัมภาษณ์นักเรียน	สัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย	ก่อนทำการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 2	
2	แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา	สอนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย	การสอนในวงจรปฏิบัติการ	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและ

วงจรปฏิบัติการที่	เครื่องมือ	วิธีการ	ระยะเวลา	การวิเคราะห์ข้อมูล
	แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ	ทดสอบหลังสอนจบวงจรปฏิบัติการที่ 2	หลังสอนจบวงจรปฏิบัติการที่ 2	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ
	แบบสัมภาษณ์นักเรียน	สัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย	ก่อนทำการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 3	
3	แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา	สอนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย	การสอนในวงจรปฏิบัติการ	วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ
	แบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ	ทดสอบหลังสอนจบวงจรปฏิบัติการที่ 3	หลังสอนจบวงจรปฏิบัติการที่ 3	
	แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียน	สัมภาษณ์นักเรียน	หลังสอนจบวงจรปฏิบัติการที่ 3	

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามองค์ประกอบ ดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นการนำข้อมูลที่ได้รวบรวมโดยใช้ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ซึ่งวิเคราะห์โดยสถิติพื้นฐาน คือ ค่าร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วนำไปเทียบเกณฑ์ร้อยละ 70

6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนที่แสดงออกในชั้นเรียน บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ และจากการเก็บข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์นักเรียน มาวิเคราะห์ ตีความและสรุปในรูปของการบรรยาย

7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษา และใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

7.1 สถิติที่ใช้วิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมือ

7.1.1 การหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม และจุดประสงค์

$$IOC = \frac{\sum R}{n}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

7.2 สถิติพื้นฐาน

7.2.1 ค่าเฉลี่ย (Mean)

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

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

n แทน จำนวนคนในกลุ่ม

7.2.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

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

เมื่อ $S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x แทน คะแนนแต่ละตัว

n แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

7.2.3 ร้อยละ (Percentage)

$$P = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

n แทน จำนวนคนในกลุ่ม

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 ในรายวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ซึ่งมีกลุ่มเป้าหมายจำนวน 26 คน ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน โดยผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละวงจรปฏิบัติการ
2. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

จากการดำเนินการตามขั้นตอนในการปฏิบัติการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็นจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ของกลุ่มเป้าหมายจำนวน 26 คน ผู้วิจัยจึงแบ่งการนำเสนอข้อมูลออกเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ มีทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งผลการวิเคราะห์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีรายละเอียด ดังนี้

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1

1.1 ขั้นวางแผน (Plan)

1. ดำเนินการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

2. ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาที่พบจากการสำรวจสภาพปัญหา พบว่ามีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 26 คน ซึ่งจะเป็นกลุ่มเป้าหมายที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ศึกษาขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยจากเอกสารต่าง ๆ พร้อมทั้งวิเคราะห์และกำหนดเนื้อหา เพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา

3. ผู้วิจัยทำการสร้างเครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และแบบสัมภาษณ์

นักเรียน จากนั้นทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาและดำเนินการหาค่าความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

1.2 ขั้นการปฏิบัติการ (Action)

ดำเนินการนำแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาที่ผู้วิจัยปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ความดันในของเหลว

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การประยุกต์ของเครื่องวัดความดัน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 กฎของพาสคัล

1.3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

1.3.1 ผู้วิจัยดำเนินการวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนครบทั้ง 3 แผนการเรียนรู้ ด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ พบว่ามีผลดังตารางที่ 19

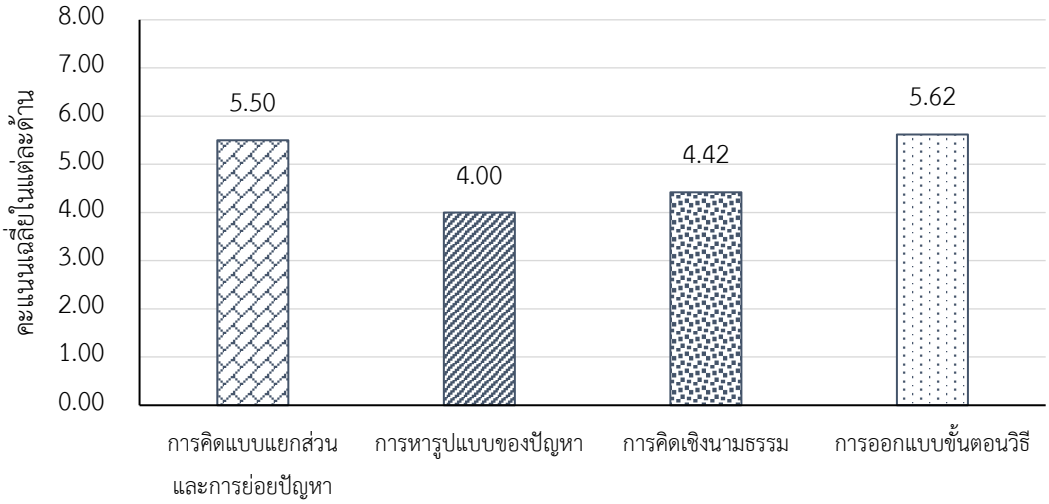
ตารางที่ 19 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

นักเรียนคนที่	**คะแนนแต่ละองค์ประกอบ**				**คะแนนที่ได้ (รวม 32 คะแนน)**	**ร้อยละ**	**ผลการประเมิน (ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70)**
	การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา (8 คะแนน)	**การหารูปแบบของปัญหา (8 คะแนน)**	**การคิดเชิงนามธรรม (8 คะแนน)**	**การออกแบบขั้นตอนวิธี (8 คะแนน)**			
1	8	4	5	7	24	75.00	ผ่าน
2	5	4	4	6	19	59.38	ไม่ผ่าน
3	4	4	5	6	19	59.38	ไม่ผ่าน
4	5	3	5	7	20	62.50	ไม่ผ่าน
5	4	4	2	2	12	37.50	ไม่ผ่าน
6	7	3	5	6	21	65.63	ไม่ผ่าน
7	8	3	4	6	21	65.63	ไม่ผ่าน
8	4	4	2	2	12	37.50	ไม่ผ่าน

นักเรียนคนที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนนที่ได้ (รวม 32 คะแนน)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70)
	การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา (8 คะแนน)	การหารูปแบบของปัญหา (8 คะแนน)	การคิดเชิงนามธรรม (8 คะแนน)	การออกแบบขั้นตอนวิธี (8 คะแนน)			
9	5	4	5	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
10	4	5	4	4	17	53.13	ไม่ผ่าน
11	4	4	5	6	19	59.38	ไม่ผ่าน
12	7	6	5	6	24	75.00	ผ่าน
13	4	4	4	3	15	46.88	ไม่ผ่าน
14	6	3	4	5	18	56.25	ไม่ผ่าน
15	6	3	4	4	17	53.13	ไม่ผ่าน
16	8	7	5	6	26	81.25	ผ่าน
17	5	4	5	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
18	7	4	5	7	23	71.88	ผ่าน
19	7	3	4	5	19	59.38	ไม่ผ่าน
20	4	4	4	7	19	59.38	ไม่ผ่าน
21	4	4	5	6	19	59.38	ไม่ผ่าน
22	6	3	5	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
23	5	4	4	7	20	62.50	ไม่ผ่าน
24	6	4	5	7	22	68.75	ไม่ผ่าน
25	6	5	5	7	23	71.88	ผ่าน
26	4	4	5	6	19	59.38	ไม่ผ่าน
เฉลี่ย	5.50	4.00	4.42	5.62	19.54	61.06	ไม่ผ่าน
ร้อยละ	68.75	50.00	55.29	70.19	-	-	-
S.D.	1.42	0.94	0.86	1.47	-	-	-

จากตารางที่ 19 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายจำนวน 26 คน มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของ

คะแนนเต็ม จำนวน 5 คน และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 21 คน พิจารณาคะแนนเป็นองค์รวมนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณรวมเฉลี่ยเท่ากับ 19.54 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 61.06 ในขณะที่เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายด้านที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีคะแนนรวมด้านละ 8 คะแนน แสดงดังภาพ 3



ภาพที่ 3 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 3 เมื่อวิเคราะห์คะแนนรายด้าน พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนด้านการออกแบบขั้นตอนวิธี มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 5.62 คะแนน รองลงมาคือด้านการคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.50 คะแนน ด้านการคิดเชิงนามธรรม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยด้านการหารูปแบบของปัญหามีค่าต่ำสุด ซึ่งเท่ากับ 4.00 คะแนน

1.3.2 ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยจะสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงกิจกรรมให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นได้ ดังนี้

1. ด้านความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

1.1 การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา พบว่า

1.1.1 นักเรียนยังไม่สามารถระบุปัญหาที่ชัดเจนได้ แต่ยังกำหนดเป้าหมายได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ผมเข้าใจนะว่าสถานการณ์ที่ครูให้มาต้องการอะไร แต่ผมไม่รู้จะเริ่มจากตรงไหนดี...”

(นักเรียนคนที่ 13 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“...หนูพอจะเข้าใจสถานการณ์ปัญหาค่ะ แต่ไม่รู้ว่าจะต้องระบุปัญหาอย่างไร...”

1.1.2 นักเรียนยังไม่สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

(นักเรียนคนที่ 21 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“...พอจะเข้าใจได้ว่าสถานการณ์ให้ทำอะไร แต่สาเหตุของปัญหาหนูไม่มั่นใจ ไม่กล้าตอบกลัวจะผิด...”

(นักเรียนคนที่ 5 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“...ไม่เข้าใจว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหามันดูยังไงครับ...”

(นักเรียนคนที่ 4 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

1.2 การหารูปแบบของปัญหา พบว่า

1.2.1 นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้บ้างแต่ครูยังต้องคอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อมูลที่สืบค้น ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....หนูดูข้อมูลจากสถานการณ์ที่ครูให้มาค่ะ แล้วก็ค้นเพิ่มจากคีย์เวิร์ดในสถานการณ์ แต่ว่าข้อมูลที่ค้นเองหาไม่ค่อยเจอเลยค่ะ ไม่รู้ว่าจะค้นจากที่ไหนบ้าง...”

(นักเรียนคนที่ 10 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“....ผมค้นแล้วให้เพื่อนในกลุ่มช่วยดู ไม่แน่ใจว่าข้อมูลถูกต้องไหม...”

(นักเรียนคนที่ 17 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

1.2.2 นักเรียนบางส่วนทำไม่ทันเวลา ทำให้ไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ของปัจจัยหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....รวบรวมไม่ค่อยทันเลยครับ รู้สึกว่าเวลามันหมดเร็ว ส่วนข้อมูลที่ได้มาก็ไม่รู้มันเกี่ยวข้องกันยังไง...”

(นักเรียนคนที่ 9 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“....ผมไม่รู้ว่าต้องดูความความสัมพันธ์ของข้อมูลยังไง บางข้อมูลก็ยังหาไม่เจอ...”

(นักเรียนคนที่ 14 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

1.3 การคิดเชิงนามธรรม พบว่า

1.3.1 นักเรียนบางคนไม่กล้าที่จะเสนอแนวคิด เนื่องจากไม่มั่นใจในคำตอบของตนเอง ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....ผมไม่รู้จะเสนอแนวทางแก้ปัญหาอย่างไร แต่ผมเห็นด้วยกับสิ่งที่เพื่อนเสนอมา ซึ่งก็ไม่รู้ว่ามันจะถูกต้องไหม...”

(นักเรียนคนที่ 20 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“....ผมไม่กล้าเสนอเพื่อน เพราะผมคิดแบบไม่ค่อยมีหลักการเท่าไหร่...”

(นักเรียนคนที่ 4 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

1.3.2 นักเรียนยังขาดความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา จึงไม่สามารถแยกส่วนที่สำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....ผมไม่มั่นใจแนวคำตอบผม เลยทำคล้าย ๆ เพื่อนคนอื่น แต่ก็ไม่แน่ใจว่าเลือกแนวทางแก้ปัญหาถูกต้องไหม...”

(นักเรียนคนที่ 22 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“....หนูเห็นด้วยกับคำตอบของเพื่อนนะคะ เพราะหนูก็ยังไม่ค่อยเข้าใจในสถานการณ์...”

(นักเรียนคนที่ 19 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

1.4 การออกแบบขั้นตอนวิธี พบว่า

1.4.1 นักเรียนขาดการวางแผนการทำงานที่เป็นระบบ ยังแบ่งบทบาทหน้าที่ภายในกลุ่มไม่ชัดเจน ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....เพื่อนในกลุ่มบอกให้ผมทำก่อนเลย ผมเลยทำแบบลองผิดลองถูกครับ...”

(นักเรียนคนที่ 2 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“....เพิ่งมารู้ตอนทำใกล้จะเสร็จค่ะว่าต้องแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วย...”

(นักเรียนคนที่ 20 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

1.4.2 นักเรียนยังไม่สามารถบอกขั้นตอนการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....หนูลองออกแบบให้เสร็จก่อน แล้วค่อยเขียนหลักการทำงานค่ะ คิดว่ามันง่ายดี...”

(นักเรียนคนที่ 8 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“....ไม่ได้เขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาตั้งแต่แรกครับ รอให้เพื่อนในกลุ่มทำชิ้นงานเสร็จก่อน...”

(นักเรียนคนที่ 22 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

2. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกิจกรรมการเรียนรู้

2.1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....รู้สึกแปลกใหม่ดีครับ แต่ผมไม่รู้จะเริ่มยังไงก่อนดี บางขั้นตอนผมยังงงอยู่เลย...”

(นักเรียนคนที่ 7 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“....สถานการณ์น่าสนใจดีครับ แต่มันค่อนข้างยากสำหรับผม...”

(นักเรียนคนที่ 17 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

2.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาหรืออุปสรรค พบว่า เวลาให้ทำกิจกรรมในแต่ละขั้นค่อนข้างจำกัด ทำให้ต้องรีบเร่งในการทำกิจกรรม ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....อยากได้เวลาในการทำกิจกรรมมากกว่านี้ค่ะ บางขั้นตอนยังไม่เสร็จเลยต้องรีบไปทำขั้นตอนถัดไปแล้ว...”

(นักเรียนคนที่ 8 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“....ยังงงกับสถานการณ์เลยครับ ผมคิดไม่ทันเพื่อน...”

(นักเรียนคนที่ 2 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

2.3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเพิ่ม/ลดกิจกรรม พบว่า นักเรียนต้องการให้ครูช่วยแนะนำแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับใช้ในการสืบค้นข้อมูลในการหาคำตอบ ในส่วนของเนื้อหาและสื่อนักเรียนมีความสนใจแต่อยากให้มีภาพประกอบมากขึ้น โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

“....อยากให้ครูช่วยแนะนำเพิ่มเติมในการค้นหาข้อมูลค่ะ ไม่รู้ว่าทำมาถูกทางไหม...”

(นักเรียนคนที่ 5 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“....อ่านแค่สถานการณ์ตอนแรกยังไม่เข้าใจค่ะ ถ้ามีรูปภาพเยอะๆน่าจะเข้าใจง่ายค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 10 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา สามารถสรุปได้ว่า ด้านความสามารถในการคิดเชิง

คำนวณ นักเรียนยังไม่สามารถระบุปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ นักเรียนที่สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแก้ปัญหาไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ของปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันได้ ส่งผลให้การเสนอแนวทางการแก้ปัญหาและการเลือกแนวทางที่จะใช้แก้ปัญหามีค่อนข้างจำกัด อีกทั้งยังส่งผลให้การออกแบบและสร้างต้นแบบยังไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา ในส่วนของด้านความคิดเห็นเกี่ยวกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ไม่มีการวางแผนในการทำกิจกรรม แต่ยังคงให้ความสนใจกับตัวอย่างสถานการณ์ปัญหา และเวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างจำกัด

1.3.3 นอกจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้นำผลการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และข้อมูลจากการทำแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาสำหรับนำไปใช้ในการสะท้อนผล ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 พบว่านักเรียนไม่คุ้นเคยกับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ในแต่ละกลุ่มจะมีนักเรียนเพียง 1-2 คนที่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมและคอยสอบถามครูเป็นระยะ ในขณะเดียวกันครูก็คอยกระตุ้นให้นักเรียนส่วนใหญ่ทำกิจกรรมช่วยเพื่อนในกลุ่มอยู่ตลอด จากการสรุปข้อมูลการเขียนตอบในแบบบันทึกกิจกรรมพบว่าในการระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมาย นักเรียนยังระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งยังไม่สามารถบอกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ ทำให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ไม่ครบถ้วน ทำให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนเลือกที่จะเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมมาได้ กล่าวคือ นักเรียนเสนอแนวทางการแก้ปัญหาตามความคิดเห็นของนักเรียนโดยไม่อาศัยหลักการหรือทฤษฎีได้จากการรวบรวมข้อมูล ทำให้การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 พบว่านักเรียนในแต่ละกลุ่มมีการพูดคุยกันเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหามากขึ้น แต่ยังไม่คุ้นชินกับสถานการณ์ปัญหา ครูยังต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมช่วยเพื่อนในกลุ่ม จากการสรุปข้อมูลการเขียนตอบในแบบบันทึกกิจกรรมพบว่าในการระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมาย นักเรียนเริ่มระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถบอกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ ทำให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ไม่ครบถ้วน ส่งผลให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนมีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมมาได้แต่ก็ยังไม่ครบถ้วน ส่งผลให้การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนยังไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พบว่านักเรียนเริ่มมีความคุ้นเคยกับการทำกิจกรรมในแต่ละกลุ่มมีการพูดคุยกันเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา แต่นักเรียนมักจะกังวลกับแนวคำตอบของตัวเองโดยคอยถามครูตลอดเวลา นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมมากขึ้นแต่ยังขาดการวางแผนการทำงาน ทำให้ชิ้นงานของนักเรียนบางกลุ่มทำไม่เสร็จภายในเวลาที่กำหนด ส่งผลให้นักเรียนไม่ได้ทดสอบชิ้นงาน จากการสรุปข้อมูลการเขียนตอบในแบบบันทึกกิจกรรมพบว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายได้ แต่ยังคงระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้เพียงบางส่วน ทำให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ไม่ครบถ้วน นักเรียนมีการระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนมีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมมาได้หลากหลายมากขึ้น ส่งผลให้การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 พบว่า นักเรียนบางส่วนให้ความสนใจและกระตือรือร้นในการร่วมทำกิจกรรมการเรียนรู้ แต่นักเรียนส่วนมากยังไม่เข้าใจสถานการณ์ที่กำหนด สังเกตได้จากการทำกิจกรรมซึ่งจะมีนักเรียนคนเดิม ๆ ที่ร่วมตอบคำถามในการทำกิจกรรม ในขั้นกำหนดเป้าหมายนักเรียนบางส่วนสามารถระบุปัญหา กำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนได้ แต่ยังไม่สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดได้ ซึ่งครูคอยให้คำแนะนำในช่วงแรก ในขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล นักเรียนบางคนสามารถรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่นักเรียนบางคนไม่ลงมือปฏิบัติไม่ช่วยเพื่อน ซึ่งครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนกลุ่มนี้ใช้เทคโนโลยีในการรวบรวมและตรวจสอบข้อมูลช่วยเพื่อน ในขั้นเสนอแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนบางคนสามารถเสนอแนวทางการแก้ปัญหาได้ แต่ยังไม่หลากหลาย ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจในสถานการณ์ปัญหาปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้ในขั้นการเลือกแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนได้แนวทางที่จะใช้แก้ปัญหาอย่างจำกัด ในขั้นการออกแบบและสร้างต้นแบบ นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือในการออกแบบและสร้างต้นแบบ มีความกระตือรือร้นแต่ยังขาดการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ ทำให้นักเรียนหลายกลุ่มทำไม่ทันในเวลาที่กำหนด และในขั้นประเมินผลงาน นักเรียนส่วนมากยังขาดความมั่นใจในผลงานตัวเอง มีการเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นปรับเปลี่ยนผลงานของกลุ่มตลอดเวลา ทำให้ผลงานไม่เป็นตามที่วางแผนไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนไม่คุ้นเคยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน

1.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ แบบสัมภาษณ์นักเรียน และบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำสรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อนำไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 แสดงปัญหาและแนวทางการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถระบุปัญหาที่ชัดเจนได้ รวมทั้งไม่สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้	ครูใช้คำถามนำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาโดยไม่มีถูกผิด เช่น สถานการณ์ดังกล่าวพูดถึงประเด็นอะไรบ้าง?
2. การหารูปแบบของปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้บ้างแต่ครูยังต้องคอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อมูลที่สืบค้น อีกทั้งยังไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ของปัจจัยหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้	1. ครูแนะนำให้นักเรียนเริ่มค้นหาจากคำสำคัญ (keyword) ที่ได้จากการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา 2. ครูเตรียมแหล่งสื่อและแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนได้ค้นคว้าข้อมูล และในขณะทำกิจกรรมให้ครูมีการชี้แนะแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมให้กับนักเรียน
3. การคิดเชิงนามธรรม พบว่า นักเรียนบางคนไม่กล้าที่จะเสนอแนวคิด เนื่องจากไม่มั่นใจในคำตอบของตนเอง อีกทั้งยังขาดความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา	ครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องรวมทั้งความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี พบว่า นักเรียนขาดการวางแผนการทำงานที่เป็นระบบ อีกทั้งยังไม่สามารถบอกขั้นตอนการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา	1. ครูใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ปัญหากับความรู้ที่ต้องนำมาใช้ เช่น เริ่มต้นจากอะไร แล้วจะทำอะไรต่อจากนี้
5. นักเรียนต้องการเวลาในการทำกิจกรรมเพิ่ม	ปรับกิจกรรมในแต่ละขั้นให้กระชับ กระตุ้นให้นักเรียนในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นด้วยการแสดงเวลาให้นักเรียนเห็น

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

2.1 ขั้นวางแผน (Plan)

หลังจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติที่ 1 แล้วนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยครูคอยกระตุ้นนักเรียนให้อ่านสถานการณ์ปัญหาให้ละเอียดเพื่อทำความเข้าใจปัญหาในกลุ่มตนเอง ยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ใช้ภาพประกอบเป็นสื่อเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพ แล้วสามารถระบุปัญหาและปัจจัยที่นักเรียนคิดว่าเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนได้นำปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ไปใช้ในการสืบค้นข้อมูล หาความสัมพันธ์ต่าง ๆ ได้ ผู้วิจัยได้มีการรวบรวมสื่อและแหล่งข้อมูลที่สำคัญเพิ่มเติมสำหรับนำมาใช้ในกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้เลือกใช้ในการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าถึงสื่อได้เร็วและกระชับเวลาในการทำกิจกรรมได้ ชี้แจงนักเรียนเพิ่มเติมถึงความสำคัญของการร่วมกันเสนอแนวทางแก้ปัญหาและการตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหา เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนในการออกแบบและและสร้างต้นแบบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งในขั้นประเมินผล หลังจากที่นักเรียนนำเสนอ ครูและนักเรียนจะร่วมกันสรุปเชื่อมโยงเกี่ยวกับเนื้อหารายวิชาเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจอย่างถูกต้อง

2.2 ขั้นการปฏิบัติการ (Action)

ดำเนินการนำแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาที่ผู้วิจัยปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 หลักของอาร์คิมีดิส

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การลอยและการจมของวัตถุ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 แรงพยุงของของเหลว

2.3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

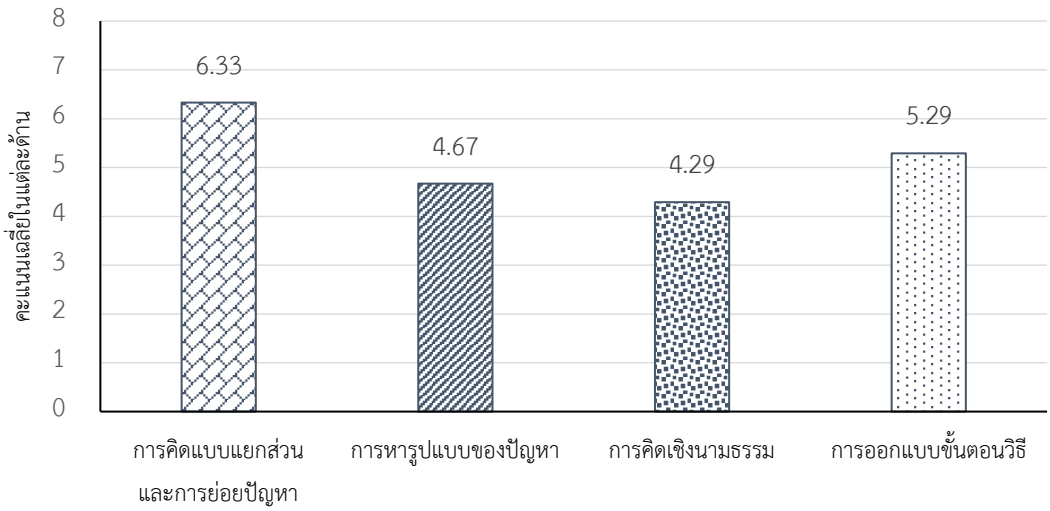
2.3.1 ผู้วิจัยดำเนินการวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนครบทั้ง 3 แผนการเรียนรู้ ด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ พบว่ามีผลดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

นักเรียนคนที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนนที่ได้ (รวม 32 คะแนน)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70)
	การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา (8 คะแนน)	การหารูปแบบของปัญหา (8 คะแนน)	การคิดเชิงนามธรรม (8 คะแนน)	การออกแบบขั้นตอนวิธี (8 คะแนน)			
2	5	5	4	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
3	7	5	5	6	23	71.88	ผ่าน
4	7	4	6	7	24	75.00	ผ่าน
5	5	4	2	4	15	46.88	ไม่ผ่าน
6	8	5	6	6	25	78.13	ผ่าน
7	8	5	4	6	23	71.88	ผ่าน
8	5	4	2	3	14	43.75	ไม่ผ่าน
9	6	4	5	5	20	62.50	ไม่ผ่าน
10	5	5	4	4	18	56.25	ไม่ผ่าน
11	5	4	5	5	19	59.38	ไม่ผ่าน
13	5	4	4	3	16	50.00	ไม่ผ่าน
14	8	6	4	5	23	71.88	ผ่าน
15	6	4	4	4	18	56.25	ไม่ผ่าน
17	5	4	5	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
19	6	4	4	5	19	59.38	ไม่ผ่าน
20	5	5	4	6	20	62.50	ไม่ผ่าน
21	8	6	5	5	24	75.00	ผ่าน
22	6	4	5	6	21	65.63	ไม่ผ่าน
23	7	6	4	7	24	75.00	ผ่าน
24	8	4	4	5	21	65.63	ไม่ผ่าน
26	8	6	4	7	25	78.13	ผ่าน
เฉลี่ย	6.33	4.67	4.29	5.29	20.57	64.29	-

นักเรียนคนที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนนที่ได้ (รวม 32 คะแนน)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70)
	การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา (8 คะแนน)	การหารูปแบบของปัญหา (8 คะแนน)	การคิดเชิงนามธรรม (8 คะแนน)	การออกแบบขั้นตอนวิธี (8 คะแนน)			
S.D.	1.28	0.80	1.01	1.19	-	-	-

จากตารางที่ 21 สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา โดยกลุ่มเป้าหมายจำนวน 21 คน พบว่า มีนักเรียนที่มีคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 8 คน และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน พิจารณาคะแนนเป็นองค์รวมนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณรวมเฉลี่ยเท่ากับ 20.57 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.29 ในขณะที่เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายด้านที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีคะแนนรวมด้านละ 8 คะแนน แสดงดังภาพ 4



ภาพที่ 4 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพที่ 4 เมื่อวิเคราะห์คะแนนรายด้าน พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนด้านการคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 6.33 คะแนน

รองลงมาคือด้านการออกแบบขั้นตอนวิธี มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.29 คะแนน ด้านการหารูปแบบของปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยด้านการคิดเชิงนามธรรมมีค่าต่ำสุด ซึ่งเท่ากับ 4.29 คะแนน

2.3.2 ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยจะสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงกิจกรรมให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นได้ ดังนี้

1. ด้านความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

1.1 การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา พบว่า

1.1.1 นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่ชัดเจนและกำหนดเป้าหมายได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...อ่านจากสถานการณ์ และคาดเดาจากบริบทครับ...”

(นักเรียนคนที่ 24 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“...ผมดูจากสถานการณ์ครับ บางอันก็ถามค่อนข้างชัดเจนเลยนะครับ...”

(นักเรียนคนที่ 22 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

1.1.2 นักเรียนเริ่มระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...ดูจากปัญหาที่ครูให้มา มันน่าจะเกี่ยวกับการลอยการจมนะครับ...”

(นักเรียนคนที่ 19 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“...ในสถานการณ์เหมือนจะบอกค่าต่าง ๆ มาให้ด้วยค่ะ หนูว่าน่าจะเกี่ยวข้องกับปัญหานะคะ...”

(นักเรียนคนที่ 5 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

1.2 การหารูปแบบของปัญหา พบว่า

1.2.1 นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....สืบค้นจากแหล่งที่ครูแนะนำเลยครับ เจอเป็นสมการแต่ก็ไม่รู้ว่าถูกไหม...”

(นักเรียนคนที่ 9 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....กลุ่มหนูช่วยกันค้นค่ะ เข้าใจว่าต้องเกี่ยวกับสมการอะไรสักอย่าง...”

(นักเรียนคนที่ 19 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

1.2.2 นักเรียนเริ่มบอกความสัมพันธ์ของปัจจัยหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ แต่ครูยังต้องคอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อมูลที่สืบค้น ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....ต้องอ่านทวนหลาย ๆ รอบค่ะ กว่าจะเข้าใจว่าเกี่ยวข้องกันยังไง ช่วยกันเช็คคำตอบในกลุ่มด้วยค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 15 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....กลุ่มผมค้นเจอแต่สมการครับ ไม่ค่อยแน่ใจ ก็เลยทำไปก่อนครับ แล้วค่อยถามครูอีกที...”

(นักเรียนคนที่ 17 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

1.3 การคิดเชิงนามธรรม พบว่า

1.3.1 นักเรียนเริ่มที่จะเสนอแนวคิดที่จะใช้แก้ปัญหา แต่ยังขาดเหตุผลหรือหลักการมาสนับสนุน ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....ผมเคยเสนอไอเดียไปนะ แต่เพื่อนบอกว่ามันทำไม่ได้ ผมอาจจะยังไม่เข้าใจหลักการเรื่องนี้...”

(นักเรียนคนที่ 20 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....หนูลองเสนอแนวคิดด้วยนะคะ แต่ไม่ค่อยมีหลักการเท่าไหร่...”

(นักเรียนคนที่ 5 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

1.3.2 นักเรียนบางคนเริ่มเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา แต่ยังไม่สามารถแยกส่วนที่สำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....หนูเพิ่งเข้าใจว่าสิ่งที่อยู่ในสถานการณ์ที่ครูให้มา บางอย่างมันไม่จำเป็นต้องนำมาใช้แก้ปัญหาทั้งหมด...”

(นักเรียนคนที่ 13 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....ผมไม่รู้ว่าต้องตัดส่วนไหนออก ก็นึกว่ามันเกี่ยวข้องกันหมดครับ...”

(นักเรียนคนที่ 9 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

1.4 การออกแบบขั้นตอนวิธี พบว่า

1.4.1 นักเรียนมีการวางแผนการทำงานที่เป็นระบบ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....ผมและเพื่อนช่วยกันสร้างชิ้นงาน พอทำเสร็จผมก็เอาไปทดสอบแล้วเอากลับมาปรับปรุงให้ดีขึ้น...”

(นักเรียนคนที่ 11 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....กลุ่มเราแบ่งงานกันครับ ผมช่วยออกแบบชิ้นงาน แล้วก็ลองนำไปทดสอบ...”

(นักเรียนคนที่ 24 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

1.4.2 นักเรียนเริ่มที่จะบอกขั้นตอนการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....เพื่อนมอบหมายให้หนูเขียนขั้นตอนการทำชิ้นงานไปพร้อม ๆ กับเพื่อนขณะสร้างชิ้นงานค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 10 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....เขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้คร่าว ๆ แล้วค่อยมาเช็คอีกทีค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 13 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

2. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกิจกรรมการเรียนรู้

2.1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนเริ่มคุ้นเคยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษามากขึ้น นักเรียนให้ความสนใจกับสถานการณ์ปัญหา ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....แปลกใหม่ดีครับ พวกผมต้องคอยลุ้นว่าวันนี้ครูจะมีสถานการณ์อะไรมาให้ทำอีก...”

(นักเรียนคนที่ 2 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....ผมไม่ค่อยได้เนื้อหาเรื่องนี้เลย แต่พอได้ทำกิจกรรมที่ครูเตรียมมาก็สนุกไปอีกแบบ...”

(นักเรียนคนที่ 17 , 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

2.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาหรืออุปสรรค พบว่า นักเรียนไม่มีปัญหาและอุปสรรคในการทำกิจกรรม สมาชิกในกลุ่มส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....ไม่มีครับ ตรงไหนผมทำไม่ได้ก็ให้เพื่อนในกลุ่มช่วย...”

(นักเรียนคนที่ 2 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

“....ไม่มีค่ะ ครูพาทำกิจกรรมคล้าย ๆ สัปดาห์ที่แล้วเลย...”

(นักเรียนคนที่ 13 , 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

2.3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเพิ่ม/ลดกิจกรรม พบว่า นักเรียนต้องการให้ครูคอยช่วยแนะนำโดยเฉพาะในขั้นการเลือกแนวทางแก้ปัญหา และขั้นการออกแบบและสร้างต้นแบบ โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....จริง ๆ อยากให้ครูคอยไกด์ตลอดเวลาเลยว่าพวกหนูทำถูกทางไหม...”

(นักเรียนคนที่ 5, 1 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....ตอนที่ประดิษฐ์บ้านลอยน้ำ อยากให้มีการทดสอบชิ้นงานบ่อย ๆ...”

(นักเรียนคนที่ 20, 23 กุมภาพันธ์ 2567 : สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา สามารถสรุปได้ว่า ในด้านความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ นักเรียนเริ่มที่จะระบุปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ นักเรียนมีการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแก้ปัญหา สามารถบอกความสัมพันธ์ของปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันได้บ้าง ส่งผลให้การเสนอแนวทางการแก้ปัญหาและการเลือกแนวทางที่จะใช้แก้ปัญหามีมากขึ้นแต่ก็ยังขาดเหตุผลหลักการที่สนับสนุนแนวทางแก้ปัญหานั้น ๆ ทำให้นักเรียนยังไม่สามารถแยกส่วนที่ไม่สำคัญออกจากส่วนสำคัญได้ ในขณะที่การออกแบบและสร้างต้นแบบมีสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งยังบอกขั้นตอนวิธีการทำงานได้เป็นส่วนใหญ่ ในส่วนของด้านความคิดเห็นเกี่ยวกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนเริ่มคุ้นเคยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ให้ความสนใจกับตัวอย่างสถานการณ์ปัญหามากขึ้น มีการแบ่งบทบาทหน้าที่ภายในกลุ่ม และนักเรียนส่วนใหญ่ทำกิจกรรมและงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จทันเวลา

2.3.3 นอกจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้นำผลการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และข้อมูลจากการทำแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาสำหรับนำไปใช้ในการสะท้อนผล ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 พบว่านักเรียนมีการพูดคุยกันเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาภายในกลุ่ม มีการแบ่งบทบาทหน้าที่กันเพื่อให้การทำกิจกรรมเสร็จภายในเวลา ช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม นักเรียนคนที่ไม่เคยออกมานำเสนออาสาที่จะนำเสนอชิ้นงานของกลุ่มตนเองมากขึ้น จากการสรุปข้อมูลการเขียนตอบในแบบบันทึกกิจกรรมพบว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายได้ สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน นักเรียนมีการระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนมีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมมาได้หลากหลายมากขึ้น ส่งผลให้การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 พบว่านักเรียนมีการพูดคุยกันเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาภายในกลุ่ม มีการแบ่งบทบาทหน้าที่กันเหมือนเดิม แต่ครูต้องคอยกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมเสร็จทันเวลา เนื่องจากนักเรียนบางคนเข้าเรียนสาย เริ่มมีความเฉื่อย โดยสังเกตจากนักเรียนบางคนในกลุ่มเกี่ยงกันทำงาน บางคนไม่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม ทั้งนี้อาจเป็น

เพราะสถานการณ์ปัญหาไม่มีความน่าสนใจและไม่ท้าทายนักเรียน จากการสรุปข้อมูลการเขียนตอบในแบบบันทึกกิจกรรมพบว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายได้ สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน นักเรียนมีการระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนมีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมมาได้ค่อนข้างจำกัด ส่งผลให้การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนยังไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 พบว่านักเรียนมีความตื่นเต้นและสนุกกับการทำกิจกรรมมากขึ้นโดยอาศัยการชี้แนะของครูน้อยลง ในแต่ละกลุ่มมีการพูดคุยกันเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา มีการวางแผนการทำงานภายในกลุ่ม ชิ้นงานของนักเรียนทุกกลุ่มทำเสร็จภายในเวลาที่กำหนด แต่ยังคงใช้เวลาในการเตรียมนำเสนอมากเกินไป ส่งผลให้นักเรียนได้ทดสอบชิ้นงานและแก้ไขข้อบกพร่องของชิ้นงานด้วยระยะเวลาที่จำกัด จากการสรุปข้อมูลการเขียนตอบในแบบบันทึกกิจกรรมพบว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายได้ รวมทั้งระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ ทำให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน นักเรียนมีการระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนมีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมมาได้หลากหลายมากขึ้น ส่งผลให้การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและกระตือรือร้นในการร่วมทำกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น มีการพูดคุยสอบถามกันภายในกลุ่มมากขึ้น ในขั้นกำหนดเป้าหมาย นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหา กำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนได้ สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดได้ ในขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล นักเรียนส่วนใหญ่มีการแบ่งหน้าที่กันสืบค้นข้อมูล สามารถรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็ว โดยครูคอยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนน้อยที่ยังไม่ได้รับบทบาทหน้าที่ช่วยเพื่อนในกลุ่ม ในขั้นเสนอแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเสนอแนวทางการแก้ปัญหาได้ มีความหลากหลายมากขึ้น ส่งผลให้ในขั้นการเลือกแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนได้แนวทางที่จะใช้แก้ปัญหาเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีเหตุผลสนับสนุนการตัดสินใจด้วย ในขั้นการออกแบบและสร้างต้นแบบ นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือในการออกแบบและสร้างต้นแบบ มีความกระตือรือร้นมีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ โดยครูคอยเตือนโดยใช้นาฬิกาจับเวลาตลอดเวลา ทำให้นักเรียนหลายกลุ่มทำงานทันในเวลาที่กำหนด และในขั้นประเมินผลงาน ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลงาน ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความกระตือรือร้นอยากที่จะนำผลงานของกลุ่มตัวเองไปปรับปรุงให้ดีขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียน

เริ่มคุ้นเคยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา

2.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ แบบสัมภาษณ์นักเรียน และบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำสรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อนำไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 แสดงปัญหาและแนวทางการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. นักเรียนบางคนเข้าห้องเรียนช้า เมื่อรู้ว่าครูจะมีการจัดการเรียนการสอนเป็นกลุ่มอีก	ให้เพื่อนในกลุ่มช่วยตาม และครูนัดหมายนักเรียนเป็นรายบุคคล
2. ใช้เวลาในการเตรียมและนำเสนอผลงานนานเกินไป	ครูให้นักเรียนลุกขึ้นนำเสนอที่โต๊ะนักเรียนแทนการออกมานำเสนอหน้าห้องเรียน

3.วงจรปฏิบัติการที่ 3

3.1 ขั้นวางแผน (Plan)

หลังจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติที่ 2 แล้วนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยครูยังคอยกระตุ้นนักเรียนให้อ่านสถานการณ์ปัญหาให้ละเอียดเพื่อทำความเข้าใจปัญหาในกลุ่มตนเอง มีการยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ใช้ภาพประกอบเป็นสื่อเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพ กระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหาและปัจจัยที่นักเรียนคิดว่าเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา กระตุ้นให้นักเรียนสังเกตหาความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องผ่านการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าถึงสื่อได้เร็วและกระชับเวลาในการทำกิจกรรมได้ ครูกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา ครูจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานบางส่วนเพื่อลดเวลากิจกรรมในขั้นตอนในการออกแบบและและสร้างต้นแบบ อีกทั้งในขั้นประเมินผล หลังจากที่นักเรียนนำเสนอครูและนักเรียนจะร่วมกันสรุปและอภิปราย เพื่อวิเคราะห์ข้อดีข้อเสีย ข้อควรปรับปรุงของชิ้นงาน อีกทั้งเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับเนื้อหารายวิชาเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจอย่างถูกต้อง

3.2 ขั้นการปฏิบัติการ (Action)

ดำเนินการนำแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาที่ผู้วิจัยปรับปรุงแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เพื่อพัฒนา

ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 สมการความต่อเนื่อง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 หลักของแบร์นูลลี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 การประยุกต์หลักการแบร์นูลลี

3.3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

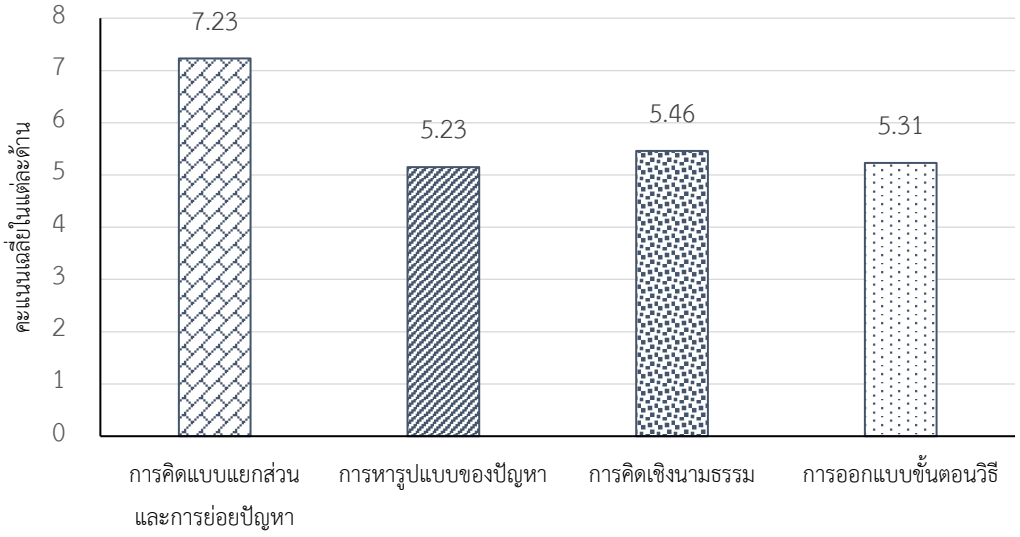
3.3.1 ผู้วิจัยดำเนินการวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนครบทั้ง 3 แผนการเรียนรู้ ด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ พบว่ามีผลดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

นักเรียนคนที่	**คะแนนแต่ละองค์ประกอบ**				**คะแนนที่ได้ (รวม 32 คะแนน)**	**ร้อยละ**	**ผลการประเมิน (ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70)**
	การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา (8 คะแนน)	**การหารูปแบบของปัญหา (8 คะแนน)**	**การคิดเชิงนามธรรม (8 คะแนน)**	**การออกแบบขั้นตอนวิธี (8 คะแนน)**			
2	6	6	6	6	24	75.00	ผ่าน
5	8	5	5	6	24	75.00	ผ่าน
8	8	5	6	4	23	71.88	ผ่าน
9	8	5	6	6	25	78.13	ผ่าน
10	8	6	6	6	26	81.25	ผ่าน
11	6	6	6	5	23	71.88	ผ่าน
13	6	4	5	4	19	59.38	ไม่ผ่าน
15	6	4	4	5	19	59.38	ไม่ผ่าน
17	8	6	6	4	24	75.00	ผ่าน
19	8	5	4	6	23	71.88	ผ่าน
20	6	6	6	6	24	75.00	ผ่าน
22	8	4	5	6	23	71.88	ผ่าน
24	8	6	6	5	25	78.13	ผ่าน

นักเรียนคนที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนนที่ได้ (รวม 32 คะแนน)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70)
	การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา (8 คะแนน)	การหารูปแบบของปัญหา (8 คะแนน)	การคิดเชิงนามธรรม (8 คะแนน)	การออกแบบขั้นตอนวิธี (8 คะแนน)			
เฉลี่ย	7.23	5.23	5.46	5.31	23.23	72.60	-
S.D.	1.01	0.83	0.78	0.85	-	-	-

จากตารางที่ 23 สำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา โดยกลุ่มเป้าหมายจำนวน 13 คน พบว่า มีนักเรียนที่มีคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 11 คน และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน พิจารณาคะแนนเป็นองค์รวมนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณรวมเฉลี่ยเท่ากับ 23.23 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.60 ในขณะที่เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายด้านที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีคะแนนรวมด้านละ 8 คะแนน แสดงดังภาพ 5



ภาพที่ 5 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากภาพที่ 5 เมื่อวิเคราะห์คะแนนรายด้าน พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนด้านการคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 7.23 คะแนน รองลงมาคือด้านการคิดเชิงนามธรรม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.46 คะแนน ด้านการออกแบบขั้นตอนวิธีมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.31 คะแนน ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยด้านการหารูปแบบของปัญหามีค่าต่ำสุด ซึ่งเท่ากับ 5.23 คะแนน

3.3.2 ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์นักเรียนบางส่วนทั้งที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงกิจกรรมให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นได้ ดังนี้

1. ด้านความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

1.1 การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา

1.1.1 พบว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาและกำหนดเป้ามายที่ชัดเจนได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...คาดเดาจากสถานการณ์ที่ให้มาค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 4 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“...อ่านจากสถานการณ์เลยครับ คล้าย ๆ กับคาบที่ผ่านมา...”

(นักเรียนคนที่ 22 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

1.1.2 นักเรียนสามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“...อ่านจากสถานการณ์ที่ครูให้มาครับ และดูว่าจากสถานการณ์ให้ข้อมูลสำคัญอะไรมาบ้าง...”

(นักเรียนคนที่ 25 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“...ดูว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์น่าจะเป็นสิ่งที่นำไปค้นหาต่อได้ค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 19 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

1.2 การหารูปแบบของปัญหา พบว่า นักเรียนเริ่มบอกความสัมพันธ์ของปัจจัยหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....เอาคีย์เวิร์ดจากข้อที่ผ่านมา ค้นหาในเน็ตครับ มันน่าจะเกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรากำลังเรียน...”

(นักเรียนคนที่ 18 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....ดูความสัมพันธ์ตามสมการค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 20 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

1.3 การคิดเชิงนามธรรม พบว่า นักเรียนบางคนเริ่มแยกส่วนที่ไม่สำคัญออกจากส่วนที่สำคัญได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....ตัวแปรบางอย่างก็ไม่มีในสมการ หนูเลยคิดว่าไม่น่าจะได้นำมาใช้ต่อเลยตัดออก...”

(นักเรียนคนที่ 13 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....เลือกแนวทางแก้ปัญหาที่มันสอดคล้องกับข้อมูลที่สืบค้นมาครับ...”

(นักเรียนคนที่ 14 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

1.4 การออกแบบขั้นตอนวิธี พบว่า นักเรียนสามารถบอกขั้นตอนการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....เขียนเป็นแผนผังแสดงลำดับก่อน-หลังครับ...”

(นักเรียนคนที่ 6 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....หนูเขียนอธิบายลงในขั้นตอนออกแบบในแบบบันทึกกิจกรรมค่ะ...”

(นักเรียนคนที่ 1 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

2. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกิจกรรมการเรียนรู้

2.1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนสนุกและตื่นเต้นกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษามากขึ้น นักเรียนให้ความสนใจกับสถานการณ์ปัญหา ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....ผมเคยเห็นพัดลมไร้ใบพัดในห้าง เพิ่งเข้าในหลักการทำงานของมันก็ตอนลงมือทำเองครับ...”

(นักเรียนคนที่ 24 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....ดีเลยครับ ผมเพิ่งได้มีส่วนร่วมกับเพื่อนก็ตอนทำงานกลุ่มครับ...”

(นักเรียนคนที่ 2 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

2.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาหรืออุปสรรค พบว่า นักเรียนไม่มีปัญหาและอุปสรรคในการทำกิจกรรม สมาชิกในกลุ่มส่วนใหญ่ให้ความร่วมมือ ซึ่งสรุปจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....ไม่มีค่ะ กลุ่มหนูทำงานเป็นทีม...”

(นักเรียนคนที่ 11 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....ไม่มีครับ...”

(นักเรียนคนที่ 17 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

2.3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเพิ่ม/ลดกิจกรรม พบว่า ในขั้นการเลือกแนวทางแก้ปัญหาและขั้นการออกแบบและสร้างต้นแบบนักเรียนกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม มักจะมีการเปรียบเทียบชิ้นงานกับกลุ่มอื่น โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“....กลุ่มผมทำออกมาสวยและมีประสิทธิภาพมากกว่าอีกกลุ่มครับครู...”

(นักเรียนคนที่ 19 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

“....ชิ้นงานกลุ่มพวกหนูยังใช้งานได้ไม่มีเลย ขอเอากลับไปแก้ไขมาส่งใหม่นะคะ...”

(นักเรียนคนที่ 1 , 8 มีนาคม 2567 : สัมภาษณ์)

จากการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา สามารถสรุปได้ว่า ในด้านความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ นักเรียนสามารถระบุปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ นักเรียนมีการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแก้ปัญหา สามารถบอกความสัมพันธ์ของปัจจัยหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องกันได้ ส่งผลให้การเสนอแนวทางการแก้ปัญหาและการเลือกแนวทางที่จะใช้แก้ปัญหามีมากขึ้น มีนักเรียนส่วนน้อยยังขาดเหตุผลหลักการที่สนับสนุนแนวทางแก้ปัญหานั้น ๆ ทำให้ยังไม่สามารถแยกส่วนที่ไม่สำคัญออกจากส่วนสำคัญได้ ในขณะที่การออกแบบและสร้างต้นแบบมีสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งยังบอกขั้นตอนวิธีการทำงานได้ ในส่วนของด้านความคิดเห็นเกี่ยวกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนมีความคุ้นเคยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ให้ความสนใจกับตัวอย่างสถานการณ์ปัญหามากขึ้น นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมและงานที่ได้รับมอบหมายให้เสร็จทันเวลาและสอดคล้องแผนที่วางไว้

3.3.3 นอกจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้นำผลการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และข้อมูลจากการทำแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาสำหรับนำไปใช้ในการสะท้อนผล ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม สืบค้นและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้เร็วขึ้น นักเรียนส่วนใหญ่เริ่มกล้าที่จะเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้กับเพื่อนในกลุ่มมากขึ้น จากการสรุปข้อมูลการเขียนตอบในแบบบันทึกกิจกรรมพบว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายได้ สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน นักเรียนมีการระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนมีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมมาได้หลากหลายมากขึ้น ส่งผลให้การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 พบว่านักเรียนมีความคุ้นเคยกับการทำกิจกรรม มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม นักเรียนสามารถบอกปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ รวมทั้งออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาได้โดยอาศัยการชี้แนะของครูน้อยลง จากการสรุปข้อมูลการเขียนตอบในแบบบันทึกกิจกรรมพบว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายได้ รวมทั้งระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ ทำให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน นักเรียนมีการระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนมีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมมาได้หลากหลาย ส่งผลให้การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 พบว่า นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็นในการทำกิจกรรม เช่น วันนี้ครูเตรียมอุปกรณ์มาให้พวกผมทำอะไรครับครู นักเรียนมีการวางแผนการทำงานแบ่งบทบาทหน้าที่กันเหมือนกิจกรรมก่อนหน้า เนื่องจากสัปดาห์ที่ผ่านมานักเรียนทำกิจกรรมเสร็จทันเวลา มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม ทำให้ชิ้นงานของนักเรียนทุกกลุ่มทำเสร็จภายในเวลาที่กำหนด ส่งผลให้นักเรียนได้ทดสอบชิ้นงานและแก้ไขข้อบกพร่องของชิ้นงาน จากการสรุปข้อมูลการเขียนตอบในแบบบันทึกกิจกรรมพบว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายได้ รวมทั้งระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ ทำให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน นักเรียนมีการระบุความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนมีการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมมาได้หลากหลาย ส่งผลให้การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7-9 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและกระตือรือร้นในการร่วมทำกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น มีการพูดคุยสอบถามกันภายในกลุ่มมากขึ้น ในขั้นกำหนดเป้าหมาย นักเรียนสามารถระบุปัญหา กำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนได้ สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดได้ ในขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่กันสืบค้นข้อมูล สามารถรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้อย่างรวดเร็ว มีการนำข้อมูลที่สืบค้นได้มาแบ่งปันกันภายในกลุ่ม ในขั้นเสนอแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนสามารถเสนอแนวทางการแก้ปัญหาได้หลากหลายมากขึ้น มีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิด ส่งผลให้ในขั้นการเลือกแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนได้แนวทางที่จะใช้แก้ปัญหาที่สอดคล้องกับการแก้ปัญหา รวมทั้งมีเหตุผลสนับสนุนการตัดสินใจด้วย ในขั้นการออกแบบและสร้างต้นแบบ นักเรียนให้ความร่วมมือในการออกแบบและสร้างต้นแบบ มีความกระตือรือร้น มีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ โดยครูคอยเตือนโดยใช้นาฬิกาจับเวลาตลอดเวลา ทำให้นักเรียนหลายกลุ่มทำงานทันในเวลาที่กำหนด และในขั้นประเมินผลงาน ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลงาน นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อดี ข้อเสีย ข้อควร

ปรับปรุงเกี่ยวกับผลงานของกลุ่มตนเอง นอกจากนี้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำแบบฝึกหัดได้ด้วยตนเองโดยอาศัยความรู้และความเข้าใจจากการทำกิจกรรมมาใช้ได้

3.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ แบบสัมภาษณ์นักเรียนและบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อนำไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 แสดงปัญหาและแนวทางการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไป

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. สถานการณ์ปัญหาบางสถานการณ์มีความยากทำให้นักเรียนต้องได้รับคำชี้แนะจากครู	สถานการณ์ปัญหาบางสถานการณ์ที่มีความยาก ครูต้องปรับเนื้อหาให้เหมาะสมไม่ยากเกินไป และอธิบายลักษณะเหตุการณ์หรือยกตัวอย่างประกอบให้นักเรียนเข้าใจก่อนเริ่มลงมือทำกิจกรรม
2. ระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนบางคนยังไม่ผ่านเกณฑ์	ครูแนะนำให้นักเรียนทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาอย่างละเอียด โดยเน้นการย่อยปัญหา เพื่อหารูปแบบของปัญหา นำไปสู่การพิจารณาส่วนที่สำคัญ-ไม่สำคัญ จนถึงการออกแบบขั้นตอนวิธี

2. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

ผลการดำเนินการตามขั้นตอนในการปฏิบัติการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 26 คน ซึ่งผลการวิเคราะห์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ซึ่งมีกลุ่มเป้าหมายจำนวน 26 คน จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ โดยในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ รวม 8 ข้อ คะแนนเต็ม 32 คะแนน ซึ่งทำการทดสอบหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ นำคะแนนมาพิจารณาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 25

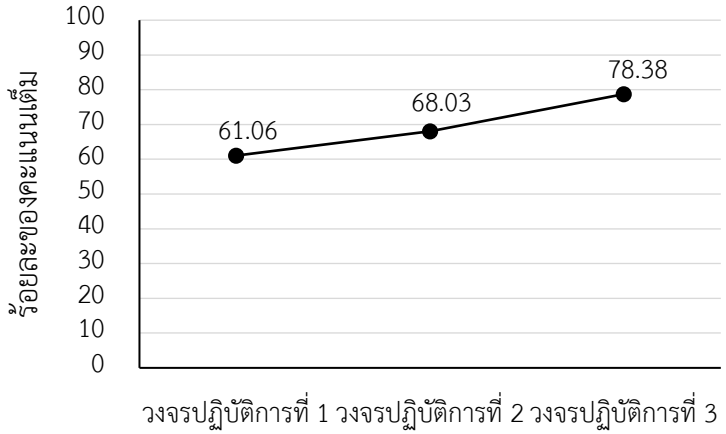
ตารางที่ 25 คะแนนรวมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

นักเรียนคนที่	คะแนนรวมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ								
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3		
	คะแนนเต็ม (32)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (32)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (32)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
1	24	75.00	ผ่าน	27	84.38	ผ่าน	30	93.75	ผ่าน
2	19	59.38	ไม่ผ่าน	20	62.50	ไม่ผ่าน	24	75.00	ผ่าน
3	19	59.38	ไม่ผ่าน	23	71.88	ผ่าน	26	81.25	ผ่าน
4	20	62.50	ไม่ผ่าน	24	75.00	ผ่าน	26	81.25	ผ่าน
5	12	37.50	ไม่ผ่าน	15	46.88	ไม่ผ่าน	24	75.00	ผ่าน
6	21	65.63	ไม่ผ่าน	25	78.13	ผ่าน	26	81.25	ผ่าน
7	21	65.63	ไม่ผ่าน	23	71.88	ผ่าน	26	81.25	ผ่าน
8	12	37.50	ไม่ผ่าน	14	43.75	ไม่ผ่าน	23	71.88	ผ่าน
9	20	62.50	ไม่ผ่าน	20	62.50	ไม่ผ่าน	25	78.13	ผ่าน
10	17	53.13	ไม่ผ่าน	18	56.25	ไม่ผ่าน	26	81.25	ผ่าน
11	19	59.38	ไม่ผ่าน	19	59.38	ไม่ผ่าน	23	71.88	ผ่าน
12	24	75.00	ผ่าน	27	84.38	ผ่าน	30	93.75	ผ่าน
13	15	46.88	ไม่ผ่าน	16	50.00	ไม่ผ่าน	19	59.38	ไม่ผ่าน
14	18	56.25	ไม่ผ่าน	23	71.88	ผ่าน	26	81.25	ผ่าน
15	17	53.13	ไม่ผ่าน	18	56.25	ไม่ผ่าน	19	59.38	ไม่ผ่าน
16	26	81.25	ผ่าน	29	90.63	ผ่าน	30	93.75	ผ่าน

นักเรียนคนที่	คะแนนรวมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ								
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3		
	คะแนนเต็ม (32)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (32)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนนเต็ม (32)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
17	20	62.50	ไม่ผ่าน	20	62.50	ไม่ผ่าน	24	75.00	ผ่าน
18	23	71.88	ผ่าน	25	78.13	ผ่าน	27	84.38	ผ่าน
19	19	59.38	ไม่ผ่าน	19	59.38	ไม่ผ่าน	23	71.88	ผ่าน
20	19	59.38	ไม่ผ่าน	20	62.50	ไม่ผ่าน	24	75.00	ผ่าน
21	19	59.38	ไม่ผ่าน	24	75.00	ผ่าน	25	78.13	ผ่าน
22	20	62.50	ไม่ผ่าน	21	65.63	ไม่ผ่าน	23	71.88	ผ่าน
23	20	62.50	ไม่ผ่าน	24	75.00	ผ่าน	26	81.25	ผ่าน
24	22	68.75	ไม่ผ่าน	21	65.63	ไม่ผ่าน	25	78.13	ผ่าน
25	23	71.88	ผ่าน	26	81.25	ผ่าน	30	93.75	ผ่าน
26	19	59.38	ไม่ผ่าน	25	78.13	ผ่าน	27	84.38	ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	19.54	61.06	-	21.77	68.03	-	25.08	78.38	-
นักเรียนคนที่ผ่านเกณฑ์	5 คน			13 คน			24 คน		
ร้อยละของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์	19.23			50.00			92.31		

จากตารางที่ 25 พบว่า คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 61.06 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 68.03 และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 78.73 จากผลดังกล่าวแสดงว่านักเรียนมี

ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสูงขึ้น เมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ



ภาพที่ 6 ร้อยละของคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

จากภาพที่ 6 แสดงให้เห็นว่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนเพิ่มมากขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 จำนวน 26 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องสมบัติเชิงกลของสาร ผู้วิจัยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัย ดังนี้ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา เรื่อง สมบัติเชิงกลของสาร จำนวน 9 แผนการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่องสมบัติเชิงกลของสาร จำนวน 3 ชุด ชุดละ 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ ซึ่งวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน 4 ด้าน คือ 1) ด้านการคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา 2) ด้านการหารูปแบบของปัญหา 3) ด้านการคิดเชิงนามธรรม และ 4) ด้านการออกแบบขั้นตอนวิธี และแบบสัมภาษณ์นักเรียน เมื่อได้รับข้อมูลจากการใช้เครื่องมือวิจัยกับกลุ่มเป้าหมายแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผล อธิปราย และข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

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

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาฟิสิกส์ ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

2. สรุปผล

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา กลุ่มเป้าหมายจำนวน 26 คน พบว่า หลังจบวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจร นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 24 คน และมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน และเมื่อพิจารณาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 19.23 โดยคะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบด้านการออกแบบขั้นตอนวิธี มีค่ามากที่สุด ขณะที่คะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบด้านการหารูปแบบของปัญหา มีค่าน้อยที่สุด

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 โดยคะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบด้านการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา มีค่ามากที่สุด ขณะที่คะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบด้านการคิดเชิงนามธรรม มีค่าน้อยที่สุด

วงจรปฏิบัติการที่ 3 ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 92.31 โดยคะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบด้านการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา มีค่ามากที่สุด ขณะที่คะแนนเฉลี่ยขององค์ประกอบด้านการคิดเชิงนามธรรม มีค่าน้อยที่สุด

3. อภิปรายผล

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนครั้งนี้เป็นการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 จำนวนทั้งหมด 26 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณพัฒนาขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการตามลำดับ โดยจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนเพิ่มขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการดังนี้ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 5 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 13 คน และวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 24 คน ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของนักเรียนในการพัฒนาและการสร้างสรรค์ผลงาน

โดยใช้สถานการณ์ปัญหามาเป็นตัวกลางในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะต้องสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน 6 ขั้นตอน ได้แก่ กำหนดเป้าหมาย สำรวจและรวบรวมข้อมูล เสนอแนวทางแก้ปัญหา เลือกแนวทางแก้ปัญหา ออกแบบและสร้างต้นแบบ และประเมินผลงาน ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้จะเน้นให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและพยายามรวบรวมข้อมูล ค้นคว้าหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา โดยอาศัยการประมวลผลความรู้ทางทฤษฎีมาใช้ในการทำงานเกี่ยวกับการสร้างสรรค์ผลงานนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ ผ่านวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ (Puente, et al. 2013) นักเรียนเป็นผู้เสนอแนวทางการแก้ปัญหา รวมทั้งตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือกับผู้อื่น ทำให้นักเรียนจะได้เรียนรู้การทำงานเป็นทีม การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ และการจัดการกับความคิดเห็นที่หลากหลาย (Kolodner, 2004) นอกจากนี้ยังอาศัยแนวคิดสตีมศึกษาซึ่งเน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยการนำความรู้ หลักการและทฤษฎีมาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผน ออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา (Yakman, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang, et al. (2022) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมสหวิทยาการสามารถพัฒนาระดับการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ อีกทั้งงานวิจัยของ Bedar, et al. (2020) พบว่า การจัดการเรียนรู้แนวตามทางสตีมเป็นหนึ่งในวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพซึ่งช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาจึงช่วยสร้างกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และเป็นระบบ ด้วยการเชื่อมโยงองค์ความรู้จากหลายศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้นได้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยเท่ากับ 19.54 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 61.06 พบว่า นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวน 5 คน จากนักเรียนทั้งหมด 26 คน คิดเป็นร้อยละ 19.23 และมีนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 80.77 เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยในด้านการคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา การหารูปแบบของปัญหา การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี เท่ากับ 5.50, 4.00, 4.4 และ 5.62 ตามลำดับ คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 68.75, 50.00, 55.29 และ 70.19 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณที่มีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เพียงด้านเดียว คือ การออกแบบขั้นตอนวิธี ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน

ร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา โดยเฉพาะในขั้นที่ 5 การออกแบบและสร้างต้นแบบ เป็นกิจกรรมที่ฝึกให้นักเรียนได้ออกแบบและลงมือ โดยมีส่วนร่วมกับกลุ่มของนักเรียนในการประดิษฐ์นวัตกรรม มีการวางแผนและการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาร่วมกันด้วยการบูรณาการร่วมกับวิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) เพื่อทำให้ชิ้นงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นมีความแปลกใหม่ น่าสนใจ โดยบูรณาการร่วมกับศิลปะ (A) เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาตามสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดได้ ซึ่งการฝึกให้นักเรียนได้วางแผนและการออกแบบแนวทางแก้ปัญหาจากสถานการณ์นี้เองจะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความสามารถในการออกแบบขั้นตอนวิธี (วิสูตร โพธิ์เงิน, 2560) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bedar, et al. (2020) พบว่าแนวทางการบูรณาการเนื้อหาจากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ทำให้การแก้ปัญหามีความหลากหลายและสร้างสรรค์มากขึ้น ในขณะที่มีองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณอีก 3 ด้าน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้แก่ การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา การหารูปแบบของปัญหา และการคิดเชิงนามธรรม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 1-4 ซึ่งในขั้นการกำหนดเป้าหมาย วิเคราะห์จากแบบสัมภาษณ์นักเรียนและบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้บ้าง แต่ก็มีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ เนื่องจากนักเรียนบางคนไม่คุ้นเคยกับสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งนักเรียนมักจะกังวลในคำตอบของตนเอง ผู้วิจัยจึงกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาอย่างละเอียดกล้าตอบคำถามโดยไม่ต้องกังวล และโดยไม่มีถูกผิด (Andrew Miller, n.d.) ในขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล แม้จะเป็นขั้นที่ฝึกให้นักเรียนได้นำข้อมูลที่สืบค้นได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง แต่การสืบค้นข้อมูลเป็นทักษะที่ต้องอาศัยสังเกตและจำแนกแยกแยะข้อมูล อีกทั้งมีความยากง่ายของเนื้อหามาเกี่ยวข้อง ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์นักเรียนและบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ยังสะท้อนให้เห็นอีกว่านักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการค้นคว้าแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมเอง และไม่แน่ใจว่าข้อมูลที่ได้มาสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาหรือไม่ ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลนานขึ้น ในขณะที่ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ค่อนข้างจำกัด ทำให้นักเรียนไม่สามารถสืบค้นข้อมูลได้ครบถ้วน จึงทำให้การหารูปแบบของปัญหาไม่ถูกฝึกฝนเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงแก้ไขด้วยการแนะนำให้นักเรียนเริ่มค้นหาจากคำสำคัญ (keyword) ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งยังชี้แนะแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมให้กับนักเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ ได้ตรงกับเรื่องที่ศึกษารวมทั้งพัฒนาการคิดวิเคราะห์และเลือกข้อมูลได้เหมาะสม (McNicol, 2011) ในขั้นการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่กล้าที่จะเสนอแนวทางแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ในขั้นการเลือกแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนมีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างจำกัด ประกอบกับการวิเคราะห์ข้อมูลจากจากแบบสัมภาษณ์นักเรียนและบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่กล้าที่จะเสนอแนวทางแก้ปัญหาอาจ

เนื่องมาจากนักเรียนยังไม่คุ้นชินกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งนักเรียนไม่เคยเจอมาก่อน ทำให้เกิดความกังวลในการเสนอแนวทางแก้ปัญหา กลัวที่จะทำไม่ถูก ในขณะที่นักเรียนบางคนเสนอแนวทางการแก้ปัญหา โดยนำความรู้ที่สืบค้นมาประยุกต์ แต่ยังเลือกแนวทางที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ ทำให้นักเรียนยังไม่สามารถแยกส่วนที่ไม่สำคัญออกจากส่วนสำคัญได้ ส่งผลให้คะแนนในด้านการคิดเชิงนามธรรมมีค่าน้อยที่สุดและไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยแก้ไขด้วยการคอยกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องรวมทั้งความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกแนวทางที่สอดคล้องกับสถานการณ์ ซึ่งจะต้องอาศัยความสามารถในการแยกแยะและวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับการสรุปข้อมูลเพื่อให้ได้มาซึ่งประเด็นและสาระสำคัญ (ศิริพันธุ์ ศิริพันธุ์ และยุพาวรรณ ศรีสวัสดิ์, 2554)

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เมื่อทำการแก้ไขปัญหา ปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ด้วยการยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ใช้ภาพประกอบเป็นสื่อมากขึ้น รวบรวมสื่อและแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเข้าถึงข้อมูลได้เร็วขึ้น พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยเท่ากับ 21.77 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 68.03 นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 แสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้มีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยในด้านการคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา การหารูปแบบของปัญหา การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี เท่ากับ 6.56, 4.84, 4.44 และ 5.72 ตามลำดับ คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 82.00, 60.50, 55.50 และ 71.50 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณที่มีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คือ การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา และการออกแบบขั้นตอนวิธี ในขณะที่ยังมีองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ 2 ด้าน ที่มีคะแนนเฉลี่ยไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คือ การหารูปแบบของปัญหา และการคิดเชิงนามธรรม ซึ่งมีคะแนนต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากขั้นการเสนอแนวทางการแก้ปัญหา นักเรียนเริ่มที่จะกล้าเสนอแนวทางแก้ปัญหามากขึ้น ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีแนวทางในการแก้ปัญหามากขึ้น แต่ไม่สามารถตัดสินใจเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ อีกทั้งยังขาดเหตุผลหรือหลักการที่เกี่ยวข้องประกอบ ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์นักเรียนและบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ยังสะท้อนให้เห็นอีกว่า นักเรียนส่วนใหญ่มักจะเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่ทำได้ง่าย แต่ไม่อาศัยความรู้ที่สืบค้นมาประยุกต์ ซึ่งทำให้การเลือกแนวทางแก้ปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา นั่นคือนักเรียนยังไม่สามารถแยกส่วนที่ไม่สำคัญออกจากส่วนสำคัญได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการแก้ไขโดยการร่วมอภิปรายเกี่ยวกับผลงานของนักเรียน ด้วยการวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย ข้อควรปรับปรุงเพื่อให้นักเรียนเล็งเห็น

ข้อผิดพลาดและนำกลับมาแก้ไข ด้วยการแยกแยะส่วนประกอบที่ไม่จำเป็นออกจากรายละเอียดสำคัญ เพื่อให้สามารถเลือกแนวทางสร้างสรรค์ชิ้นงานให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหามากขึ้น (Bedar, et al. 2020)

วงจรปฏิบัติการที่ 3 เมื่อทำการแก้ไขปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาจากวงจรปฏิบัติการที่ 3 ด้วยการจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานบางส่วนเพื่อกระชับเวลาในขั้นตอนการออกแบบและสร้างต้นแบบ เพิ่มเวลาในขั้นประเมินผลเพื่อนักเรียนได้ทดสอบชิ้นงาน วิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย และข้อควรปรับปรุง พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยเท่ากับ 25.19 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 78.73 นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 92.31 แสดงให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งผลให้มีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีผลคะแนนเฉลี่ยในด้านการคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา การหารูปแบบของปัญหา การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี เท่ากับ 7.44, 5.84, 5.72 และ 6.08 ตามลำดับ คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 93.00, 73.00, 71.50 และ 76.00 ตามลำดับ ซึ่งทุกองค์ประกอบผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตาม คะแนนในด้านการคิดเชิงนามธรรมก็ยังมีคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำกว่าด้านอื่น ๆ ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์นักเรียนและบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถพิจารณาส่วนสำคัญของปัญหาออกจากส่วนไม่สำคัญได้ แต่ผู้วิจัยยังคงต้องคอยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นมาได้อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้นักเรียนนำข้อมูลที่ถูกต้องเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในขั้นเสนอแนวทางการแก้ปัญหาและขั้นเลือกแนวทางแก้ปัญหา นอกจากนี้ในขั้นประเมินผลงาน เมื่อนักเรียนได้มีเวลาทดสอบชิ้นงานมากขึ้น ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับผลงานของนักเรียน ด้วยการวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย และข้อควรปรับปรุงเพื่อให้นักเรียนเห็นข้อผิดพลาด ทำให้นักเรียนได้ฝึกการแยกส่วนที่ไม่สำคัญออกจากส่วนที่สำคัญเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tidma, et al. (2015) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาควรให้นักเรียนคำนึงถึงการร่างภาพ และระบุรายละเอียดวิธีการสร้างได้ครบตามองค์ประกอบนั้น ๆ เพื่อให้ได้ชิ้นงานตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถด้านการพิจารณาสาระสำคัญของปัญหาของนักเรียน ภายหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 3 ยังมีนักเรียนจำนวน 2 คน ที่ยังมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจากนักเรียนขาดเรียนบ่อย ทำให้ให้นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ไม่ต่อเนื่อง ส่งผลนักเรียนตามไม่ทัน

จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ เพราะเป็นการจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้สถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เน้นให้นักเรียนได้

ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์จริง มีการแยกย่อยปัญหาและจัดกลุ่มของปัญหาที่ซับซ้อนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนด้วยตนเอง ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะช่วยส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ (ศรายุทธ ดวงจันทร์, 2561) ทั้งนี้ การนำสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตจริงมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้คิดออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานด้วยการบูรณาการร่วมกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ (STEAM) ซึ่งถูกต่อยอดมาจากแนวคิดสะเต็ม (STEM) จะช่วยนักเรียนมีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนักเรียนได้ทดสอบชิ้นงาน จะช่วยให้นักเรียนได้เห็นข้อผิดพลาด ปรับปรุงแก้ไขด้วยการแยกแยะสิ่งสำคัญและตัดสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปได้ ซึ่งจะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณให้กับนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิเชฐ ศรีสังข์งาม และชัยยศ เดชสุระ (2561) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายนักเรียนด้วยปัญหาในชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ โดยการย่อยปัญหา หารูปแบบของปัญหา คิดเชิงนามธรรม และพัฒนาอัลกอริทึม สามารถพัฒนาการคิดเชิงคำนวณได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

ครูวิทยาศาสตร์ที่ต้องการนำผลวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาไปใช้ ควรให้ความสำคัญกับเรื่องต่อไปนี้

1.1 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ครูผู้สอนควรอธิบายขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเป็นการกระชับเวลา ให้นักเรียนเข้าใจตรงกันก่อนเรียน

1.2 ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับสถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ โดยคำนึงถึงความยากง่ายหรือความซับซ้อนของสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่องโยงเนื้อหาในบทเรียนมาใช้ในการออกแบบแนวทางแก้ปัญหาได้

1.3 ครูผู้สอนควรศึกษาแหล่งข้อมูลที่จะให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติม ก่อนให้นักเรียนลงมือในการสืบค้น

1.4 ครูผู้สอนควรเตรียมสื่อ วัสดุอุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ให้พร้อมก่อนการทำกิจกรรม โดยรวบรวมแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับใช้ในการทำกิจกรรม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าถึงสื่อได้เร็วและสามารถกระชับเวลาในการทำกิจกรรมได้

1.5 ครูผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยการใช้คำถามให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างต่อเนื่องทุกขั้นตอนเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอยู่เสมอ

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

2.1 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ แต่ยังพบว่าบางองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณยังมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น ๆ โดยเฉพาะ ด้านการคิดเชิงนามธรรม ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาเทคนิคหรือกระบวนการที่พัฒนาองค์ประกอบดังกล่าวให้ดียิ่งขึ้น

2.2 จากการวิจัยผู้วิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา นอกจากจะส่งเสริมด้านการคิดเชิงคำนวณแล้ว ยังมีแนวโน้มที่จะส่งเสริมตัวแปรอื่น ๆ เช่น การคิดเชิงออกแบบ การคิดแก้ปัญหา จากข้อเสนอแนะนี้ผู้วิจัยท่านอื่นสามารถนำไปใช้ศึกษาวิจัยในโอกาสต่อไป

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กวินนาฏ พลอยกระจ่าง. (2564). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และ การทำงานของเซลล์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะตีมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 36(3).

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

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและหลักสตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรง พ.ศ. 2560) ตามหลักสตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สำนักคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล. (2563). แนวคิดเชิงคำนวณ. (ออนไลน์). www.scimath.org/lesson-technology/item/10560-2019-08-28-02-43-20. [สืบค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2566]

โชติกา สงคราม. (2562). การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย*, 12(1), 203-217

ชววรรณ แปงการิยา และวนินทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษา เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 23(1), 116-130.

ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์, ธิติยา บงกชเพชร และศิรินุช จินดารักษ. (2564). การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการธรรมทรรศน์*, 21(4), 33-44.

ดารุณี เพ็งน้อย และนิวัฒน์ บุญสม. (2564). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และการสร้างผลงานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย*, 13(1), 238-257.

ธีรวุฒิ เอกะกุล. (2552). *การวิจัยปฏิบัติการ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. อุบลราชธานี : ยงสวัสดิ์อินเตอร์กรุ๊ป จำกัด.

นพดล กองศิลป์. (2561). การพัฒนาหลักสูตรประถมศึกษาเพื่อการเรียนรู้สู่สากลตามแนวทาง STEAM. *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*, 12(2).

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

ปวริศร ภูมิสูง และประสาท เนืองเฉลิม. (2564). การพัฒนาการคิดเชิงออกแบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสตีมศึกษา. *วารสารบริหารและนิเทศการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 12(3), 204-215.

ประวิต เอราวรรณ์. (2545). การวิจัยปฏิบัติการ. กรุงเทพมหานคร : บริษัท สำนักพิมพ์ดอกหญ้าวิชาการ จำกัด.

ปราโมทย์ วงศ์คำ. (2561). *ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Active Learning เรื่องแนวคิดเชิงคำนวณการแก้ปัญหาและขั้นตอนวิธี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 38.

พิเชฐ ศรีสังข์งาม และชัยยศ เดชสุระ. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารวิจัยราชภัฏกรุงเก่า*, 8(2), 107-114.

ภาสกร เรืองรอง. (2561). Computational Thinking กับการศึกษาไทย. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, 10(3), 322-330.

มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์. การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสตีมศึกษา เพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา, *(Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา)*.

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม). (2563). *หลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุงปีการศึกษา 2563)*. มหาสารคาม: โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม).

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม). (2565). *รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา (Self – Assessment Report : SAR) วงรอบปีการศึกษา 2565*. มหาสารคาม: โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม).

วิสูตร โพธิ์เงิน. (2560). STEAM ศิลปะเพื่อสะเต็มศึกษา: การพัฒนาการรับรู้ความสามารถและแรงบันดาลใจให้เด็ก. *Journal of Education Studies*, 45(1), 320-334.

วรลักษณ์ คำหว่าง และนงลักษณ์ ใจฉลาด. (2560). *แนวทางพัฒนาทักษะครูในศตวรรษที่ 21 สังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในจังหวัดพิษณุโลก*. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 6(1), 129-138.

วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์. 2558. *การวิจัยเชิงปฏิบัติการ Action Research*. วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี. 2(1): 29-49.

ศรายุทธ ดวงจันทร์. (2561). ผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วิทยานิพนธ์ ค.ม.*, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศิรินทร สีจันทึก, มิ่งขวัญ ภาคสัญไชย และกรวลัย พันธุ์แพ. (2565). ผลของสะตีมศึกษาที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหา เรื่อง ธาตุและสารประกอบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 5(16), 19-31.

ศิริพันธุ์ ศิริพันธุ์ และยุพาวรรณ ศรีสวัสดิ์. (2554). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : วิธีการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 3(1): 104-112

ศุภมาส แสนโคก และอุฤทธิ์ เจริญอินทร์ (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสาร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 16(2), 156-170.

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

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *แนวคิดเชิงคำนวณ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2566 จาก https://www.scimath.org/lesson-technology/item/10560-2019-08-28-02-43-20

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565). จาก STEM สู่ STEAM “สสวท. เผยผลงานด้าน STEAM ปี 2565 และแนวทางการดำเนินงานปี 2566”. (ออนไลน์).

https://www.ipst.ac.th/news/28262/20220608-stem.html . [สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2567]

สุจิตตรา จันทร์ลอย, อนิรุทธ์ สติมั่น, ฐาปนีย์ ธรรมเมธา, & จินตวีร์ คล้ายสังข์. (2022). รูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานโดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคสแคมเพอร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมการศึกษาสร้างสรรค์ ของนักศึกษาครู มหาวิทยาลัยราชภัฏ. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 17(2), 65-75.

สุนารี ศรีบุญ และ วิสูตร โพธิ์เงิน. (2562). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 47(1), 525-543.

สุภัค โอฬาพิริยกุล. (2019). STEAM EDUCATION: innovative education integrated into learning management. *Journal of Research and Curriculum Development*, 9(1), 1-16.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2557). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 17)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Miller, A. (n.d.). The role of teachers in fostering critical thinking in classrooms. Retrieved from Aksorn Education. https://www.aksorn.com

Baek, Y. (2011). STEAM EDUCATION IN KOREA. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 11(4), 149-171.

Bedar, R. A. H., & Al-Shboul, M. (2020). The effect of using STEAM approach on developing computational thinking skills among high school students in Jordan.

Bozkurt Altan, E., & Tan, S. (2021). Concepts of creativity in design-based learning in STEM education. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(3), 503-529.

Brackmann, C. P., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A., & Barone, D. (2017, November). Development of computational thinking skills through unplugged activities in primary school. *In Proceedings of the 12th workshop on primary and secondary computing education* (pp. 65-72).

Brennan, K., & Resnick, M. (2012, April). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *In Proceedings of the 2012*

annual meeting of the American educational research association, Vancouver, Canada (Vol. 1, p. 25).

Chang, C. Y., Du, Z., Kuo, H. C., & Chang, C. C. (2023). Investigating the Impact of Design Thinking-Based STEAM PBL on Students' Creativity and Computational Thinking. *IEEE Transactions on Education*.

Cross, J., Hamner, E., Zito, L., & Nourbakhsh, I. (2016, October). Engineering and computational thinking talent in middle school students: a framework for defining and recognizing student affinities. *In 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. (pp. 1-9). IEEE.

Dolgopolovas, V., & Dagienė, V. (2021). Computational thinking: Enhancing STEAM and engineering education, from theory to practice. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 5-11.

Doppelt, Y., Mehalik, M. M., Schunn, C. D., Silk, E., & Krysinski, D. (2008). Engagement and achievements: A case study of design-based learning in a science context. *Journal of technology education*, 19(2), 22-39.

Doppelt, Y., Mehalik, M. M., Schunn, C. D., Silk, E., and Krysinski, D. (2008). Engagement and achievements: a case study of design-based learning in a science context. *J. Technol. Educ.* 19, 22–39.

Dwyer, H., Boe, B., Hill, C., Franklin, D., & Harlow, D. (2013). Computational thinking for physics: Programming models of physics phenomenon in elementary school. *In Physics Education Research Conference* (pp. 133-136).

Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081–1110.

Gardner. (2012). Using Biomimicry to Engage Students in a Design-Based Learning Activity. *The American Biology Teacher*, 74(3), 182–184. https://doi.org/10.1525/abt.2012.74.3.10

Gerber, E. M., Marie Olson, J., & Komarek, R. L. (2012). Extracurricular design-based learning: Preparing students for careers in innovation. *International Journal of Engineering Education*, 28(2), 317.

Gomez Puente S.M., Van Eijck M., Jochems W. (2013). Empirical validation of characteristics of design-based learning in higher education. *International Journal of Engineering Education*, 29 (2), pp. 491-503.

Isnaini, R., Budiyanto, C., & Widiastuti, I. (2019, December). Robotics-based learning to support computational thinking skills in early childhood. *In AIP Conference Proceedings* (Vol. 2194, No. 1, p. 020044). AIP Publishing LLC.

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

Kim, B., Kim, T. and Kim, J. (2013). Paper-and-pencil programming strategy toward computational thinking for non-majors: Design your solution. *Educational computing research*, 49(4), 437-459.

Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, C. D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2003). Problem-Based Learning Meets Case-Based Reasoning in the MiddleSchool Science Classroom: Putting Learning by Design™ into Practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495-547.

Mariana, E. P., & Kristanto, Y. D. (2023). Integrating STEAM Education and Computational Thinking: Analysis of Students' Critical and Creative Thinking Skills in an Innovative Teaching and Learning. *Southeast Asian Mathematics Education Journal*, *13*(1), 1-18.

McNicol, M. (2011). Investigating the Information Literacy Skills of Students and the Role of Library Instruction in Supporting Student Research. *Australasian Journal of Educational Technology*.

Orrow, M. (2019). The value of STEAM. Retrieved from https://www.nordangliaeducation.com/teaching-and-learning/enriched-curricula/our-approach-to-steam/building-skills-for-the21st-century.

Peters-Burton, E. E., Cleary, T. J., & Kitsantas, A. (2018). Computational thinking in the context of science and engineering practices: A self-regulated learning approach. *Digital technologies: Sustainable innovations for improving teaching and learning*, 223-240.

Pollock, L., Mouza, C., Guidry, K. R., & Pusecker, K. (2019). Infusing Computational Thinking Across Disciplines. *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education – SIGCSE*, 19, 435-441.

Puente, S. M. G., Van Eijck, M., & Jochems, W. (2013). Empirical validation of characteristics of design-based learning in higher education. *International Journal of Engineering Education*, 29(2), 491-503.

Seitamaa-Hakkarainen, P. (2011). Design based learning in crafts education: Authentic problems and materialization of design thinking. *Design Learning and Well-Being*, 4, 3-14.

Tan, S.Y., Hölttä-Otto, K., & Anariba, F. (2019). Development and Implementation of Design-Based Learning Opportunities for Students to Apply Electrochemical Principles in a Designette. *Journal of Chemical Education*.

Tan, W.-L., Samsudin, M. A., Ismail, M. E., Ahmad, N. J., & Abdul Talib, C. (2021). Exploring the Effectiveness of STEAM Integrated Approach via Scratch on Computational Thinking. *Eurasia Journal of Mathematics, Science, and Technology Education, 17*(12), https://doi.org/10.29333/ejmste/11403

Tidma, P., Nakkuntod, M., & Kijkuakul, S. (2015). STEM education in topic of human systems to promote creative thinking of grade 8 students. *Ratchaphruek Journal*, 13(3), 71-76.

Wang, D., Luo, L., Luo, J., Lin, S., & Ren, G. (2022). Developing Computational Thinking: Design-Based Learning and Interdisciplinary Activity Design. *Applied Sciences*, 12(21), 11033.

Wing, J.M. (2006) Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49, 33-35. https://doi.org/10.1145/1118178.1118215

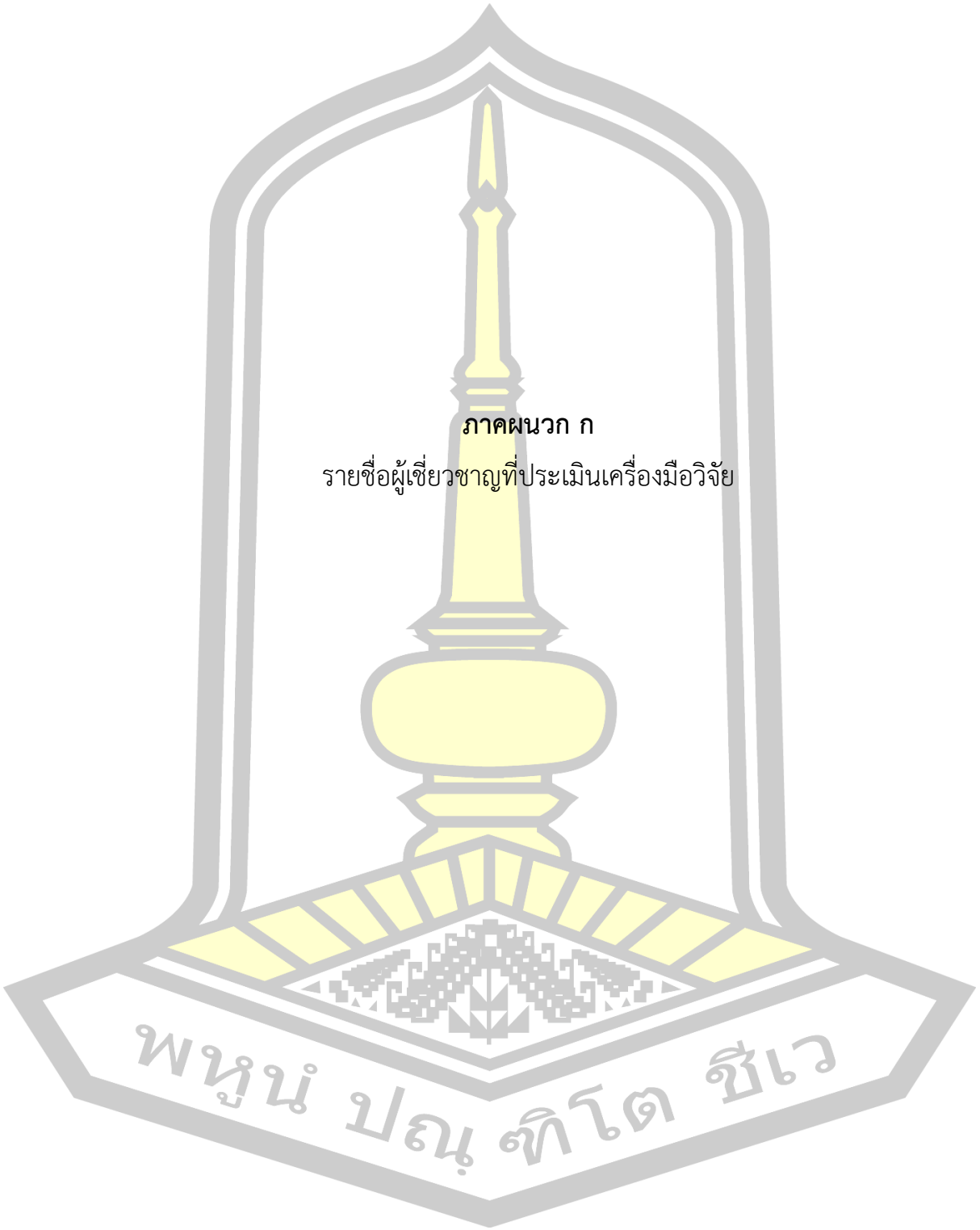
Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717-3725.

Yakman, G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education.

Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. *Journal of the korean Association for Science Education*, 32(6), 1072-1086.

Yang, D., Baek, Y., & Swanson, S. (2020, October). Developing computational thinking through project-based airplane design activities. In *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-4). IEEE.

Zhang, X., Ma, Y., Jiang, Z., Chandrasekaran, S., Wang, Y., & Fonkoua Fofou, R. (2021). Application of design-based learning and outcome-based education in basic industrial engineering teaching: *A new teaching method. Sustainability*, 13(5), 2632.



ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินเครื่องมือวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินเครื่องมือวิจัย

1) รศ.ดร.มนตรี วงษ์สะพาน	ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2) ผศ.ดร.สมาน เอกพิมพ์	สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
3) อาจารย์ ดร.ฤทธิไกร ไชยงาม	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
4) อาจารย์พรทวี บุญมาก	อาจารย์วิชาฟิสิกส์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
5) อาจารย์กิติศักดิ์ สีทองสุก	อาจารย์วิชาฟิสิกส์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว546 วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2567
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน

ด้วย นายเจษฎา ภารสุวรรณ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ที่ อว 0605.5(2)/ว546

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

9 กุมภาพันธ์ 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์

ด้วย นายเจษฎา ภารสุวรรณ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0933954077

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว546 วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2567
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.ฤทธิไกร ไชยงาม

ด้วย นายเจษฎา ภารสุวรรณ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว564 วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2567
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์พรทวี บุญมาก

ด้วย นายเจษฎา ภารสุวรรณ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ที่ อว 0605.5(2)/ว546

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

9 กุมภาพันธ์ 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์กิติศักดิ์ สีทองสุก

ด้วย นายเจษฎา ภารสุวรรณ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0933954077

ภาคผนวก ข

ผลการพิจารณาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ 26 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้									ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5	แผนที่ 6	แผนที่ 7	แผนที่ 8	แผนที่ 9		
1. สาระสำคัญ											
1.1 ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาสาระที่กำหนด	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	มาก
1.2 สาระสำคัญมีความกะทัดรัด ได้ความชัดเจนสมบูรณ์	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
1.3 สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดในหลักสูตร	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
1.4 สาระสำคัญเหมาะสมวัยของนักเรียน	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
2. จุดประสงค์การเรียนรู้											
2.1 ระบุความสามารถของนักเรียนที่ต้องการพัฒนาได้	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	มาก
2.2 สามารถประเมินผลได้	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
2.3 จุดประสงค์	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้									ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5	แผนที่ 6	แผนที่ 7	แผนที่ 8	แผนที่ 9		
เหมาะสมกับวัยของนักเรียน											
3. สาระการเรียนรู้											
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	มาก
3.2 บอกขอบข่ายเนื้อหาที่จะให้นักเรียนที่เรียนรู้	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
3.3 สาระการเรียนรู้มีความถูกต้อง	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
4. การวัดและการประเมินผล											
4.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
4.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
4.3 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	มาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้											
5.1 เร้าความสนใจของนักเรียน	4.20	4.20	4.40	4.20	4.20	4.40	4.20	4.20	4.40	4.36	มาก
5.2 เรียงลำดับ	4.40	4.40	4.60	4.40	4.40	4.60	4.40	4.40	4.60	4.56	มาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้									ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5	แผนที่ 6	แผนที่ 7	แผนที่ 8	แผนที่ 9		
กิจกรรมได้อย่างเหมาะสม											
5.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
5.4 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
5.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนดไว้	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	มาก
5.6 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก
5.7 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความรู้ด้วยตนเอง	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	มาก
5.8 สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดในหลักสูตร	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	มาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้									ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5	แผนที่ 6	แผนที่ 7	แผนที่ 8	แผนที่ 9		
6. สื่อการเรียนการสอน											
6.1 สื่อการเรียนการสอนสอดคล้องกับการเรียนรู้	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	มาก
6.2 สื่อการเรียนการสอนเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40	มาก
รวม	4.54	4.54	4.56	4.54	4.54	4.56	4.54	4.54	4.56	4.55	มาก

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 27 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 3 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถามที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
อธิบายและคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ รวมทั้งอธิบายหลักการทำงานของแมนอมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และเครื่องอัดไฮดรอลิก	สถานการณ์ที่ 1								
	1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	2. การหารูปแบบของปัญหา	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	3. การคิดเชิงนามธรรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	สถานการณ์ที่ 2								
	1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	2. การหารูปแบบของปัญหา	1	1	0	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
	3. การคิดเชิงนามธรรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	สถานการณ์ที่ 3								
	1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบ	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถามที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	และการย่อยปัญหา								
	2. การหารูปแบบของปัญหา	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	3. การคิดเชิงนามธรรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 28 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จำนวน 3 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถามที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
อธิบายและคำนวณขนาดแรงพยุงจากของไหล	สถานการณ์ที่ 1								
	1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	2. การหารูปแบบของปัญหา	1	1	1	1	1	4	1	สอดคล้อง
	3. การคิดเชิงนามธรรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	สถานการณ์ที่ 2								
	1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	2. การหารูปแบบของปัญหา	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
	3. การคิดเชิงนามธรรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	สถานการณ์ที่ 3								
	1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบ	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถามที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	และการย่อยปัญหา								
	2. การหารูปแบบของปัญหา	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
	3. การคิดเชิงนามธรรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 29 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จำนวน 3 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

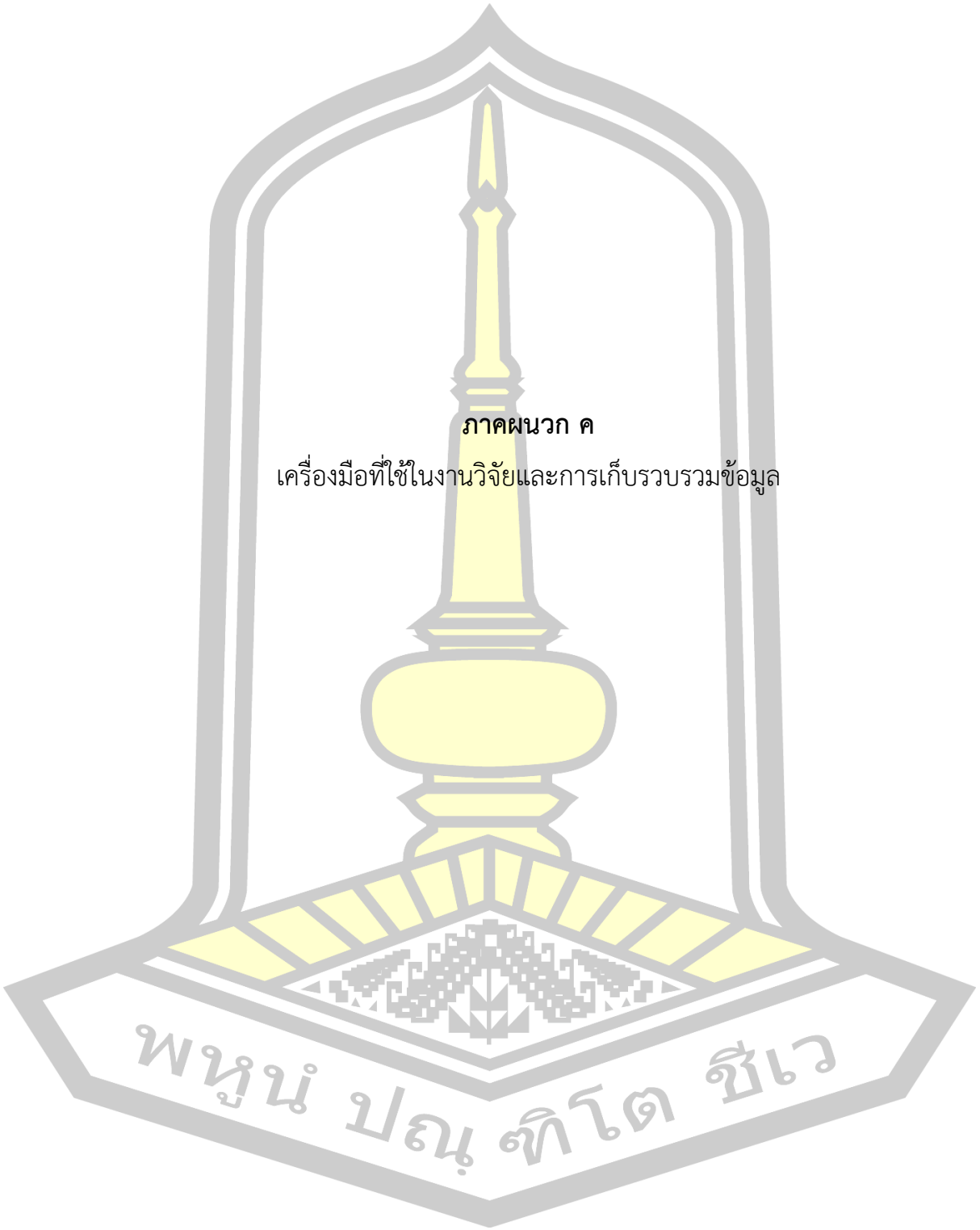
ผลการเรียนรู้	ข้อคำถามที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	สถานการณ์ที่ 1								
	1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	2. การหารูปแบบของปัญหา	1	1	1	1	1	4	1	สอดคล้อง
	3. การคิดเชิงนามธรรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	สถานการณ์ที่ 2								
	1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	2. การหารูปแบบของปัญหา	1	1	1	1	1	4	1	สอดคล้อง
	3. การคิดเชิงนามธรรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	สถานการณ์ที่ 3								
	1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบ	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ผลการเรียนรู้	ข้อคำถามที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	และการย่อยปัญหา								
	2. การหารูปแบบของปัญหา	1	1	1	1	1	4	1	สอดคล้อง
	3. การคิดเชิงนามธรรม	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

ตารางที่ 30 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนการแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
	1	2	3	4	5			
1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	5	5	5	5	5	25	5	ดีมาก
2. การหารูปแบบของปัญหา	5	5	5	5	5	25	5	ดีมาก
3. การคิดเชิงนามธรรม	5	5	5	5	5	25	5	ดีมาก
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	5	5	5	5	5	25	5	ดีมาก

พหุน ปณ ฑิโต ชิเว



ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

แผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 สมบัติเชิงกลของสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง การประยุกต์หลักการแบร์นูลลี เวลา 2 ชั่วโมง

สอนวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ..... ผู้สอน นายเจษฎา ภารสุวรรณ

---

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายการประยุกต์หลักการแบร์นูลลีได้ (K)
2. นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเกี่ยวกับการประยุกต์หลักการแบร์นูลลี (P)
3. นักเรียนมีความความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สาระสำคัญ

เมื่อของไหลมีการไหลในท่อ ผลรวมของความดัน พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรและพลังงานศักย์โน้มถ่วงต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร มีค่าคงตัวเสมอ ซึ่งเป็นไปตามสมการแบร์นูลลี ดังนี้ $P+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gh=$ ค่าคงตัวสามารถนำไปอธิบายการไหลของของเหลวที่ไหลออกจากรูรั่วของภาชนะ เครื่องฉีดน้ำ และอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านปีกเครื่องบิน

4. สาระการเรียนรู้

- การประยุกต์หลักการแบร์นูลลี

5. กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

จัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา (STEAM Education) ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมาย

1.1 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนแบบคละความสามารถ กลุ่มละ 4-5 คน

1.2 ครูกำหนดสถานการณ์ต่อไปนี้

"บิวมีพัดลมคอมพิวเตอร์เก่าที่ยังคงใช้งานได้ดี แต่พบว่าลมที่ได้จากพัดลมคอมพิวเตอร์มีการกระจายพื้นที่ที่ค่อนข้างแคบ และรูปลักษณ์ของพัดลมไม่สวยงามเมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมไร้ใบพัดที่พบในห้างสรรพสินค้า พัดลมไร้ใบพัดที่บิวเห็นมีลักษณะการกระจายลมที่กว้างและมีดีไซน์ที่ทันสมัย บิวจึงมีความคิดที่จะนำพัดลมคอมพิวเตอร์เก่ามาปรับปรุงและออกแบบเป็นพัดลมไร้ใบพัดแบบตั้งโต๊ะ โดยใช้วัสดุและสิ่งของที่มีอยู่เพื่อสร้างพัดลมที่มีประสิทธิภาพและดูดี นักเรียนจะสามารถช่วยบิวออกแบบพัดลมไร้ใบพัดได้อย่างไร"

1.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายสถานการณ์ข้างต้น ระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายโดยบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม

ขั้นที่ 2 สำรวจและรวบรวมข้อมูล (Science, Technology)

2.1 ครูมอบหมายให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือเรียน หรือแนะนำแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่นักเรียนสามารถค้นหาได้ เกี่ยวกับพัดลมไร้ใบพัด

2.2 นักเรียนทำการสรุปองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับพัดลมไร้ใบพัด โดยมีครูคอยให้คำแนะนำหากความรู้ที่สรุปยังมีข้อผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์

ขั้นที่ 3 เสนอแนวทางการแก้ปัญหา

3.1 นักเรียนนำความรู้ที่ตนเองได้สรุปมาแลกเปลี่ยนความคิดภายในกลุ่ม

3.2 นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มเสนอแนวคิดที่จะใช้ออกแบบพัดลมไร้ใบพัด เพื่อให้ได้แนวคิดที่แตกต่างกันออกไปอย่างน้อย 3 แนวคิดและบันทึกผลลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ขั้นที่ 4 เลือกแนวทางแก้ปัญหา

4.1 นักเรียนช่วยกันระดมความคิดภายในกลุ่ม แล้วเลือก 1 แนวคิด เพื่อนำไปออกแบบพัดลมไร้ใบพัด พร้อมทั้งระบุเหตุผลที่เลือก บันทึกผลลงในแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยครูคอยสังเกตการณ์ทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มพร้อมกับคอยให้คำแนะนำกับนักเรียนที่มีข้อสงสัยระหว่างการทำกิจกรรม

ขั้นที่ 5 ออกแบบและสร้างต้นแบบ (Engineering, Mathematics, Arts)

5.1 นักเรียนนำข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในขั้นที่ 2-4 มาออกแบบและสร้างแบบจำลองพัดลมไร้ใบพัด โดยคำนึงถึงทรัพยากรข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดให้

5.2 ครูแจกอุปกรณ์การสร้างพัดลมไร้ใบพัด ได้แก่ พัดลมคอมพิวเตอร์, กระดาษลังหรือฟีเจอร์บอร์ด, กระดาษแข็ง, คัตเตอร์, ไขควง, ปืนกาว, ชุดบัดกรี, สวิตช์เปิด-ปิด ขนาดเล็ก และอะแดปเตอร์

5.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสร้างพัดลมไร้ใบพัดตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ โดยครูคอยให้คำแนะนำ

5.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบชิ้นงาน ปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด รวมทั้งต่อยอดความคิดสร้างสรรค์เพิ่มเติมให้ชิ้นงาน

ขั้นที่ 6 ประเมินผลงาน

6.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานหน้าชั้นเรียนให้เพื่อนกลุ่มอื่นฟัง

6.2 ครูและนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และสรุปเกี่ยวกับแบบบันทึกกิจกรรม โดยครูตั้งคำถามกับนักเรียน ดังนี้

- นักเรียนคิดว่าหลักการของแบร์นูลีมีความสัมพันธ์กับความดันและความเร็วอย่างไร (แนวคำตอบ... ตามหลักการแบร์นูลลี, เมื่อของเหลวไหลผ่านพื้นที่ที่แคบลง (หรือมีความเร็วเพิ่มขึ้น), ความดันของของเหลวจะลดลง ในทางกลับกัน, เมื่อของเหลวไหลผ่านพื้นที่ที่กว้างขึ้น (หรือมีความเร็วลดลง), ความดันของของเหลวจะเพิ่มขึ้น)

- นักเรียนลองยกตัวอย่างหลักการของแบร์นูลีที่พบในชีวิตประจำวัน (แนวคำตอบ... เช่น การบินของเครื่องบิน: ตามหลักการแบร์นูลลี, การที่ความเร็วของลมเพิ่มขึ้นด้านบนของปีกทำให้ความดันลดลง ขณะที่ความดันด้านล่างของปีกสูงขึ้น ทำให้เกิดแรงยก (lift) ขึ้นสู่ด้านบนที่ช่วยให้เครื่องบินบินได้ หรืออีกตัวอย่าง การทำงานของเครื่องดูดฝุ่น: อากาศที่ไหลผ่านเครื่องดูดฝุ่นทำให้ความดันลดลงในบริเวณที่มีการไหลผ่านอย่างรวดเร็ว ทำให้แรงดันบรรยากาศดันฝุ่นและสิ่งสกปรกเข้าสู่ถังดูด)

- นักเรียนคิดว่าหลักการของแบร์นูลีนำมาประยุกต์กับพัดลมไร้ใบพัดอย่างไร (แนวคำตอบ... พัดลมไร้ใบพัด อาศัยหลักการของความต่างของความดันอากาศเพื่อให้เกิดกระแสลมพัดออกมา โดยมีใบพัดภายในตัวเครื่องทำหน้าที่ดูดอากาศจากบริเวณรอบ ๆ เข้าสู่ตัวเครื่อง และถูกปล่อยออกมาจากบริเวณท่อวงแหวน ซึ่งมีร่องขนาดเล็กตามแนวท่อวงแหวน)

6.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม บอกข้อดี ข้อจำกัด และแนวทางการปรับปรุงแก้ไขผลงานโดยบันทึกลงในแบบบันทึกกิจกรรม

6.4 นักเรียนทำแบบฝึกหัดหลังเรียน

6. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) สสวท.
2. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) อักษรเจริญทัศน์
3. เว็บไซต์ https://www.youtube.com/watch?v=NAkn86rtJbc

7. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนสามารถอธิบายการประยุกต์หลักการแบร์นูลลีได้ (K)	คะแนนจากแบบฝึกหัดหลังเรียน	แบบฝึกหัดหลังเรียน	นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 70 ขึ้นไป
2. นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเกี่ยวกับการประยุกต์หลักการแบร์นูลลี (P)	สังเกตทักษะในระหว่างการทำกิจกรรม	แบบประเมินทักษะกระบวนการ	นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 70 ขึ้นไป
3. นักเรียนมีความความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	สังเกตพฤติกรรมในห้องเรียนระหว่างการจัดการเรียนการสอน	แบบประเมินความความมุ่งมั่นในการทำงาน	นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 70 ขึ้นไป

8. เอกสารอ้างอิง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560).* กรุงเทพ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สุธิษา เละเซ็น และคณะ. (2563). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฟิสิกส์) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 1 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560).* กรุงเทพ: อักษรเจริญทัศน์.

9. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

เสนอแนะวิธีแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

10. ความคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของครูพี่เลี้ยง

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูพี่เลี้ยง

(.....)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

11. ความคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

12. ความคิดเห็น / ข้อเสนอแนะของรองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

แบบบันทึกกิจกรรม

สมาชิกในกลุ่ม กลุ่มที่ .....

1) ..... เลขที่ ..... ชั้น .....
2) ..... เลขที่ ..... ชั้น .....
3) ..... เลขที่ ..... ชั้น .....
4) ..... เลขที่ ..... ชั้น .....
5) ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

สถานการณ์

บิวมีพัดลมคอมพิวเตอร์เก่าที่ยังคงใช้งานได้ดี แต่พบว่าลมที่ได้จากพัดลมคอมพิวเตอร์มีการกระจายพื้นที่ที่ค่อนข้างแคบ และรูปลักษณ์ของพัดลมไม่สวยงามเมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมไร้ใบพัดที่พบในห้างสรรพสินค้า พัดลมไร้ใบพัดที่บิวเห็นมีลักษณะการกระจายลมที่กว้างและมีดีไซน์ที่ทันสมัย บิวจึงมีความคิดที่จะนำพัดลมคอมพิวเตอร์เก่ามาปรับปรุงและออกแบบเป็นพัดลมไร้ใบพัดแบบตั้งโต๊ะ โดยใช้วัสดุและสิ่งของที่มีอยู่เพื่อสร้างพัดลมที่มีประสิทธิภาพและดูดี

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงวิเคราะห์สถานการณ์ ระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายของสถานการณ์

ระบุปัญหา	กำหนดเป้าหมาย
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

2. นักเรียนคิดว่าปัจจัย/ตัวแปรใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

.....

3. สืบค้นความรู้และรวบรวมข้อมูลที่สามารถนำไปแก้ปัญหา โดยอธิบายถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ระบุแหล่งอ้างอิง :

.....

.....

.....

.....

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

4. เสนอแนวคิดการออกแบบพัดลมไร้ใบพัดอย่างน้อย 3 แนวคิด โดยวาดรูปประกอบพร้อมรายละเอียดพอสังเขป

แนวคิดที่ 1	แนวคิดที่ 2	แนวคิดที่ 3

....

....

....

....

5. จากการเสนอแนวทางการออกแบบพัดลมไร้ใบพัดที่แตกต่างกัน ให้นักเรียนเลือก 1 แนวคิดมาออกแบบโครงร่างที่จะนำไปใช้แก้ปัญหา

แนวคิดการออกแบบพัดลมไร้ใบพัดที่เลือก คือ แนวคิดที่ ..... เพราะ

.....

.....

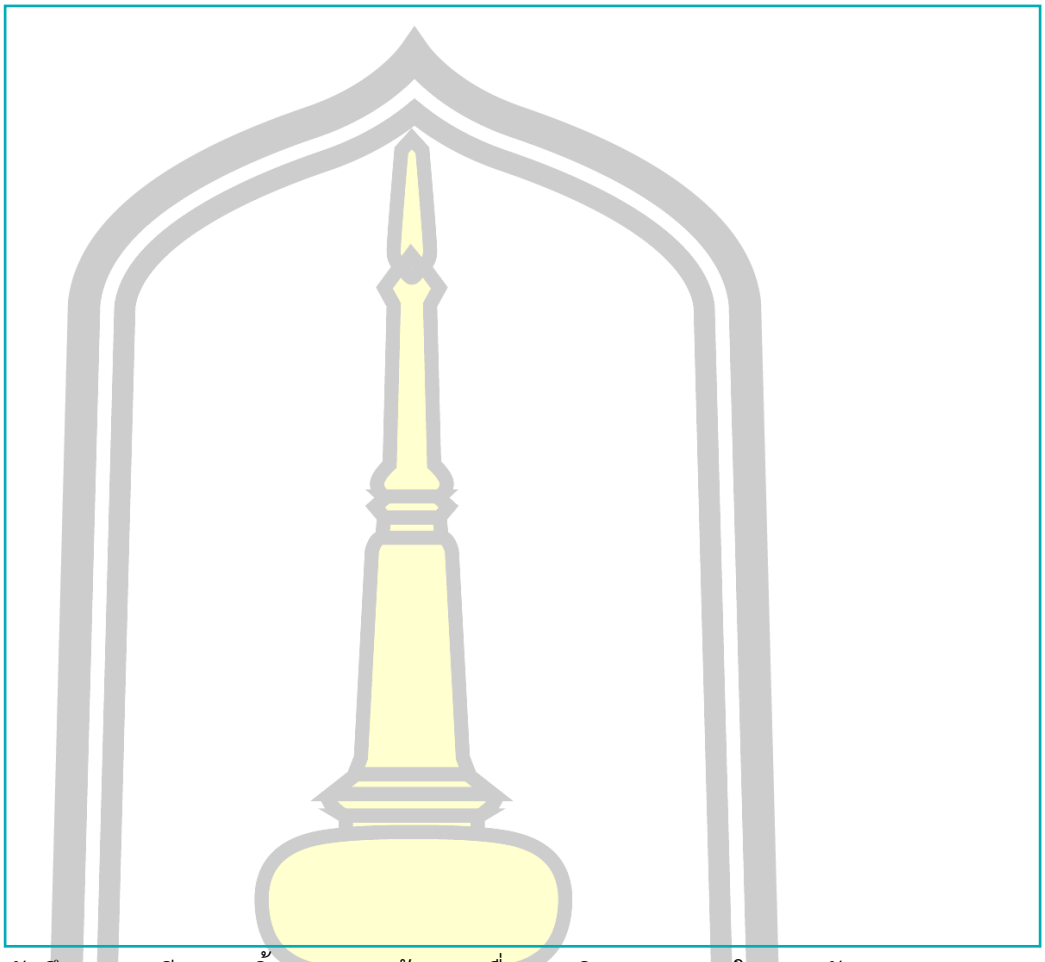
.....

.....

.....

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

6. แสดงวิธีการแก้ปัญหาการออกแบบบ้านลอยน้ำตามที่กลุ่มของตนเองได้ออกแบบไว้



7. บันทึกรายละเอียดของชิ้นงาน (จากข้อ 6.) เพื่อประเมินหาแนวทางในการปรับปรุง

1) จุดเด่น

.....

.....

.....

2) จุดด้อย

.....

.....

.....

3) แนวทางในการปรับปรุง

.....

.....

.....

8. รวบรวมแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรม

S วิทยาศาสตร์	....
T เทคโนโลยี	....
E วิศวกรรม	....
A ศิลปะ	....
M คณิตศาสตร์	....

พหุน ปญฺ ฑิโต ชีเว

แบบฝึกหัดหลังเรียน

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. หลักการแบร์นูลลีอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความดันและความเร็วอย่างไร พร้อมยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันประกอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

เกณฑ์การประเมินด้านความรู้ (K)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
อธิบายการประยุกต์หลักการแบร์นูลลี	มีการอธิบายการประยุกต์หลักการแบร์นูลลี รวมทั้งยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องครบถ้วน	มีการอธิบายการประยุกต์หลักการแบร์นูลลี รวมทั้งยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องถูกต้องเพียงบางส่วน	มีการอธิบายการประยุกต์หลักการแบร์นูลลี หรือยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องแต่ยังไม่ถูกต้อง	ไม่เขียนคำตอบ

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

เกณฑ์การประเมินด้านทักษะกระบวนการ (P)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	บอกปัญหาและกำหนดเป้าหมายตรงกับประเด็นที่จะแก้ปัญหา รวมทั้งบอกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ครบถ้วน	บอกปัญหาและกำหนดเป้าหมายตรงกับประเด็นที่จะแก้ปัญหาได้ แต่ไม่สามารถบอกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้	ไม่สามารถบอกปัญหาและกำหนดเป้าหมายตรงกับประเด็นที่จะแก้ปัญหา รวมทั้งไม่สามารถบอกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้
การหารูปแบบของปัญหา	บอกความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ครบถ้วนและสอดคล้องกับสถานการณ์	บอกความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้เพียงบางส่วน แต่ไม่มีความสอดคล้องกับสถานการณ์	ไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ครบถ้วนและสอดคล้องกับสถานการณ์
การคิดเชิงนามธรรม	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา โดยนำความรู้ที่สืบค้นมาประยุกต์และเลือกแนวทางที่เหมาะสมกับสถานการณ์	เสนอแนวทางการแก้ปัญหา โดยนำความรู้ที่สืบค้นมาประยุกต์ แต่เลือกแนวทางที่ไม่เหมาะสมกับสถานการณ์	ไม่สามารถเสนอแนวทางการแก้ปัญหา และไม่สามารถเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์
การออกแบบขั้นตอนวิธี	ออกแบบแบบจำลองที่จะใช้แก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ บอกลำดับการทำงานได้	ออกแบบแบบจำลองที่จะใช้แก้ปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ แต่บอกลำดับการทำงานยังไม่ได้	ไม่สามารถออกแบบแบบจำลองที่จะใช้แก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับสถานการณ์ และบอกลำดับการทำงานยังไม่ได้

เกณฑ์การประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

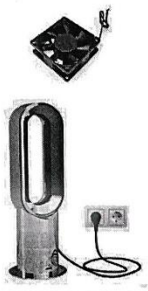
ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2	1	0
การทำงานที่ได้รับมอบหมาย	ทำงานที่ได้รับมอบหมายสม่ำเสมอ	ทำงานที่ได้รับมอบหมายเพียงบางครั้ง	ไม่ทำงานที่สั่งเลย
ความรับผิดชอบต่อเพื่อนร่วมงาน	ให้ความช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรมได้อย่างเหมาะสมทุกครั้ง	ให้ความช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรมเพียงบางครั้ง	ไม่ให้ความช่วยเหลือเพื่อนในการทำกิจกรรม

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

แบบบันทึกกิจกรรม

สมาชิกในกลุ่ม กลุ่มที่ .....

1) ..... ชั้น 5/7
2) ..... ชั้น 5/7
3) ..... ชั้น 5/7
4) ..... ชั้น 5/7
5) ..... ชั้น 5/7



สถานการณ์

บิวมีพัดลมคอมพิวเตอร์เก่าที่ยังคงใช้งานได้ดี แต่พบว่าลมที่ได้จากพัดลมคอมพิวเตอร์มีการกระจายพื้นที่ที่ค่อนข้างแคบ และรูปลักษณ์ของพัดลมไม่สวยงามเมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมไร้ใบพัดที่พบในห้างสรรพสินค้า พัดลมไร้ใบพัดที่บิวเห็นมีลักษณะการกระจายลมที่กว้างและมีดีไซน์ที่ทันสมัย บิวจึงมีความคิดที่จะนำพัดลมคอมพิวเตอร์เก่ามาปรับปรุงและออกแบบเป็นพัดลมไร้ใบพัดแบบตั้งโต๊ะ โดยใช้วัสดุและสิ่งของที่มีอยู่เพื่อสร้างพัดลมที่มีประสิทธิภาพและดูดี

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงวิเคราะห์สถานการณ์ ระบุปัญหาและกำหนดเป้าหมายของสถานการณ์

ระบุปัญหา	กำหนดเป้าหมาย
พัดลมคอมพิวเตอร์มีการกระจายพื้นที่	สร้างพัดลมที่มีการกระจายพื้นที่
เป็นวงแคบและรูปทรงไม่สวยงาม	ได้กว้างขึ้นทางสวยงาม

2. นักเรียนคิดว่าปัจจัย/ตัวแปรใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้

- ความเร็วลม
- ความดันอากาศ

ตัวอย่างการตอบคำถามแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

3. สืบค้นความรู้และรวบรวมข้อมูลที่สามารถนำไปแก้ปัญหา โดยอธิบายถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้

ใช้ความรู้ฟิสิกส์ และใช้หลักการของความต่างของความดันอากาศ เพื่อให้เกิดการระเหยสลายตัดออกซา โดยมีใบพัดภายในตัวเครื่องทำหน้าที่ดูดอากาศจากบริเวณรอบๆ เข้าสู่ตัวเครื่องและถูกปล่อยออกซาตามช่องแคบ อากาศที่ผ่านจะถูกเร่งความเร็วตามสมการความต่อเนื่องของของไหล ซึ่งอากาศมีความเร็วมากกว่าอากาศโดยรอบทำให้เกิดความแตกต่างของความดันตามสมการแบร์นูลลี่

ระบุแหล่งอ้างอิง :

https://il.mahidol.ac.th/e-media/

ตัวอย่างการตอบคำถามแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

4. เสนอแนวคิดการออกแบบพัดลมไร้ใบพัดอย่างน้อย 3 แนวคิด โดยวาดรูปประกอบพร้อมรายละเอียดพอสังเขป

แนวคิดที่ 1	แนวคิดที่ 2	แนวคิดที่ 3
ตั้งโต๊ะ	แบบเสียบ USB ติดแก้ม พกพาได้	วางตัก ตั้งโต๊ะ

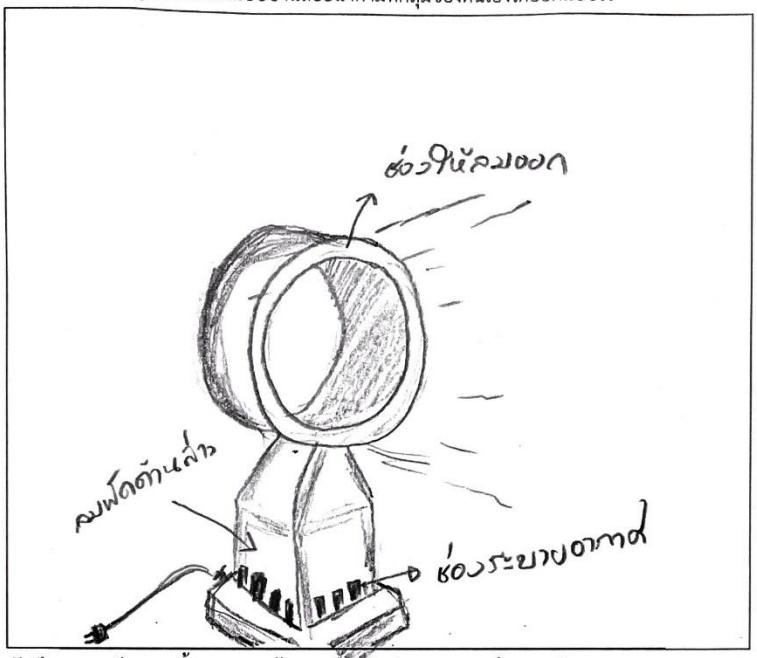
5. จากการเสนอแนวทางการออกแบบพัดลมไร้ใบพัดที่แตกต่างกัน ให้นักเรียนเลือก 1 แนวคิด มาออกแบบโครงร่างที่จะนำไปใช้แก้ปัญหา

แนวคิดการออกแบบพัดลมไร้ใบพัดที่เลือก คือ แนวคิดที่ 3 เพราะ

เป็นการออกแบบที่ไม่ใช้ไฟฟ้า

ตัวอย่างการตอบคำถามแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

6. แสดงวิธีการแก้ปัญหาการออกแบบบ้านลอยน้ำตามที่กลุ่มของตนเองได้ออกแบบไว้



7. บันทึกรายละเอียดของชิ้นงาน (จากข้อ 6.) เพื่อประเมินหาแนวทางในการปรับปรุง

1) จุดเด่น

- สามารถปล่อยลมออกมาได้จากตัวเครื่อง โดยที่ไม่เห็นใบพัดใดๆ ปรากฏอยู่ข้างนอกเลย เห็นแต่ลมจริงๆ และมีใบพัดอยู่ด้านใน
- ปลอดภัยกับผู้คน และสัตว์เลี้ยง

2) จุดด้อย

- ทำยาก

3) แนวทางในการปรับปรุง

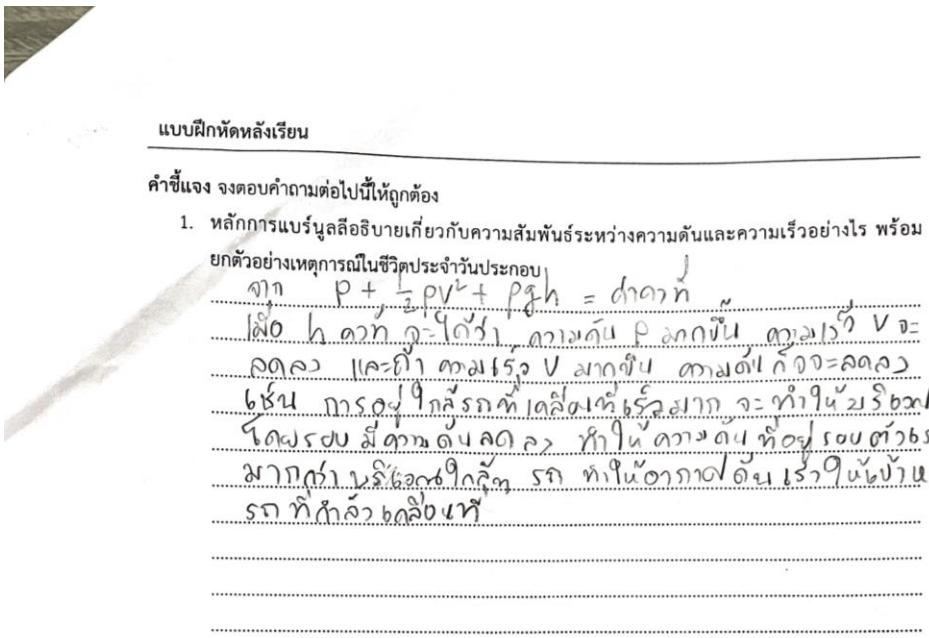
- ทำแบบอื่น

ตัวอย่างการตอบคำถามแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

8. รวบรวมแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรม

S วิทยาศาสตร์	แรก ภาพแสดงส่วน ของ ภาพถ่าย อากาศ แรก ตรโดภาพ ของ อากาศ ยิ่ง รู้เรก ยิ่ง รู้หลายๆ
T เทคโนโลยี	- ผลิตภาพถ่าย ดาวเทียม (C ภาพโฟฟ้า เช่น รถยนต์)
E วิศวกรรม	การออกแบบ โครงสร้าง ผลิตภัณฑ์
A ศิลปะ	การตกแต่ง ลวดลาย รูปทรงที่ แปลกแยก
M คณิตศาสตร์	การวัด ภาพภาพ ความต้าน ของตัวโครงสร้าง

ตัวอย่างการตอบคำถามแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9



แบบฝึกหัดหลังเรียน

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. หลักการแบร์นูลลีอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความดันและความเร็วอย่างไร พร้อมยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันประกอบ

จาก $P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = ค่าคงที่$
เมื่อ h คงที่ จะได้ว่า ความดัน P มากขึ้น ความเร็ว V จะลดลง และถ้า ความเร็ว V มากขึ้น ความดันก็จะลดลง
เช่น การอยู่ใกล้รถที่เคลื่อนที่เร็วมาก จะทำให้บริเวณโดยรอบมีความดันลดลง ทำให้ความดันที่อยู่รอบตัวเรามากกว่าบริเวณใกล้ๆ รถ ทำให้อากาศดันเราเข้าไปข้างในรถที่กำลังเคลื่อนที่

ตัวอย่างการตอบคำถามแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9

ภาพที่ 7 ตัวอย่างผลงานนักเรียน

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2

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

สถานการณ์ที่ 1

บริษัทแห่งหนึ่งต้องการขนสินค้าที่มีมวล 1,000 กิโลกรัม ข้ามแม่น้ำ จึงจ้างวานให้ผู้รับเหมาหาโป๊ะเทียบเรือเพื่อใช้พักสินค้าที่ถูกขนส่งทางเรือแต่ละรอบ ผู้รับเหมาสามารถหาโป๊ะเรือได้ 3 โป๊ะ คือ A, B และ C โดยมีข้อมูลดังตาราง

	พื้นที่ฐานของโป๊ะเรือ (เมตร × เมตร)	ความสูงของโป๊ะเรือที่ยังสามารถจมได้อีก (เซนติเมตร)	มวลของโป๊ะเรือ (กิโลกรัม)
โป๊ะเรือ ชนิด A	3.5 × 3.5	10	1,100
โป๊ะเรือ ชนิด B	3.0 × 4.0	10	1,100
โป๊ะเรือ ชนิด C	2.5 × 5.0	10	1,100

กำหนดโป๊ะเรือแต่ละโป๊ะมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และการขนส่งสินค้าในแต่ละเที่ยวใช้เวลาเท่ากัน (ความหนาแน่นของน้ำ 1000 kg/m^3)

ให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า ผู้รับเหมาควรเลือกโป๊ะเรือชนิดใดที่จะทำให้การช่วยขนส่งสินค้าครั้งนี้ เพื่อให้ใช้เวลาน้อยที่สุด โดยตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร จงระบุตัวแปรหรือปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้ (การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงระบุความสัมพันธ์หรือแนวโน้มของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้ (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงระบุตัวแปรหรือปริมาณสำคัญที่จะนำไปใช้แก้ปัญหา (การคิดเชิงนามธรรม)

ปริมาณที่สำคัญ	ปริมาณที่ไม่สำคัญ
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

4. เขียนขั้นตอนแสดงวิธีแก้ปัญหา (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

.....

.....

.....

.....

.....

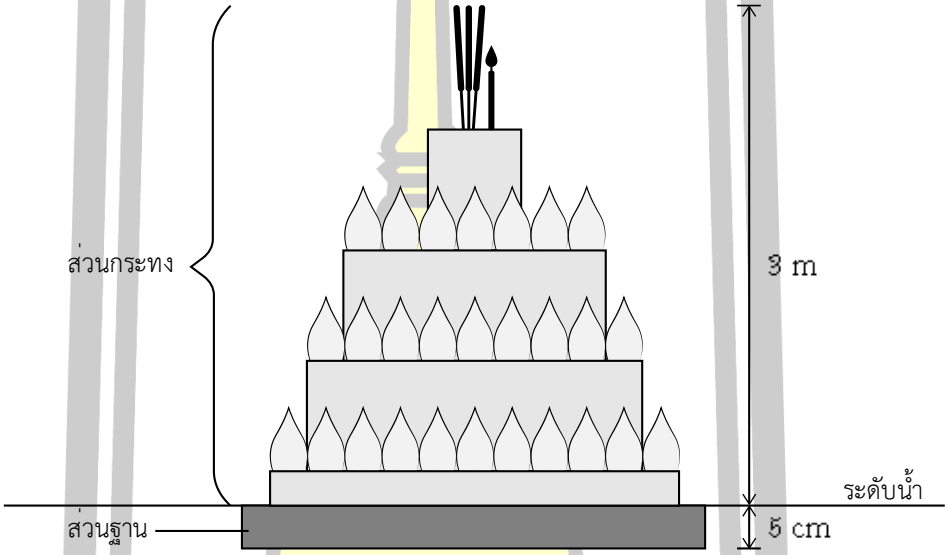
.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 2

ในช่วงประเพณีลอยกระทง ชุมชนได้ร่วมมือกับโรงเรียนเพื่อจัดการประกวดกระทงยักษ์ ซึ่งนักเรียนห้อง ม.5/7 ได้รับมอบหมายให้ทำกระทงยักษ์ที่สามารถลอยน้ำได้จริง โดยมีเงื่อนไขว่า กระทงยักษ์นี้ต้องมีพื้นที่ฐานไม่เกิน 2 × 2 ตารางเมตร สูงไม่เกิน 3 เมตร วัดจากส่วนฐาน นักเรียนจึงแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่ 1 ทำส่วนกระทงซึ่งเน้นความสวยงามและความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนกลุ่มที่ 2 ทำส่วนฐานกระทง



นักเรียนกลุ่มที่ 1 ทำส่วนกระทง ชั่งมวลได้ 120 กิโลกรัม นักเรียนกลุ่มที่ 2 ทำส่วนฐานกระทง โดยใช้แผ่นโฟมขนาด 2 × 2 ตารางเมตร หนา 5 เซนติเมตร มวล 0.5 กิโลกรัม ดังรูป เมื่อนำไปทดลองลอยน้ำ (ความหนาแน่น 1000 kg/m^3) ปรากฏว่ากระทงจมน้ำ

ให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า จะต้องปรับปรุงแก้ไขกระทงยักษ์อันนี้อย่างไร เพื่อทำให้ส่วนฐานของกระทงลอยปริ่มน้ำพอดี โดยที่หลีกเลี่ยงการแก้ไขส่วนกระทง โดยตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร จงระบุตัวแปรหรือปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้ (การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงระบุความสัมพันธ์หรือแนวโน้มของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้ (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงระบุตัวแปรหรือปริมาณสำคัญที่จะนำไปใช้แก้ปัญหา (การคิดเชิงนามธรรม)

ปริมาณที่สำคัญ	ปริมาณที่ไม่สำคัญ
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

4. เขียนขั้นตอนแสดงวิธีแก้ปัญหา (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	1	2	3	4
การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	ไม่สามารถระบุและแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้	ระบุปัญหาได้แต่ไม่ครบทุกประเด็น แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้แต่ยังไม่ครบทุกประเด็น	ระบุปัญหาได้ครบทุกประเด็น แต่ไม่สามารถแยกส่วนประกอบของปัญหาได้ แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น	ระบุปัญหาและวิเคราะห์ปัญหาโดยแยกส่วนประกอบของปัญหา แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น
การหารูปแบบของปัญหา	ไม่สามารถระบุรูปแบบของปัญหาว่าปริมาณต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด แก้ปัญหาได้	ระบุรูปแบบของปัญหาว่าปริมาณต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใดได้บางประเด็น และยังไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้	ระบุรูปแบบของปัญหาว่าปริมาณต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใดได้บางประเด็น แต่ก็สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้	ระบุรูปแบบของปัญหาว่าปริมาณต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใดได้ครบทุกประเด็น ซึ่งสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้
การคิดเชิงนามธรรม	ไม่สามารถระบุส่วนสำคัญและไม่สำคัญของปัญหาได้ อีกทั้งส่วนสำคัญนั้นยังไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้	ระบุส่วนสำคัญหรือส่วนไม่สำคัญของปัญหาได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งส่วนสำคัญนั้นต้องสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้	ระบุส่วนสำคัญและไม่สำคัญของปัญหาได้แต่ไม่ครบ ซึ่งส่วนสำคัญนั้นต้องสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้	ระบุส่วนสำคัญและไม่สำคัญของปัญหาได้ครบทุกประเด็น ซึ่งส่วนสำคัญนั้นต้องสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้
การออกแบบขั้นตอนวิธี	ไม่สามารถระบุขั้นตอน	ระบุขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้	ระบุขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้	ระบุขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้

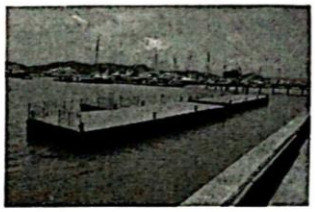
รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	1	2	3	4
	ในการแก้ปัญหาได้ ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	สร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ แต่ยังไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	สร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

สถานการณ์ที่ 1

บริษัทแห่งหนึ่งต้องการขนสินค้าที่มีมวล 1,000 กิโลกรัม ข้ามแม่น้ำ จึงจ้างวานให้ผู้รับเหมาหาโป๊ะเทียบเรือเพื่อใช้พักสินค้าที่ถูกขนส่งทางเรือแต่ละรอบ ผู้รับเหมาสามารถหาโป๊ะเรือได้ 3 โป๊ะ คือ A, B และ C โดยมีข้อมูลดังตาราง



	พื้นที่ฐานของโป๊ะเรือ (เมตร × เมตร)	ความสูงของโป๊ะเรือที่ยังสามารถจมได้อีก (เซนติเมตร)	มวลของโป๊ะเรือ (กิโลกรัม)
โป๊ะเรือ ชนิด A	3.5 × 3.5	10	1,100
โป๊ะเรือ ชนิด B	3.0 × 4.0	10	1,100
โป๊ะเรือ ชนิด C	2.5 × 5.0	10	1,100

กำหนดโป๊ะเรือแต่ละโป๊ะมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และการขนส่งสินค้าในแต่ละเที่ยวใช้เวลาเท่ากัน (ความหนาแน่นของน้ำ 1000 kg/m^3)

ให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า ผู้รับเหมาควรเลือกโป๊ะเรือชนิดใดที่จะทำให้การช่วยขนส่งสินค้าครั้งนี้ เพื่อให้ใช้เวลาน้อยที่สุด โดยตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร จงระบุตัวแปรหรือปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้ (การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

ปัญหา คือ ควรเลือกโป๊ะเรือชนิดใดในการส่งสินค้า เพื่อให้ใช้เวลาน้อยที่สุด

ปริมาณที่เกี่ยวข้อง – พื้นที่ฐานโป๊ะเรือแต่ละลำ

– ความสูงของโป๊ะเรือที่ยังจมได้

– มวลของโป๊ะเรือ

– มวลสินค้าที่บรรทุก

พหุน ปณ ฑิโต ชีวะ

ตัวอย่างคำตอบแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน

2. จงระบุความสัมพันธ์หรือแนวโน้มของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้ (การหารูปแบบของปัญหา)

- พื้นที่ฐานของไข่ 1 เรือ มีค่าเท่ากัน
- ความสูงของไข่ 1 เรือที่ยังลงไม่ถึง เท่ากับ 10 ซม. ทั้งสามชนิด
- มวลของไข่ 1 เรือ เท่ากันหมด เท่ากับ 1,100 กก.

4

3. จงระบุตัวแปรหรือปริมาณสำคัญที่จะนำไปใช้แก้ปัญหา (การคิดเชิงนามธรรม)

ปริมาณที่สำคัญ	ปริมาณที่ไม่สำคัญ
- พื้นที่ก้นถ้วย	- ความหนาของเนื้อถ้วย
- พื้นที่ฐานของไข่ 1 เรือ	
- น้ำหนักของไข่ 1 เรือ	

4

4. เขียนขั้นตอนแสดงวิธีแก้ปัญหา (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

1. คำนวณหาปริมาตรส่วนที่จมได้ของไข่ 1 เรือ
2. เปรียบเทียบน้ำหนักสิ่งของที่สามารถวางบนไข่ 1 เรือได้
3. ไข่เรือที่รับน้ำหนักได้เยอะ ก็สื่อความหมายถึงลำดับที่ดีกว่า
4. จำนวนเรือที่วางได้ ก็ให้เกิดเป็นข้อมูลในการพิจารณา

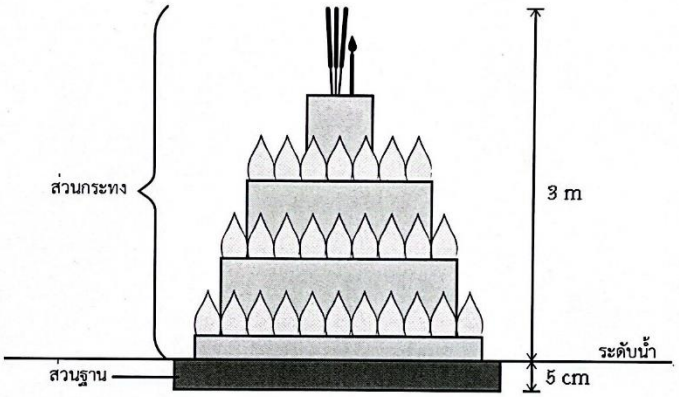
4

ตัวอย่างคำตอบแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สถานการณ์ที่ 2

ในช่วงประเพณีลอยกระทง ชุมชนได้ร่วมมือกับโรงเรียนเพื่อจัดการประกวดกระทงยักษ์ ซึ่งนักเรียนห้อง ม.5/7 ได้รับมอบหมายให้ทำกระทงยักษ์ที่สามารถลอยน้ำได้จริง โดยมีเงื่อนไขว่า กระทงยักษ์นี้ต้องมีพื้นที่ฐานไม่เกิน 2 × 2 ตารางเมตร สูงไม่เกิน 3 เมตร วัดจากส่วนฐาน นักเรียนจึงแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่ 1 ทำส่วนกระทงซึ่งเน้นความสวยงามและความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนกลุ่มที่ 2 ทำส่วนฐานกระทง .



นักเรียนกลุ่มที่ 1 ทำส่วนกระทง ชั่งมวลได้ 120 กิโลกรัม นักเรียนกลุ่มที่ 2 ทำส่วนฐานกระทง โดยใช้แผ่นโฟมขนาด 2 × 2 ตารางเมตร หนา 5 เซนติเมตร มวล 0.5 กิโลกรัม ดังรูป เมื่อนำไปทดลองลอยน้ำ (ความหนาแน่น 1000 kg/m^3) ปรากฏว่ากระทงจมน้ำ

ให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า จะต้องปรับปรุงแก้ไขกระทงยักษ์อันนี้อย่างไร เพื่อทำให้ส่วนฐานของกระทงลอยปริ่มน้ำพอดี โดยที่หลีกเลี่ยงการแก้ไขส่วนกระทง โดยตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร จงระบุตัวแปรหรือปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้ (การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

ปัญหา คือ ปรับแก้กระทงยักษ์อันนี้อย่างไร เพื่อทำให้ส่วนฐานของกระทงลอยปริ่มน้ำ

ปริมาณที่เกี่ยวข้อง - มวลของแผ่นโฟม - ความหนาของโฟม
- มวลกระทง
- ความสูงกระทง
- พื้นที่ฐานแผ่นโฟม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ตัวอย่างคำตอบแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน

2. จงระบุความสัมพันธ์หรือแนวโน้มของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้ (การหารูปแบบของปัญหา)

- กระทงมวล 120 กิโลกรัม แก่ชนิดที่ดี
- ฐานกระทง แผ่นโฟม 2x2 ตารางเมตร หนา 5 เซนติเมตร มวล 0.5 กิโลกรัม แก่ชนิดดี

4

3. จงระบุตัวแปรหรือปริมาณสำคัญที่จะนำไปใช้แก้ปัญหา (การคิดเชิงนามธรรม)

ปริมาณที่สำคัญ	ปริมาณที่ไม่สำคัญ
- พื้นที่ฐานของแผ่นโฟม	- ส่วนกระทง เช่น มวล ความสูง
- ความหนาแผ่นโฟม	

4

4. เขียนขั้นตอนแสดงวิธีแก้ปัญหา (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

ขั้นตอน

① คำนวณหาน้ำหนักของกระทงและฐาน
② หาปริมาตรที่ต้องการให้ลอย
③ หาพื้นที่ฐานโฟม ที่ความหนาต่างๆ
④ ปรับพื้นที่ฐานให้กว้างขึ้น

4

พหุน ปณฑิโต ชโย

ตัวอย่างคำตอบแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียน

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์..... วันที่.....เดือน..... พ.ศ. . .....

คำชี้แจง แบบสัมภาษณ์ชุดนี้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การออกแบบเป็นฐาน ร่วมกับแนวคิดสตีมศึกษา ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เพื่อนำผลการสัมภาษณ์ไปปรับปรุงการจัดกิจกรรมในการเรียนรู้

กรอบคำถามในการสัมภาษณ์

1. ด้านสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
2. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกิจกรรมการเรียนรู้

1. ด้านสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

1. การคิดแบบแยกส่วนและการย่อยปัญหา
   - เมื่อนักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาแล้ว นักเรียนระบุปัญหาและกำหนดปัจจัยที่คิดว่าเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาอย่างไร

     .....

     .....
2. การหารูปแบบของปัญหา
   - เมื่อนักเรียนต้องการสืบค้นข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจะพิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านั้นอย่างไร

     .....

     .....
3. การคิดเชิงนามธรรม
   - ในขั้นตอนที่ให้นักเรียนเสนอแนวทางแก้ปัญหาและเลือกแนวทางที่จะแก้ปัญหา นักเรียนมีวิธีเลือกแนวทางแก้ปัญหานั้นอย่างไร

     .....

     .....
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี
   - ในขั้นตอนการออกแบบแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนมีการวางแผนหรือแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหานั้นอย่างไร

     .....

     .....

2. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกิจกรรมการเรียนรู้

1. นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้

   .....

   .....

   .....

   .....

2. นักเรียนคิดว่าในการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ มีปัญหาหรืออุปสรรคต่อการเรียนรู้ของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

   .....

   .....

   .....

   .....

3. นักเรียนอยากให้มีการเพิ่มหรือลดกิจกรรมใดบ้าง เพราะเหตุใด

   .....

   .....

   .....

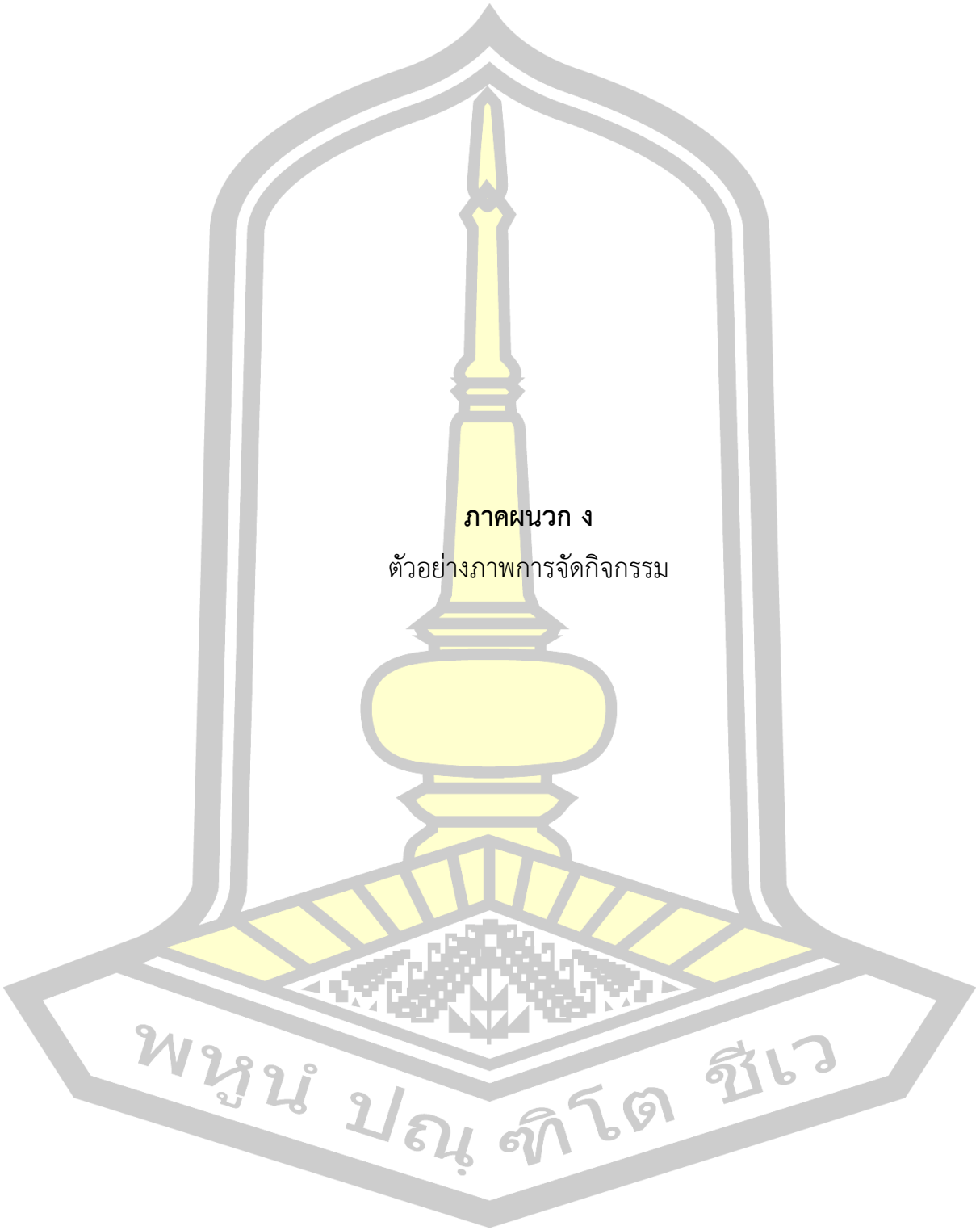
   .....

ลงชื่อ.....ผู้สัมภาษณ์

(.....)

วันที่ ..... /..... /.....

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรม

ภาพที่ 8 แสดงการทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม พูดคุยกัน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

ภาพที่ 9 แสดงการเสนอและออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา

ภาพที่ 10 แสดงการสร้างชิ้นงานของนักเรียน

ภาพที่ 11 แสดงการทดสอบชิ้นงานของนักเรียน

ภาพที่ 12 แสดงการนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ภาพที่ 13 แสดงการนำเสนอชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย เจษฎา ภารสุวรรณ
วันเกิด	3 มีนาคม 2539
สถานที่เกิด	อำเภอดอนจาน จังหวัดกาฬสินธุ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 194/8 ต.ดอนจาน อ.ดอนจาน จ.กาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนดอนจานวิทยาคม จังหวัดกาฬสินธุ์ พ.ศ. 2561 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2567 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว