การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4"
ของ ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ดร.สุริยา ชาปู่)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์

ประธานที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร

กรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ กศ.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2564

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน, สะเต็มศึกษา, การคิดเชิงคำนวณ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ 3) ใบกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหาและเชิงปริมาณโดยการใช้คะแนนร้อยละ ผลการวิจัยพบว่าข้อมูลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีแนวโน้มของระดับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณดีขึ้นอย่างต่อเนื่องและการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับดี เมื่อผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า การออกแบบขั้นตอนวิธีมีการพัฒนาน้อยที่สุด และการคิดเชิงนามธรรมมีการพัฒนามากที่สุด

Title DEVELOPING COMPUTATIONAL THINKING USING STEM - PROBLEM BASED LEARNING IN MOMENTUM AND COLLISIONS TOPIC FOR 10TH GRADE STUDENTS.

Author NATTIDA KANLAYAPRASIT

Advisor Assistant Professor Thitiya Bongkotphet, Ph.D.

Co-Advisor Assistant Professor Sirinuch Chindaruksa, Ph.D.

Academic Paper M.Ed. Thesis in Science Education, Naresuan University, 2021

Keywords Problem Based Learning on STEM Education, STEM Education, Computational Thinking

ABSTRACT

This research aimed to study the results of computational thinking development using problem-based learning management based on STEM education concept on momentum and collisions for mathayomsuksa 4 students, 2nd semester of the academic year 2020, which was consisted of 40 participants. The research instruments were 1) problem-based learning management based on the STEM study concept lesson plan 2) computational thinking measurement model 3) learning activity work sheet. The researcher performed the qualitative data analysis through the content and quantitative analysis using the percentage scores. The results showed that the data before the study occurred, during the study and after the study using problem-based learning management based on the STEM concept. There was a trend of continuous improvement in computational thinking and the overall development of students' computational thinking was at a good level. When the results of the development of computational thinking in each component were studied, it was found that the design of the algorithm was least developed one while the abstract thinking was the most developed one.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติยา บงกชเพชร ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา ตรวจสอบข้อบกพร่องในการทำวิจัยและให้ผู้วิจัยได้นำกลับไปดำเนินการแก้ไข ตลอดจนให้คำชี้แนะแนวทางที่ถูกต้องในการทำวิจัยด้วยความเอาใจใส่ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

กราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุช วรางคณากูล และนาย วิฑูรย์ เต๋มา ที่ได้กรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยให้ข้อเสนอแนะเป็นอย่างดีเพื่อให้เครื่องมือการวิจัยมีความถูกต้องและสมบูรณ์ กราบขอบพระคุณนางสาวสุวนันท์ อาจวาที ครูประจำวิชาฟิสิกส์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการอำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำ และกราบขอบพระคุณครูอาจารย์และนักเรียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่เป็นกำลังใจสำคัญและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา และขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโททุกคน หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิตทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

ณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

ประกาศคุณูปการ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาของปัญหา 1

จุดมุ่งหมายของการศึกษา 6

ขอบเขตของงานวิจัย 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

1. หลักสูตรสถานศึกษา 10

1.1 วิสัยทัศน์ 10

1.2 พันธกิจ 10

1.3 เป้าประสงค์ 10

1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ 10

1.5 เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 11

1.6 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ด้านสะเต็มศึกษา 12
1.7 ตัวอย่างคำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ 15
2. การคิดเชิงคำนวณ 15
2.1 ความหมายของการคิดเชิงคำนวณ 15
2.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ 16
2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาการคิดเชิงคำนวณ 22
2.4 การวัดประเมินผลการคิดเชิงคำนวณ 24
3. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 31
3.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 31
3.2 การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน 37
3.3 การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 46
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 48
4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ 48
4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ 49
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 51
1. กลุ่มเป้าหมาย 51
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 51
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 52
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 65
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 66
6. ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ 67
บทที่ 4 ผลการวิจัย 69

ตอนที่ 1 การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 69
ตอนที่ 2 การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 74
ตอนที่ 3 การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....81
ตอนที่ 4 การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 90
บทที่ 5 บทสรุป 99
สรุปผลการวิจัย.....99
อภิปรายผล 101
ข้อเสนอแนะ 103
บรรณานุกรม..... 104
ภาคผนวก..... 111
ประวัติผู้วิจัย 179

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 วิเคราะห์องค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ 20

ตาราง 2 ระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 27

ตาราง 3 เกณฑ์คะแนนแบบรูบริคของแบบทดสอบการค้นหาและแก้ไขข้อผิดผลาดของ Rodriguez 28

ตาราง 4 แบบประเมินตนเอง การแยกย่อยส่วนประกอบและการย่อยปัญหา 29

ตาราง 5 แบบประเมินการคิดเชิงนามธรรม 30

ตาราง 6 รูปแบบการบันทึกสิ่งที่รู้ สิ่งที่ต้องรู้เพิ่มเติมและแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหา.44

ตาราง 7 การบูรณาการเนื้อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และสถานการณ์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 53

ตาราง 8 พฤติกรรมบ่งชี้ของการคิดเชิงคำนวณในแต่ละด้าน 59

ตาราง 9 แบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน 60

ตาราง 10 เกณฑ์การให้คะแนนจำแนกตามองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ 60

ตาราง 11 เกณฑ์การประเมินระดับการคิดเชิงคำนวณ 62

ตาราง 12 ข้อคำถามขององค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ 64

ตาราง 13 การคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวม 71

ตาราง 14 จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (คิดเป็นร้อยละ) 75

ตาราง 15 จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (คิดเป็นร้อยละ) 84

ตาราง 16 จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (คิดเป็นร้อยละ).....92

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 การจำลองการเคลื่อนไหวของอนิเมชั่น.....23
ภาพ 2 ตัวอย่างคำถามจากแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของ Brackmann 25
ภาพ 3 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ.....26
ภาพ 4 องค์ประกอบที่ 1 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา 72
ภาพ 5 องค์ประกอบที่ 2 การหารูปแบบของปัญหา 72
ภาพ 6 องค์ประกอบที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม 73
ภาพ 7 องค์ประกอบที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี 73
ภาพ 8 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา.....76
ภาพ 9 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับเริ่มต้น.....77
ภาพ 10 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับเริ่มต้น.....77
ภาพ 11 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา 78
ภาพ 12 การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับเริ่มต้น 78
ภาพ 13 การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับกำลังพัฒนา 79
ภาพ 14 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับเริ่มต้น 80
ภาพ 15 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับกำลังพัฒนา 81
ภาพ 16 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม 85
ภาพ 17 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับดี.....86
ภาพ 18 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี.....86
ภาพ 19 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา 87

ภาพ 20 การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี.....88
ภาพ 21 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับดี.....89
ภาพ 22 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับกำลังพัฒนา.....90
ภาพ 23 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม.....93
ภาพ 24 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับดี.....94
ภาพ 25 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี.....94
ภาพ 26 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา.....95
ภาพ 27 การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี.....95
ภาพ 28 การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับกำลังพัฒนา.....96
ภาพ 29 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับยอดเยี่ยม.....97
ภาพ 30 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับดี.....98

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันการศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างคน สร้างสังคม และสร้างชาติ เป็นกลไกหลักในการพัฒนากำลังคนให้มีคุณภาพ สามารถดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับบุคคลอื่นในสังคมได้อย่างเป็นสุข ในกระแสการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกศตวรรษที่ 21 เนื่องจากการศึกษามีบทบาทสำคัญในการสร้างความได้เปรียบของประเทศเพื่อการแข่งขันและภายใต้ระบบเศรษฐกิจและสังคมประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก โดยความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารแบบก้าวกระโดดที่ส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ภูมิภาค และของโลก ทำให้เกิดการปฏิวัติดิจิทัลต่อการเปลี่ยนแปลงสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรม 4.0 ส่งผลให้ประเทศต่าง ๆ ในโลกต้องเผชิญกับระบบเศรษฐกิจโลกที่มีการแข่งขันอย่างเสรีและไร้พรมแดนอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้การเปลี่ยนแปลงสู่อุตสาหกรรมและการปรับเปลี่ยนประเทศไปสู่ประเทศไทย 4.0 จะเป็นแรงผลักดันให้ประชากรสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารและแหล่งเรียนรู้ที่ไร้ขีดจำกัด สามารถพัฒนาองค์ความรู้ และสร้างปัญญาที่เพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ มีการนำเทคโนโลยี การสื่อสาร และระบบการเรียนรู้แบบเคลื่อนที่มาใช้มากขึ้น (แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560-2579, น. 1)

การจัดการศึกษาของไทยจำเป็นต้องกำหนดเป้าหมายการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ วางแผนพัฒนาและเตรียมกำลังคนที่จะเข้าสู่ตลาดงาน เมื่อสำเร็จการศึกษาในระดับต่าง ๆ ปรับหลักสูตรและวิธีการเรียนการสอนที่มีความยืดหยุ่น หลากหลาย เพื่อพัฒนาศักยภาพและขีดความสามารถของทรัพยากรมนุษย์ให้มีทักษะ ความรู้ความสามารถ และสมรรถนะที่พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงและการแข่งขันอย่างเสรีแบบไร้พรมแดนในยุคเศรษฐกิจและสังคมเพื่อให้สอดคล้องกับประเทศไทยในยุค 4.0 จึงให้ความสำคัญกับทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 การจัดการศึกษาในปัจจุบันจึงต้องปรับเปลี่ยนให้ตอบสนองกับทิศทางการผลิตและการพัฒนากำลังคนดังกล่าว โดยมุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ได้ทั้งความรู้และทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพ และการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ทักษะที่ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องมีหนึ่งในนั้นคือ การคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ซึ่งเป็นกระบวนการคิดที่ต้องใช้ทักษะและเทคนิคเพื่อแก้ไขปัญหา การคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะสำคัญที่ผู้เรียนต้องพัฒนาเพราะมีความเกี่ยวข้องในการส่งเสริมทักษะด้านอื่นๆ ในศตวรรษที่ 21 (ภาสกร เรืองรอง, 2561)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ทำการปรับหลักสูตรแกนกลางการศึกษา พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ในเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และภูมิศาสตร์ใหม่ ปรับเปลี่ยนหลักสูตรสาระเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปสู่สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) รายวิชาพื้นฐานในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งมีเป้าหมายพัฒนาผู้เรียนให้ใช้การคิดเชิงคำนวณ ซึ่งสามารถคิด วิเคราะห์ แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ สามารถค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศ ประเมิน จัดการ วิเคราะห์สังเคราะห์และนำสารสนเทศไปใช้ในการแก้ปัญหาประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงและทำงานร่วมกันอย่างสร้างสรรค์ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างปลอดภัย รู้เท่าทัน มีความรับผิดชอบ มีจริยธรรม การคิดเชิงคำนวณจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่ควรได้รับการพัฒนา (วัชรพัฒน์ ศรีคำเวียง, 2561) ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิดและองค์ความรู้ เพื่อเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการให้ผู้เรียนมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน รวมถึงมีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) สอดคล้องกับการคิดเชิงคำนวณซึ่งเป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนในรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) มีการส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาการเกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความพร้อมสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ (พิชญ์ อำนวยพร, 2562)

การส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณเป็นสิ่งจำเป็นต่อนักเรียน เนื่องจากเป็นกระบวนการแก้ปัญหาสามารถพิจารณาปัญหาและจัดระเบียบข้อมูลที่มีเกี่ยวกับปัญหา ทดสอบ หาวิธีแก้ปัญหาได้เป็นลำดับขั้นตอน โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีอยู่ช่วยแก้ไขปัญหานั้นได้ (McKenna, J., 2017) ซึ่งการคิดเชิงคำนวณมีความสำคัญต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนและเป็นทักษะที่มีความเกี่ยวข้องกับทักษะเสริมศักยภาพอื่นๆ ในศตวรรษที่ 21 Wing, J.M. (2006) ได้กล่าวว่าทักษะเสริมศักยภาพนี้ควรจะถูกเพิ่มเข้าไปในความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของเด็กทุกคน ให้สมกับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เนื่องจากการคิดเชิงคำนวณเป็นการแก้ปัญหาที่มีลักษณะพิเศษคือประยุกต์ใช้หลักการของวิทยาการคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) การกำหนดสาระสำคัญหรือคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) และการออกแบบขั้นตอน

วิธี (Algorithm) ที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในศาสตร์อื่นๆ หรือปัญหาทั่วไปได้อย่างเป็นระบบ มีเหตุผลเป็นขั้นตอน ซึ่งการศึกษาในศตวรรษที่ 21 จะเปลี่ยนจากคนวัยเรียนเป็นคนวัยทำงานจึงต้องมีการเตรียมคนให้พร้อมเป็นกำลังแรงงานของประเทศ สำหรับประเทศไทยก็ได้มีการผลักดันความสามารถในการคิดเชิงคำนวณให้เป็นเรื่องที่ควรส่งเสริมกับนักเรียน โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) นำเสนอว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถพื้นฐานของการคิดแก้ปัญหาต่างๆ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ด้วยเหตุนี้หน่วยงานการศึกษาต่าง ๆ ควรพัฒนานักเรียนให้เป็นบุคคลที่มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเพื่อสามารถจัดการกับปัญหาทั่วไปในชีวิตประจำวันตลอดจนปัญหาในเรื่องการเรียนได้อย่างง่ายดายและเป็นระบบ

จากการศึกษาการคิดเชิงคำนวณเดิมอยู่ในสาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ซึ่งจากการศึกษาของ ศุภวัฒน์ ทรัพย์เกิด (2559) พบว่าการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาที่มีการเขียนโปรแกรมนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเขียนโปรแกรมจากโจทย์หรือปัญหาที่กำหนดให้ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ ทำให้ไม่สามารถออกแบบหรือหาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมได้ ซึ่งเป็นผลมาจากนักเรียนยังขาดทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหาและการออกแบบวิธีแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนผ่านกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ ศิรัฐ อิ่มแช่ม (2563) พบว่านักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่เป็นขั้นตอนและหารูปแบบของปัญหา จึงทำให้ไม่สามารถเกิดการคิดเชิงคำนวณได้ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ซับซ้อนและพิจารณาปัญหาออกเป็นส่วนย่อย และไม่สามารถระบุรูปแบบของปัญหาที่คล้ายกันจากพิจารณาความสำคัญของปัญหาได้ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถออกแบบวิธีในการแก้ปัญหาได้ นักเรียนบางคนไม่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงผลลัพธ์ได้ตามที่ตนเองต้องการ เนื่องจากไม่มีรูปแบบการจัดการที่ชัดเจนและไม่สามารถเขียนอธิบายกระบวนการได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาที่กำหนดให้ได้

ปัจจุบันสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ปรับเปลี่ยนหลักสูตรสาระเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปสู่สาระเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) รายวิชาพื้นฐานในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากการศึกษาของ ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้มีการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณในรายวิชาฟิสิกส์ พบว่าจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่มีปัญหากับการเรียนฟิสิกส์ ซึ่งนักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ซับซ้อนโดยการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์สถานการณ์แบบประยุกต์อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบได้ นักเรียนสามารถท่องจำสูตรและสมการแต่ยังขาดความเข้าใจในการนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์สถานการณ์อื่นที่แปลกใหม่ สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนยังต้องพัฒนาในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่เป็นขั้นตอนหรือเป็นระบบ การประยุกต์ใช้

ความรู้ในการแก้ไขปัญหาในรูปแบบอื่น ๆ และความเข้าใจนิยามความหมายของสมการยังไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ได้แก่ การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบของปัญหา การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี นอกจากนี้ ทวิชมณีพนา (2563) พบว่าการเรียนฟิสิกส์เรื่อง ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ของเสียง ซึ่งให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อสังเกตค่าความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริงด้วยความรู้สึกของตนเอง โดยไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือในการวัดความถี่ของเสียงที่ผิดไปจากความเป็นจริง นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่สังเกตกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการขาดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนควรเป็นรูปแบบที่พัฒนาการคิดเชิงคำนวณ โดยให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา เนื่องจากมนุษย์ต้องแก้ปัญหาต่างๆ อยู่ตลอดเวลา ความท้าทายของการคิดเชิงคำนวณอยู่ที่การออกแบบกระบวนการแก้ปัญหาที่คลุมเครือให้เป็นขั้นตอนที่ชัดเจนมากพอที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ (ปราโมทย์ วงศ์คำ, 2561) สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้สอนต้องจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนได้ออกไปเผชิญปัญหาและการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นการเรียนรู้และการพัฒนาร่วมกันระหว่างผู้เรียนและผู้สอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้จากสถานการณ์จริงเชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) จะทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนได้ง่ายและจำได้นานมากยิ่งขึ้น รวมทั้งเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและนำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม (ชยการ คีรีรัตน์, 2562)

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาการคิดเชิงคำนวณ พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในลักษณะที่นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์จริง มีการแยกย่อยปัญหาและจัดกลุ่มของปัญหาที่ซับซ้อนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนด้วยตนเองจะสามารถส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้ (ศรายุทธ ดวงจันทร์, 2561) จากงานวิจัยของ Muliyati et al. (2019) เกี่ยวกับการฝึกการคิดเชิงคำนวณโดยใช้กลยุทธ์การออกแบบแผ่นงานในการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานสำหรับนักศึกษาฟิสิกส์ระดับปริญญาตรีหลักสูตรฟิสิกส์เชิงคำนวณ ผลของงานวิจัยพบว่าการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนเพิ่มขึ้นทุกองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ได้แก่ การเป็นนามธรรมจากปัญหาที่ซับซ้อน อัลกอริทึมอัตโนมัติ การวิเคราะห์ข้อมูล การเก็บรวบรวมและการดำเนินการแทน และงานวิจัยของ Dwyer et al. (2013) ได้ศึกษาการเขียนแบบจำลองโปรแกรมของปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ในโรงเรียนประถมศึกษา การคิดเชิงคำนวณเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและการปฏิบัติที่สำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์รวมเข้ากับการเรียนการสอนและการสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่สำคัญในการอำนวยความสะดวกให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์และการปฏิบัติ ซึ่งนักเรียน

สามารถพัฒนาแบบจำลอง เพื่ออธิบายโมเมนตัมและความเร่งของวัตถุควบคู่ไปกับแนวคิดการคิดเชิงคำนวณที่ซับซ้อนเพื่อจำลองแบบจำลองนั้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนและทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูล ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้ คือ การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน จากการศึกษาของ Lou et al. (2011, p.199) ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถคิด วิเคราะห์แก้ปัญหา และใช้วิทยาศาสตร์เชื่อมโยงในชีวิตประจำวันได้ คือการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน หรือใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ คิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะและต้องการสำรวจตรวจสอบ หาความรู้มาแก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้นๆ ในขณะที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ 6 ขั้นตอน ขั้นยืนยันปัญหา ขั้นชี้แจงปัญหา ขั้นวางแผน ขั้นวางแผนการสำรอง ขั้นปรับโครงสร้าง ขั้นประเมิน ซึ่งในแต่ละขั้นจะสามารถพัฒนาการคิดเชิงคำนวณได้ เช่น ขั้นยืนยันปัญหา จะทำให้ผู้เรียนเกิดการแยกย่อยปัญหาได้ เนื่องจากในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องระบุปัญหาของสถานการณ์และแยกย่อยปัญหาเพื่อให้ง่ายต่อการจัดการปัญหา ขั้นชี้แจงปัญหา จะทำให้ผู้เรียนสามารถระบุความสำคัญของปัญหาและจัดกลุ่มของปัญหาที่คล้ายกันได้ซึ่งเป็นการหารูปแบบของปัญหาและการคิดเชิงนามธรรม ขั้นวางแผน ขั้นวางแผนสำรอง ขั้นปรับโครงสร้าง จะทำให้นักเรียนสามารถวางแผนและออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษาจะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถทางสติปัญญา กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตในโลกปัจจุบันต่อไป ด้วยเหตุผลนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวสะเต็มศึกษาจึงเป็นการจัดการเรียนการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้

จากปัญหาดังกล่าว การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาน่าจะสามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจและแก้ปัญหาที่ซับซ้อนจากบทเรียนในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ตลอดจนสามาถคิดวิเคราะห์และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนและเป็น

ระบบที่ชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการสอนวิชาฟิสิกส์เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตของงานวิจัย

ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ ดังนี้

1. **กลุ่มเป้าหมาย**

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน แผนการเรียนวิทย์-คณิต ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง ในจังหวัดพิษณุโลก

2. **ขอบเขตเนื้อหา**

เนื้อหารายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 เรื่องโมเมนตัมและการชน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2560 ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยเนื้อหา ได้แก่ โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม การดลและแรงดล การชน รวมถึงการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ของคำตอบ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสาระฟิสิกส์ ม.4/14, ม.4/15

3. **สิ่งที่ศึกษา**

การคิดเชิงคำนวณ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แนวทางในการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาฟิสิกส์

2. นำแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ไปประยุกต์ใช้กับรายวิชาฟิสิกส์ในเนื้อหาอื่น

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เกิดการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโมเมนตัมและการชน ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ คิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ และต้องการสำรวจตรวจสอบ หาความรู้มาแก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้นๆ ในขณะที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการชน มาให้นักเรียนและใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน ซึ่งให้นักเรียนยืนยันปัญหาและร่วมระบุปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนพิจารณาปัญหาและแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อยจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา โดยให้นักเรียนพิจารณารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันและพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ ผ่านการอภิปรายร่วมกัน เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแผนและออกแบบการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้ โดยให้นักเรียนออกแบบขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา และระบุรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนผ่านการสืบค้นและตัวอย่างที่ครูกำหนดให้

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรอง หรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้าเพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเองเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมิน แบบจำลองแล้วพบว่าแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง พร้อมกับอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

2. การคิดเชิงคำนวณ หมายถึง การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ หาวิธีแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ สามารถระบุเหตุผลของวิธีการแก้ปัญหาและนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบวัดการคิดเชิงคำนวณและใบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้กำหนดองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณไว้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองานออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น

2. การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหา และพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องต่างๆ โดยการกำหนดประเด็นการศึกษา ดังนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา
    - 1.1 วิสัยทัศน์
    - 1.2 พันธกิจ
    - 1.3 เป้าประสงค์
    - 1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์
    - 1.5 เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
    - 1.6 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ด้านสะเต็มศึกษา
    - 1.7 ตัวอย่างคำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์
2. การคิดเชิงคำนวณ
    - 2.1 ความหมายของการคิดเชิงคำนวณ
    - 2.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ
    - 2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาการคิดเชิงคำนวณ
    - 2.4 การวัดประเมินผลการคิดเชิงคำนวณ
3. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
    - 3.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
        - 3.1.1 ประวัติความเป็นมาของสะเต็มศึกษา
        - 3.1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา
        - 3.1.3 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา
        - 3.1.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
    - 3.2 การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน
        - 3.2.1 ประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน
        - 3.2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน
        - 3.2.3 ลักษณะสำคัญการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

3.2.4 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

3.3 การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

1. หลักสูตรสถานศึกษา

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 วิสัยทัศน์

มุ่งนำคุณภาพการศึกษา พัฒนาจิตสำนึกไทย ใฝ่เรียนรู้สู่สากล ครองตนในสังคมอย่างมีสุข

1.2 พันธกิจ

1.2.1 จัดการศึกษาขั้นพื้นฐานให้แก่บุคคลในชุมชนอย่างเสมอภาค

1.2.2 พัฒนาผู้เรียนให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานการศึกษา มีความเป็นไทย และมุ่งมั่นสู่ความเป็นสากล

1.3 เป้าประสงค์

1.3.1 ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษา

1.3.2 ชุมชนได้รับการบริการทางการศึกษาอย่างทั่วถึง

1.3.3 บุคลากรในสถานศึกษาได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

1.3.4 สถานศึกษาได้รับการสนับสนุน ยอมรับเป็นที่ประจักษ์แก่ชุมชน

1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก มุ่งพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุขในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของคุณค่าในการปฏิบัติที่แสดงออกถึงการเป็นพลเมืองดีของชาติธำรงไว้ซึ่งเอกลักษณ์ของความเป็นชาติไทย ศรัทธา ยึดมั่นในศาสนา และเคารพเทิดทูนสถาบันพระมหากษัตริย์

2. ซื่อสัตย์สุจริต นักเรียนแสดงออกถึงการยึดมั่นในความถูกต้อง และเห็นคุณค่าของการปฏิบัติที่จะนำไปสู่การพัฒนาจิตใจ ประพฤติตรงตามความเป็นจริงต่อตนเองและผู้อื่น ทั้งกาย วาจา ใจ อยู่ร่วมกันอย่างสงบสุขบนพื้นฐานความเป็นจริง

3. มีวินัย นักเรียนแสดงออกถึงการยึดมั่นในข้อตกลง กฎเกณฑ์ และระเบียบข้อบังคับของครอบครัว โรงเรียนและสังคมเป็นปกติวิสัย ไม่ละเมิดสิทธิของผู้อื่น รู้จักควบคุมตนเองในการปฏิบัติกิจกรรมอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เพื่อนำไปสู่การดำเนินชีวิตประจำวันอย่างมีแบบแผนและมีคุณภาพชีวิตในอนาคต

4. ใฝ่เรียนรู้ นักเรียนแสดงออกถึงความตั้งใจ เพียรพยายามในการเรียน แสวงหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียนอย่างสม่ำเสมอ ด้วยการเลือกใช้สื่ออย่างเหมาะสม นำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตได้สอดคล้องกับสภาพจริง

5. อยู่อย่างพอเพียง นักเรียนแสดงออกถึงการดำเนินชีวิตอย่างพอประมาณ มีเหตุผล รอบคอบ มีคุณธรรม มีภูมิคุ้มกันในตัวที่ดี และปรับตัวเพื่ออยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข

6. มุ่งมั่นในการทำงาน นักเรียนแสดงออกถึงความตั้งใจและรับผิดชอบในการทำหน้าที่การงานด้วยความเพียรพยายาม อดทน รู้จักวางแผนและเลือกแนวปฏิบัติที่จะนำไปสู่จุดมุ่งหมายในการเรียนรู้และการทำงานตามหน้าที่ ซึ่งจะส่งผลดีต่อการพัฒนาอาชีพ

7. รักความเป็นไทย นักเรียนแสดงออกถึงความภูมิใจ เห็นคุณค่า ร่วมอนุรักษ์ สืบทอดภูมิปัญญาไทย ขนบธรรมเนียมประเพณี ศิลปวัฒนธรรม ใช้ภาษาไทยในการสื่อสารได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมตระหนักในหน้าที่และความรับผิดชอบในฐานะพลเมืองดีที่มีต่อประเทศชาติ สืบทอดเอกลักษณ์ที่แสดงถึงความเป็นไทยเพื่อนำไปสู่ความสงบเรียบร้อยและดำรงไว้ซึ่งความมีอารยะของชาติ

8. มีจิตสาธารณะ นักเรียนแสดงออกถึงการมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้อื่น ชุมชน และสังคม ด้วยความเต็มใจกระตือรือร้น โดยไม่หวังผลตอบแทน รวมทั้งตระหนักและเห็นคุณค่าของการเสียสละเพื่อประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตน

1.5 เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

5. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

1.6 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ด้านสะเต็มศึกษา

ในงานวิจัยครั้งนี้จะทำการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณเรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.6.1 สาระเพิ่มเติมฟิสิกส์

เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรงแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุงาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ 2

1. สืบค้นและอธิบายการค้นหาความรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของ หลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการ แสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี

2. วัดและรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง

3. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่ง ของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มี ความเร่งคงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

4. อธิบายแรง รวมทั้งทดลองและอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน

5. เขียนแผนภาพวัตถุอิสระ ทดลองและอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

6. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของ สนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

7. วิเคราะห์ อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่ วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน

8. อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุ อิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และ คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง

9. สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ

10. วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัวจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับ ตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย

11. อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับ พลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาด ของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์

12. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการ เคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์ พลังงานกล

13. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล

14. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม

15. ทดลอง อธิบายและคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

16. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณ ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

17. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

จากการที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษาในเนื้อหารายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน พบว่า มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่ 14 และผลการเรียนรู้ที่ 15 ซึ่งผู้วิจัยนำไปใช้ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 3 แผน เรื่องโมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม และการดล ใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง

1.6.2 สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตัวชี้วัด

ว 4.2 ม.4/1 ประยุกต์ใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการพัฒนาโครงงานที่มีการบูรณาการกับวิชาอื่นอย่างสร้างสรรค์และเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

1.6.3 สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการและนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

ตัวชี้วัด

ค 1.1 ม.2/2 เข้าใจจำนวนจริงและความสัมพันธ์ของจำนวนจริง และใช้สมบัติของจำนวนจริงในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

ค 1.3 ม.1/1 เข้าใจและใช้สมบัติของการเท่ากันและสมบัติของจำนวน เพื่อวิเคราะห์และแก้ปัญหาโดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

ค 1.3 ม.1/2 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับกราฟในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

1.7 ตัวอย่างคำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์

ในงานวิจัยครั้งนี้จะทำการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณเรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งใช้คำอธิบายรายวิชาของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ดังนี้

ศึกษาหลักการของกลศาสตร์ในเรื่องสมดุลกลและเงื่อนไขที่ทำให้วัตถุหรือระบบอยู่ในสมดุลกลศูนย์กลางมวลของวัตถุและผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ งาน พลังงาน ความสัมพันธ์ระหว่างงาน พลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก แรงอนุรักษ์ กฎการอนุรักษ์พลังงาน กำลัง เครื่องกลอย่างง่าย ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โมเมนตัม การชนกันของวัตถุในหนึ่งมิติ การดล แรงดลและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ และการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิปราย อภิปรายและสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

2. การคิดเชิงคำนวณ

2.1 ความหมายของการคิดเชิงคำนวณ

มีนักการศึกษาจำนวนมากได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าดังนี้

Dwyer et al. (2013) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและการปฏิบัติที่สำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ สามารถสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์และการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

McKenna, J. (2017) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณคือทักษะกระบวนการที่นักเรียนค้นหาและพิจารณาปัญหา จัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อปรับปรุงแก้ไข

Wing, J. M. (2006) ได้ให้ความหมายการคิดเชิงคำนวณไว้ว่า เป็นการคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา การออกแบบระบบ และการเข้าใจพฤติกรรมมนุษย์โดยอาศัยแนวคิดพื้นฐานของวิทยาการคอมพิวเตอร์ รวมถึงเครื่องมือทางจิตที่สะท้อนให้เห็นถึงความกว้างขวางของสาขาวิชาวิทยาการคำนวณ

พิชญ์ อำนวยพร (2562) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการคิด วิเคราะห์แก้ปัญหา อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ (The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2018, p.9) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนในรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) รวมไปถึงการส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการเกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความพร้อมสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

ภาสกร เรืองรอง (2561) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณ คือ กระบวนการคิดที่ต้องใช้ทักษะและเทคนิคเพื่อแก้ไขปัญหา โดยมีลำดับขั้นตอนและวิธีการแก้ไขปัญหาจะต้องถูกนำเสนอในรูปแบบที่ผู้แก้ปัญหาสามารถปฏิบัติตามได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งสามารถนำแนวคิดลำดับขั้นตอนไปแก้ปัญหาในเชิงนามธรรมจากข้อมูลจำนวนมาก และสามารถหาเหตุผลจากฐานข้อมูลนี้ได้

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการคิดแก้ไขปัญหา โดยวิเคราะห์ข้อมูลและรายละเอียดของปัญหา หาความสัมพันธ์ของปัญหา และวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน เพื่อให้วิธีการแก้ปัญหานั้นเป็นรูปแบบที่ผู้แก้ปัญหาสามารถปฏิบัติตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุวิมล นิลพันธ์ (2563) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถในการคิดแก้ปัญหาที่เริ่มจากการทำความเข้าใจปัญหาด้วยหลักเหตุผล เพื่อนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหาที่มีลำดับขั้นตอนที่สามารถปฏิบัติตามได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปความหมายของการคิดเชิงคำนวณได้ว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการคิด วิเคราะห์ หาวิธีแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ สามารถระบุเหตุผลของวิธีการแก้ปัญหาและนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีนักการศึกษาแบ่งองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณไว้ที่มีลักษณะร่วมกันในบางองค์ประกอบดังต่อไปนี้

Angeli et al. (2016) ได้แบ่งองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณไว้ดังต่อไปนี้

1. การแบ่งปัญหา (Decomposition) คือ การแบ่งปัญหาที่ซับซ้อนออกเป็นปัญหาส่วนย่อย ๆ เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น

2. ลักษณะทั่วไป (Generalization) คือ การกำหนดวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบทั่วไปเพื่อให้สามารถนำไปใช้กับปัญหาต่าง ๆ

3. นามธรรม (Abstraction) คือ การตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้และละเว้นข้อมูลที่ไม่สำคัญ

4. อัลกอริทึม (Algorithms) คือ ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาไปทีละขั้นตอน เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. การแก้จุดบกพร่อง (Debugging) คือ การระบุและแก้ไขข้อผิดพลาด

Burton, E. E. P., Cleary, T. J., & Kitsantas, A. (2018) ได้นำเสนอองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ ประกอบด้วย

1. การแบ่งปัญหา (Decomposition) คือ การแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการแก้ปัญหามากขึ้น

2. รูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) คือ การค้นหาและจำรูปแบบหรือแนวโน้ม

3. อัลกอริทึม (Algorithms) คือ การสร้างชุดคำสั่ง ที่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

4. นามธรรม (Abstraction) คือ การบอกหลักการทั่วไปที่สามารถสร้างรูปแบบของวิธีแก้ปัญหา

Poolsawas, B., & Dokprakhon, P. (2016 อ้างถึงใน ภาสกร เรืองรอง และคณะ, 2561, น. 324) กล่าวว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณประกอบไปด้วย

1. การลงลึกเพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบย่อยเพื่อศึกษาความซับซ้อนของผลลัพธ์หรือปัญหา (Decomposition) เช่น การบอกว่าอาหารที่เราไม่เคยทานแล้วได้ทดลองทานดูนั้นมีรสชาติ กลิ่น มาจากส่วนประกอบอะไรบ้าง (Materials) รูปแบบเบื้องต้นคือ การแจกแจง ปัญหาไปสู่ส่วนประกอบย่อย เพื่อปรับปรุงให้ดีขึ้น

2. การมองหารูปแบบของปัญหาหรือสถานการณ์ (Pattern Recognition) คือ ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ เช่น การดูกราฟแท่งเทียนของนักวิเคราะห์หุ้น ที่สามารถมองรูปแบบ กราฟแล้ว Forecast สถานการณ์ ของหุ้นที่จะเกิดขึ้นได้ โดย Pattern ที่เกิดขึ้นนั้น นักวิเคราะห์ หุ้นจะทราบทันทีว่าจะตัดสินใจซื้อหรือขายหุ้นในมือ

3. การมองภาพรวมเพื่อนิยามสิ่งที่เป็นรายละเอียดปลีกย่อย (Paterm Generalization and Abstraction) เช่น ในการบริหารเวลานักวางแผนใช้การวางแผนรายสัปดาห์แทน รายวันและรายชั่วโมง

4. การออกแบบ (Algorithm Design) เป็นรูปแบบที่สำคัญที่สุด

Isnaini, R., Budiyanto, C., & Widiastuti, I. (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

Selby, C., & Woollard, J. (2013) ได้แบ่งองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณไว้ดังต่อไปนี้

1. นามธรรม (Abstraction) การแยกปัญหาที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อการแก้ปัญหาที่ง่ายขึ้น

2. การคิดอัลกอริทึม (Algorithmic) การเขียนวิธีแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

3. การแบ่งปัญหา (Decomposition) การแบ่งข้อมูลหรือปัญหาที่ซับซ้อนออกเป็นส่วน ๆ เพื่อหาวิธีแก้ปัญหา

4. การประเมิน (Evaluation) การประเมินกระบวนการของการแก้ปัญหา

5. ลักษณะทั่วไป (Generalisation) การตระหนักถึงวิธีแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้หรือไม่

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณมีองค์ประกอบย่อยที่สำคัญ 4 ประการ ได้แก่

1. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) คือ ความสามารถในการแบ่ง จำแนกปัญหาออกเป็นส่วนย่อย เพื่อการจัดการได้ง่ายขึ้น

2. การหารูปแบบ (Pattern recognition) คือ ความสามารถในการค้นหาความเหมือนหรือความคล้ายของรูปแบบการแก้ปัญหา

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) คือ ความสามารถในการมุ่งคิดไปที่ข้อมูลสำคัญของปัญหาหรือวิธีการแก้ปัญหา โดยคัดกรองส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) คือ ความสามารถในการคิดค้นและอธิบายขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน

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

1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองาน ออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น

2. การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหา และพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2559) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาประกอบด้วยการใช้ทักษะย่อย 4 ประการ ได้แก่

1. การแยกย่อย (Decomposition) เช่น แตกปัญหาหรือกระบวนการออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการได้ง่ายขึ้น จัดได้ว่าเป็นการใช้ความคิดวิเคราะห์

2. การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) เพื่อดูความเหมือนความต่างของรูปแบบการเปลี่ยนแปลง ทำให้ทราบแนวโน้มเพื่อทำนายไปข้างหน้าได้ เช่น ผู้เล่นหุ้นดูราคาทองคำกับตลาดหุ้นกลุ่มพลังงาน จะเห็นรูปแบบที่สัมพันธ์กับราคาน้ำมัน เป็นต้น

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นทักษะที่ช่วยให้เข้าใจภาพทั่วไปทำให้ได้หลักการที่เกิดรูปแบบขึ้น ทักษะนี้ช่วยชักนำให้ผุดคำตอบเชิงนามธรรมขึ้นมาเอง เป็นทักษะสำคัญที่ทำให้เกิดหลักความรู้หรือทฤษฎี

4. การออกแบบขั้นตอน (Algorithm Design) เป็นทักษะที่สร้างลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหาทำให้ทราบว่าต้องทำอะไรก่อนและหลัง

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณที่มีนักการศึกษาแบ่งองค์ประกอบไว้ แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 วิเคราะห์องค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ

องค์ประกอบ	แนวคิดของนักการศึกษาที่กำหนดองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ							
	Selby, C., & Woollard, J. (2013)	Angeli et al. (2016)	Poolsawas, B., & Dokprakhon, P. (2016)	สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2559)	Burton, E. E. P., Cleary, T. J., & Kitsantas, A. (2018)	ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561)	สสวท. (2561)	Isnaini, R., Budiyanto, C., & Widiastuti, I. (2019)
1	การแบ่งปัญหา	การแบ่งปัญหา	วิเคราะห์ส่วนประกอบย่อยของปัญหา	การแยกย่อย	การแบ่งปัญหา	การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	การแบ่งปัญหา
2	ลักษณะทั่วไป	ลักษณะทั่วไป	การมองหารูปแบบของปัญหา	การจดจำรูปแบบ	รูปแบบของปัญหา	การหารูปแบบ	การหารูปแบบของปัญหา	ลักษณะทั่วไป
3	นามธรรม	นามธรรม	การมองภาพรวม	การคิดเชิงนามธรรม	นามธรรม	การคิดเชิงนามธรรม	การคิดเชิงนามธรรม	นามธรรม
4	การคิดอัลกอริทึม	อัลกอริทึม	การออกแบบ	การออกแบบขั้นตอน	อัลกอริทึม	การออกแบบขั้นตอนวิธี	การออกแบบขั้นตอนวิธี	อัลกอริทึม

องค์ประกอบ	แนวคิดของนักการศึกษาที่กำหนดองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ							
	Selby, C., & Woollard, J. (2013)	Angeli et al. (2016)	Poolsawas, B., & Dokprakhon, P. (2016)	สุธีระ ประเสริฐสรรพ์ (2559)	Burton, E. E. P., Cleary, T. J., & Kitsantas, A. (2018)	ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561)	สสวท. (2561)	Isnaini, R., Budiyanto, C., & Widiastuti, I. (2019)
5	-	การแก้จุดบกพร่อง	-	-	-	-	-	การคิดอย่างมีตรรกะ
6	การประเมิน	-	-	-	-	-	-	การประเมิน

จากตาราง 1 การศึกษาองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณพบว่า มีลักษณะขององค์ประกอบที่คล้ายคลึงกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์และเลือกองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่เน้นการคิดและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาเรื่องโมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย

1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองาน ออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น

2. การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหา และพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหา แยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ

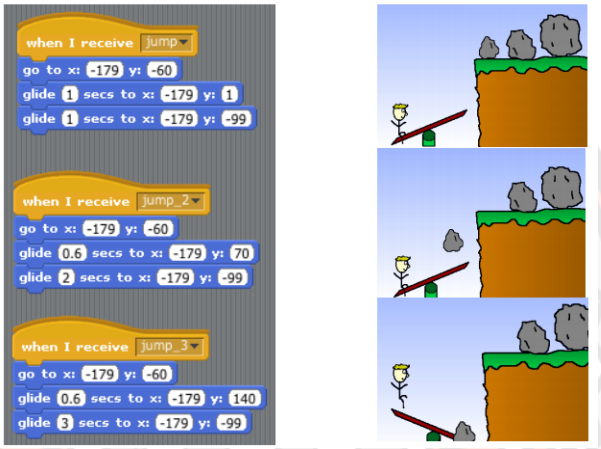
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน

2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาการคิดเชิงคำนวณ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้ออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาการคิดเชิงคำนวณไว้ ประกอบด้วย การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณแบบอันปลั๊ก แบบจำลองการเขียนโปรแกรมของปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ และการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Brackmann et al. (2017) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณแบบอันปลั๊ก (Computational Thinking Unplugged Activities) เป็นการจัดการเรียนรู้ในแวดวงวิทยาการคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง โดยไม่ใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ ไฟฟ้า อินเทอร์เน็ท คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ในการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้มุ่งพัฒนานักเรียนให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณโดยเฉพาะ ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะส่งเสริมความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ เช่น กิจกรรมการแยกส่วนประกอบ (Decomposition Activity) ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้จำแนกปัญหาตามที่ครูกำหนดไว้ในใบงาน และทำการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาตามหัวข้อที่ได้รับ ซึ่งกิจกรรมนี้ออกแบบมาเพื่อพัฒนาความสามารถทางด้านการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) การใช้ขั้นตอนวิธี (Algoritms) เป็นต้น โดยการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้เหมาะสมกับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา

Dwyer et al. (2013) ได้ศึกษาแบบจำลองการเขียนโปรแกรมของปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ในโรงเรียนประถมศึกษา จัดกิจกรรมการเรียนเรียนรู้โดยพัฒนาแบบจำลองเพื่ออธิบายโมเมนตัมและความเร่งของวัตถุ ซึ่งกิจกรรมจะส่งเสริมความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณผ่านการย่อยปัญหา (Decomposition) และการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้รวบรวมข้อมูลตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาออกแบบและพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งกิจกรรมนี้สามารถพัฒนาด้านการย่อยปัญหาและการออกแบบขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา แสดงการจำลองการเคลื่อนไหวของอนิเมชั่นแสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 การจำลองการเคลื่อนไหวของอนิเมชั่น

ที่มา: Dwyer et al. 2013

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยแนวทางสำหรับการจัดการเรียนรู้ในสาขาวิชาฟิสิกส์ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เนื่องจากสามารถจัดการเรียนรู้โดยนำสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงเชื่อมโยงกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ มุ่งเน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาวิชาฟิสิกส์

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาการคิดเชิงคำนวณพบว่าในงานวิจัยดังกล่าวไม่ได้สะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณที่ชัดเจนจากขั้นตอนการสอนและผลการวิจัยสามารถพัฒนาการคิดเชิงคำนวณไม่ครบทุกองค์ประกอบ ซึ่งแนวทางที่น่าสนใจและเหมาะสำหรับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในรายวิชาฟิสิกส์ คือ การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตาม

แนวคิดสะเต็มศึกษา เนื่องจากการจัดการเรียนรู้นี้สามารถนำสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงของผู้เรียนเชื่อมโยงกับเนื้อหาฟิสิกส์ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยเลือกขั้นตอนของ Lou et al. (2011, p.199) ซึ่งได้เสนอการจัดการเรียนรู้ไว้ 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นยืนยันปัญหา ขั้นชี้แจงปัญหา ขั้นวางแผน ขั้นวางแผนการสำรอง ขั้นปรับโครงสร้าง ขั้นประเมิน ซึ่งแต่ละขั้นตอนสามารถพัฒนาแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณได้ เช่น ขั้นยืนยันปัญหา ทำให้ผู้เรียนเกิดการแยกย่อยปัญหาได้ เนื่องจากในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องระบุปัญหาของสถานการณ์และแยกย่อยปัญหาเพื่อให้ง่ายต่อการจัดการปัญหา ขั้นชี้แจงปัญหาจะทำให้ผู้เรียนสามารถระบุความสำคัญของปัญหาและจัดกลุ่มของปัญหาที่คล้ายกันได้ซึ่งเป็นการหารูปแบบของปัญหาและการคิดเชิงนามธรรม ขั้นวางแผน ขั้นวางแผนสำรอง ขั้นปรับโครงสร้าง จะทำให้นักเรียนสามารถวางแผนและออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณครบทุกองค์ประกอบ

2.4 การวัดประเมินผลการคิดเชิงคำนวณ

สำหรับการวัดประเมินผลการคิดเชิงคำนวณมีการวัดประเมินหลายวิธี ซึ่งผู้วิ จัยได้ทำการศึกษาการวัดประเมินผลการคิดเชิงคำนวณและจัดกลุ่มของการวัดประเมินผลที่มีลักษณะคล้ายกันไว้ในหมวดเดียวกัน โดยมีนักการศึกษาได้ออกแบบการวัดประเมินผลไว้ ประกอบด้วย แฟ้มสะสมผลงาน การสัมภาษณ์ ภาพจำลองการออกแบบ แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณ การออกแบบรูบริกให้คะแนน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 แฟ้มสะสมผลงาน Brennan, K., & Resnick, M. (2012) ได้กล่าวว่า แฟ้มสะสมผลงานเป็นการวิเคราะห์ถึงการใช้ตัวแทนข้อมูลในการทำงาน

2.4.2 การสัมภาษณ์ Brennan, K., & Resnick, M. (2012) ได้กล่าวว่า การสัมภาษณ์เป็นการถามตอบโดยใช้สิ่งของหรือผลงานที่อ้างอิงถึงการทำงาน

2.4.3 ภาพจำลองการออกแบบ Brennan, K., & Resnick, M. (2012) ได้กล่าวว่า ภาพจำลองการออกแบบเป็นการกำหนดระดับการทำงาน 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง และสูง โดยให้นักเรียนประเมินตนเองจากการเลือกระดับของการทำงานพร้อมทั้งให้นักเรียนอธิบายระดับของการทำงานที่เลือกเหตุผลที่เลือกและคุณสมบัติของงานที่สอดคล้องกับระดับของการทำงานที่เลือก

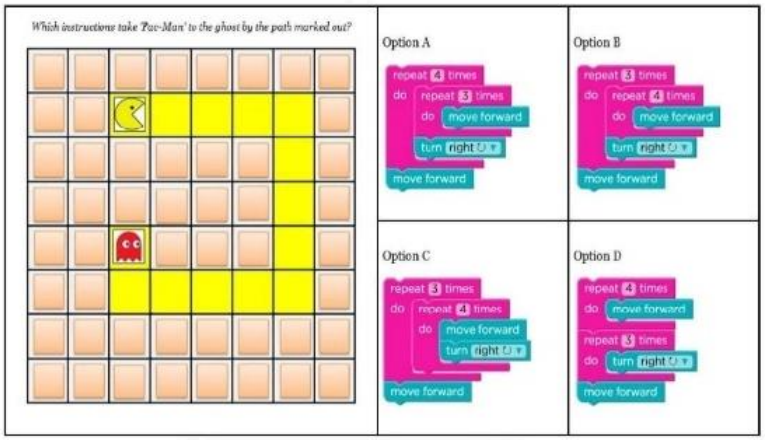
2.4.4 การวัดประเมินผลที่ใช้แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณ มีนักการศึกษาใช้แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณหลายท่าน Brackmann et al. (2017; Kong, S.C., Abelson, H., & Lai, M.,

2010; ศรายุทธ ดวงจันทร์, 2561; องค์กร Code.org, 2015) แสดงตัวอย่างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณดังต่อไปนี้

เครื่องมือวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยสร้างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณรูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choices) ซึ่งในแบบทดสอบแต่ละข้อสามารถวิเคราะห์การวัดองค์ประกอบ ย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังตัวอย่างนี้

ตัวอย่างแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

คำถาม : ชุดคำสั่งใดที่สามารถนำแพ็คแมนไปสู่ผีได้ตามเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้



ภาพ 2 ตัวอย่างคำถามจากแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณของ Brackmann

ที่มา: Brackmann et al., 2017

จากภาพ 2 คำตอบที่ถูกต้องคือ ตัวเลือก B และสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อย ของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

1. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition): วิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่และแบ่งช่องการเคลื่อนที่แต่ละก้าวของแพ็คแมนไปสู่การกินผี

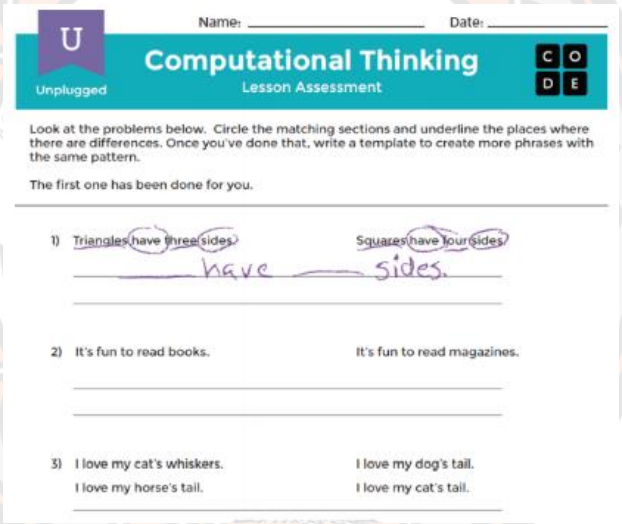
2. การหารูปแบบ (Pattern Recognition): หารูปแบบการเคลื่อนที่ซ้ำของแพ็คแมนภายในเส้นทางที่กำหนดได้ (เดินหน้า 4 ครั้ง และเลี้ยวขวา 1 ครั้ง)

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction): มุ่งความสนใจไปที่ลักษณะการแก้ปัญหากล่าวคือสนใจเฉพาะเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้เท่านั้น เพื่อนำไปสู่ชุดคำสั่งของเส้นทางดังกล่าว

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms): พิจารณาขั้นตอนวิธีที่สามารถทำให้แพ็คแมนเดินทางไปกินผีได้

การออกแบบการวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสามารถสร้าง สถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาในการวัดที่ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกซึ่งความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านต่าง ๆ และมีแนวทางการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้ แบบทดสอบข้อเขียน ซึ่งสามารถออกแบบได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณลักษณะให้เลือกตอบ (Multiple Choices) และแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณลักษณะให้เขียนตอบ ซึ่งเป็นแบบวัดประเภทอัตนัย

ตัวอย่างวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นแบบวัดรูปแบบการสอบข้อเขียนประเภทการเขียนตอบแบบอัตนัย แสดงตัวอย่างดังภาพ 3



U

Unplugged

Name: _____ Date: _____

Computational Thinking

Lesson Assessment

C O D E

Look at the problems below. Circle the matching sections and underline the places where there are differences. Once you've done that, write a template to create more phrases with the same pattern.

The first one has been done for you.

1) Triangles have three sides. Squares have four sides.

_____ have _____ sides.

2) It's fun to read books. It's fun to read magazines.

3) I love my cat's whiskers. I love my dog's tail.

I love my horse's tail. I love my cat's tail.

ภาพ 3 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ที่มา: Code.org, 2015

ตัวอย่างแบบทดสอบดังกล่าวมีคำสั่งให้นักเรียนวงกลมส่วนย่อยของประโยคที่มีความเหมือนกันและขีดเส้นใต้ส่วนย่อยของประโยคที่แตกต่างกัน จากนั้นใช้โครงสร้างคำที่เป็นรูปแบบของประโยคเขียนประโยคใหม่ขึ้นมา สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

1. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition): นักเรียนสามารถแยกคำออกเป็นส่วนที่มีความเหมือนและแตกต่างกันระหว่างประโยคใด ๆ ที่โจทย์กำหนด

2. การหารูปแบบ (Pattern Recognition) : นักเรียนสามารถระบุคำที่เหมือนกันในแต่ละประโยคได้

2.4.5 การวัดประเมินผลที่ใช้การออกแบบรูบริกให้คะแนน มีนักการศึกษาใช้การออกแบบรูบริกให้คะแนนหลายท่าน Kong, S.C., Abelson, H., & Lai, M. (2010; Ling et al., 2018; Rodriguez, 2015; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560ข, น. 102-104) แสดงตัวอย่างการออกแบบรูบริกให้คะแนน ดังต่อไปนี้

การออกแบบการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ระดับ โดยที่สามารถแปลความหมายของแต่ละระดับความสามารถได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 ระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ช่วงคะแนนร้อยละที่ได้	ระดับความสามารถ	ความหมาย
มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 81 ขึ้นไป	6	ดีมาก
มีคะแนนระหว่างร้อยละ 65-80	5	ดี
มีคะแนนระหว่างร้อยละ 49-64	4	ค่อนข้างดี
มีคะแนนระหว่างร้อยละ 33-48	3	พอใช้
มีคะแนนระหว่างร้อยละ 17-32	2	ค่อนข้างต่ำ
มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 16	1	ปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค เป็นการให้คะแนนในแบบวัดที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบประเภทอัตนัย โดยเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อคำถามเป็นช่วง จำนวน 4 ช่วง ตั้งแต่ 0-3 คะแนน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคในแต่ละข้อคำถามจะมีความ แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานการณ์ปัญหาของแต่ละข้อคำถามโดยเฉพาะ แสดงเกณฑ์คะแนนแบบรูบริคของ Rodriguez ดังตาราง 3

ตาราง 3 เกณฑ์คะแนนแบบรูบริคของแบบทดสอบการค้นหาและแก้ไขข้อผิดผลาดของ Rodriguez

	เกณฑ์การให้คะแนน		
	(3)	(2)	(1)
ข้อคำถามที่ 1	นักเรียนระบุข้อผิดพลาด ได้อย่างถูกต้อง 1 ตำแหน่งเท่านั้น และสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดนั้นได้ถูกต้องโดยใช้ชุดตัวเลขที่ถูกส่งกลับไปแทนชุดตัวเลขที่มีข้อผิดพลาด	นักเรียนระบุข้อผิดพลาด ได้ 2 ตำแหน่งหรือ มากกว่านั้นหรือแก้ไขข้อผิดพลาดโดยเปลี่ยนตัวเลขในแถวหรือคอมลัมน์ที่เป็น parity bits	นักเรียนไม่ระบุข้อผิดพลาดหรือไม่แก้ไขข้อผิดพลาดในตาราง
ข้อคำถามที่ 2	นักเรียนเติม parity bits ได้ถูกต้องสมบูรณ์ทุกตำแหน่ง	นักเรียนเติม parity bits ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ทุกตำแหน่ง	นักเรียนไม่พยายามเติมหรือไม่สามารถเติม parity bits ได้ถูกต้องเลย

การวัดและประเมินผลทักษะการคิดเชิงคำนวณไว้ว่าเป็นการประเมินตนเองโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริค 4 ระดับ คือ เริ่มต้น กำลังพัฒนา ดีและยอดเยี่ยม ซึ่งแบ่งตามกระบวนการย่อยส่วนประกอบและการแยกปัญหาย่อยได้เป็น 3 ด้าน คือ

1. เข้าใจความต้องการของปัญหาและอธิบายปัญหา
2. การแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย
3. ความสำเร็จในการแก้ปัญหา ดังตาราง 4 และตาราง 5

ตาราง 4 แบบประเมินตนเอง การแยกย่อยส่วนประกอบและการย่อยปัญหา

รายการ	ผลการวัดประเมินผล			
	เริ่มต้น	**กำลังพัฒนา**	**ดี**	**ยอดเยี่ยม**
เข้าใจความต้องการของปัญหา	ไม่เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและไม่สามารถอธิบายได้	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและอธิบายปัญหาได้แต่ไม่ครบทุกประเด็น	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและอธิบายปัญหาได้ครบทุกประเด็นแต่ไม่สามารถแยกส่วนประกอบของปัญหาได้	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรอธิบายปัญหาได้และวิเคราะห์แยกส่วนประกอบของปัญหา
การแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	ไม่สามารถแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ ยังไม่ละเอียดละออพอหรือไม่ครบทุกประเด็น	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้และสามารถเชื่อมโยงแต่ละส่วนเข้าด้วยกันได้
ความสำเร็จในการแก้ปัญหา	ไม่สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้	สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้บางส่วน	สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้ส่วนใหญ่	สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้ครบถ้วน

ตาราง 5 แบบประเมินการคิดเชิงนามธรรม

รายการ	ผลการวัดประเมินผล		
	ปรับปรุง	**พอใช้**	**ดี**
บอกส่วนที่สำคัญที่สุดของแบบจำลองหรือปัญหา	นักเรียนไม่สามารถบอกส่วนสำคัญที่สุดของแบบจำลองได้	นักเรียนสามารถบอกส่วนที่สำคัญได้แต่ไม่ครบถ้วน	นักเรียนสามารถบอกส่วนสำคัญที่สุดของแบบจำลองได้ครบถ้วน
อธิบายรายละเอียดของส่วนประกอบที่สำคัญของแบบจำลองหรือปัญหาได้	นักเรียนไม่สามารถอธิบายรายละเอียดของแบบจำลองหรือปัญหาได้	นักเรียนสามารถอธิบายรายละเอียดของแบบจำลองหรือปัญหาได้บางส่วน	นักเรียนสารถอธิบายรายละเอียดของแบบจำลองหรือปัญหาได้
อธิบายหลักการทำงานของแบบจำลองหรือแนวทางการนำแบบจำลองไปใช้	นักเรียนไม่สามารถอธิบายหลักการทำงานของแบบจำลองหรือแนวทางการนำแบบจำลองไปใช้	นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของแบบจำลองหรือแนวทางการนำแบบจำลองไปใช้ได้บางส่วน	นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของแบบจำลองหรือแนวทางการนำแบบจำลองไปใช้

จากการวัดและประเมินผลของการคิดเชิงคำนวณที่ผู้วิจัยจัดกลุ่มไว้สามารถสรุปได้ว่าการวัดประเมินผลสามารถใช้ได้หลายวิธีและนักการศึกษาส่วนใหญ่จะใช้แบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณและเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก ผู้วิจัยจึงเลือกการวัดและประเมินผลของการคิดเชิงคำนวณที่เป็นแบบทดสอบการคิดเชิงคำนวณที่มีลักษณะเป็นข้อเขียนประเภทการเขียนตอบอัตนัยและเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ข, น. 102-104)

3. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1.1 ประวัติความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

การพัฒนาประเทศเพื่อให้อยู่ได้ในยุคศตวรรษที่ 21 กำลังเป็นประเด็นที่ท้าทายสำหรับผู้นำประเทศทั่วโลก สิ่งสำคัญที่นานาประเทศต่างมุ่งหวัง คือ การพัฒนาให้เยาวชนในประเทศมีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีควบคู่ไปกับการมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามการมีความรู้และทักษะในวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี อาจไม่เพียงพอสำหรับประเทศที่กำลังขาดแคลนแรงงานคุณภาพดี หรือแรงงานที่สามารถนำความรู้ทั้งหลายมาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องมือใช้ต่างๆ สำหรับการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคต

ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นประเทศหนึ่งที่กำลังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานคุณภาพ เยาวชนไม่สนใจการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี รวมทั้งเมื่อสำเร็จการศึกษาผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะอาชีพวิศวกร ซึ่งกำลังเป็นอาชีพที่ขาดแคลนมากในประเทศสหรัฐอเมริกา (Koehler, Faraclas, Giblin, Moss & Kazerounian, 2013) ดังนั้นรัฐบาลจึงได้ดำเนินการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยตั้งเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ว่าต้องพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยแห่งชาติ หรือ National Research Council (NRC, 2012) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ที่นับได้ว่าเป็นชาติแรกที่ผนวกศาสตร์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกัน และเน้นการสร้างแรงจูงใจให้เยาวชนของชาติหันมาสนใจในอาชีพที่ขาดแคลน จึงมีการแทรกเนื้อหาด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีลงสู่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรมกลายเป็นที่มาของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีการบูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าไว้ด้วยกัน (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558)

สำหรับประเทศไทยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นหน่วยงานหลักในการยกระดับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของประเทศ มีบทบาทในการริเริ่มและส่งเสริมให้มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยและพัฒนาหลักสูตร วิธีการเรียนรู้ รวมถึงวิธีการสอนการประเมินผลการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความมุ่งมั่นที่จะส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้เกิดขึ้นในทุกระดับชั้น เพื่อให้เยาวชนไทยได้พัฒนาทักษะ กระบวนการคิด วิเคราะห์ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งเห็นความสำคัญของการ

เรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีลักษณะ 5 ประการ ได้แก่ 1. เป็นการสอนที่เน้นการบูรณาการ 2. ช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการทำอาชีพ 3. เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 4. ท้าทายความคิดของนักเรียน และ 5. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์และเห็นว่าวิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

3.1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการศาสตร์ 4 วิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายในลักษณะที่คล้ายกันดังต่อไปนี้

Koehler, Faraclas, Giblin, Moss & Kazerounian. (2013 อ้างถึงใน พัทธดนย์ อุดมสันติ, 2560, น. 39) ได้อธิบายถึงความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการรู้เรื่องทางเทคนิค (Technical Literacy) สามารถนำเนื้อหาความรู้และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ไปใชแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ และสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้อย่างผู้มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี

Robert (2013 อ้างถึงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, น. 86) ได้อธิบายว่าสะเต็มศึกษา คือ วิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เข้าไว้ด้วยกันเป็นหนึ่งเดียว การหลอมรวมดังกล่าวทำได้โดยการจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนรากฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem-solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies) ดังนั้น โรเบิร์ต จึงมองว่าสะเต็มศึกษา อาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. การบูรณาการเนื้อหา ทางวิศวกรรมศาสตร์ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และ 2. การบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และ/หรือ วิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)

ภาคภูมิ พุ่มพวง (2561) ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาระวิชา โดยมีการนำจุดเด่นของแต่ละสาระวิชามารวมกัน เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้แก่ผู้เรียน โดยสาระวิชาที่นำมาใช้ในการบูรณาการมีทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ 1. วิทยาศาสตร์ (Science) 2. เทคโนโลยี (Technology) 3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)

4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยที่ผู้เรียนจะต้องมีการนำความรู้ในแต่ละสาระวิชามาใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา ค้นคว้าและพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ที่พบในชีวิตจริง

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 วิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง มีการพัฒนาผลงานขึ้นมาตอบสนองการแก้ปัญหา

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558, น. 129) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ หลายด้าน ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สังคมศาสตร์ เข้า ด้วยกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนมองเห็นความสำคัญของความรู้ในแต่ละศาสตร์และ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหา หรือออกแบบสิ่งประดิษฐ์เพื่ออนาคต อีกทั้งยังมี จุดมุ่งหมายที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ มีการสำรวจตรวจสอบการ คิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ ซึ่งจะสอดคล้องกับสรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ในโครงการประเมินผล นักเรียนนานาชาติ (PISA) อีกด้วย

สินีนาฏ ทาบึงกาฬ (2559) ได้ระบุว่าสะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ในสหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งพัฒนาการกระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อชีวิตและการดำเนินงาน

สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ (2561) สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน

จากการศึกษาความหมายของสะเต็มศึกษาที่มีนักการศึกษาให้ความหมายไว้ ผู้วิจัยจึงทำการสรุปความหมายของสะเต็มศึกษาว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน โดยไม่เน้นการท่องจำหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และสมการทางคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่จะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ ตั้งคำถาม คิดแก้ปัญหา และนำมาแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ด้วยตนเอง

3.1.3 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีลักษณะสำคัญ ได้แก่ สร้างความเชื่อมโยงให้นักเรียนได้นำความรู้ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริง เรียนรู้และแก้ปัญหาภายใต้ความท้าทาย มีการ

วางแผนออกแบบอย่างเป็นขั้นตอน เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และเน้นการบูรณาการความรู้ โดยระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้ 4 ระดับ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557 อ้างถึงใน ศรายุทธ ดวงจันทร์, 2561, น. 15) ดังนี้

3.1.3.1 การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

3.1.3.2 การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลักที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3.1.3.3 การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกันโดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกันโดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

3.1.3.4 การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตัวเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบของปัญหากว้าง ๆ ให้นักเรียน และให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่ 1. ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ 2. ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และ 3. ความรู้เดิมของนักเรียน

3.1.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถทำได้หลากหลายแนวทางด้วยกัน จะทั้งในหรือนอกห้องเรียนก็แล้วแต่ความเหมาะสมของบริบทที่ครูผู้สอน โดยแนวทางการจัดการ เรียนรู้ของสะเต็มศึกษา มีนักการศึกษาและนักวิชาการให้แนวทางด้วยกันอยู่หลายแนวทาง ผู้วิจัย ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ของสะเต็มศึกษา ดังนี้

3.1.4.1 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ เป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้นักเรียนได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการค้นคว้า การสำรวจตรวจสอบหรือการทดลอง ที่เน้นทักษะการคิดอย่างมีระบบ คำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลที่มีประจักษ์พยาน สนับสนุน การจัดการเรียนรู้แนวทางนี้ จะเป็นวิธีที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามที่เกิดจาก สิ่งที่สนใจ หรือเกิดจากการอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม มีการกำหนดขอบเขตการศึกษา และวิธีที่ใช้ใน การตรวจสอบ เช่น การทำการทดลอง การค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือต่าง ๆ การจัด การเรียนรู้ด้วยแนวทางนี้จะช่วยเพิ่มความสามารถด้านต่าง ๆ ของนักเรียน ได้แก่ การมีทักษะทางสังคม ทักษะทางวิทยาศาสตร์ มีความคิดสร้างสรรค์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558, น. 136)

3.1.4.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้วิจัยเป็นฐาน (Research-based learning)

การจัดเรียนรู้ตามแนวทางที่ใช้วิจัยเป็นฐาน จะเป็นกระบวนการพัฒนานักเรียน ให้สามารถใช้กระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ คิดค้นคำตอบและตัดสินใจใน การเรียนรู้ของตนเองและเป็นการจัดให้นักเรียนได้เรียนรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้ใหม่หรือค้นหาคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือและสมเหตุสมผล โดยอาศัยกระบวน การตรวจสอบในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาวิจัยในการดำเนินการสืบค้น พิสูจน์ ทดสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล (ลัดดา ภูเกียรติ, 2552, น. 146)

3.1.4.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning)

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่พบเจอในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยสร้างองค์ความรู้จากกระบวนการทำงานกลุ่ม ปัญหาจากสถานการณ์จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ โดยผู้สอนอาจนำนักเรียนให้เผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงหรือจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาและฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ที่มาของปัญหาและการแก้ไขปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยสะท้อน ให้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาและเห็นถึงวิธีการแก้ไขที่หลากหลายจากสมาชิกภายในกลุ่ม รวมถึงช่วยให้นักเรียนเกิดการใฝ่รู้ และเกิดทักษะกระบวนการในการแก้ไขปัญหา (ทิศนา แขมมณี, 2557, น. 137-138)

3.1.4.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การทำโครงการเป็นฐาน (Project-based learning)

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นกระบวนการที่เน้นให้นักเรียนได้ ความรู้จากการเป็นคนลงมือปฏิบัติ โดยนักเรียนจะมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ถึงปัญหาร่วมกัน ภายในกลุ่ม เพื่อกำหนดกรอบในการหาแนวทางการแก้ปัญหา โดยนำความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะ ค้นคว้ามาช่วยในการแก้ปัญหา มีการสะท้อนความคิดจากประสบการณ์ของนักเรียน มีโอกาส ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และสามารถใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ไขปัญหา จนนำไปสู่การทำโครงงาน ซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนให้ความสนใจเพราะการทำโครงงานสามารถเลือกหัวข้อ ที่จะค้นคว้าเองได้โดยที่ครูทำหน้าที่เพียงผู้ช่วยคอยชี้แนะเท่านั้น

3.1.4.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process-based learning)

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะมีความหมายเกี่ยวกับการออกแบบ (design) วางแผน (planning) การแก้ปัญหา (problem solving) การใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่างๆ มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้ ข้อจำกัดหรือเงื่อนไข (constraints and criteria) ที่กำหนด โดยส่วนมากเรามักจะพูดถึงการออกแบบว่ากระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design process) ซึ่งจะเห็นได้ว่า วิศวกรรมในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่กล่าวถึงนั้นไม่ได้มี ความหมายลุ่มลึกจนทำให้ยากต่อการปฏิบัติในระดับชั้นเรียนแต่อย่างใด หากแต่เป็นการนำเอา องค์ความรู้โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสรรค์ผลงาน และเชื่อมโยงกับโลกแห่งความเป็นจริงเท่านั้น กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้เป็นเพียง กระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างมีระเบียบเป็นขั้นตอน รู้จักการวาง แผนการแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มา ซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกรที่ต้องมีการวาง แผนการทำงาน การทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธี แก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการ นี้จะคล้ายกันกับกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่ต้องมีปัญหาหรือข้อสงสัย การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการลง ข้อสรุป โดยจุดต่างที่สำคัญของระหว่างกระบวนการทางวิศวกรรมและกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์คือ การออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลายแล้ววิเคราะห์แนวทางที่ เหมาะสมที่สุดซึ่งอาจมิใช่แนวทางที่ถูกต้องที่สุด นอกจากนั้นกระบวนการทางวิศวกรรมจะเน้นที่ การนำองค์ความรู้ที่มีไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานออกมา ในขณะที่ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มักมุ่งไปที่การได้มาซึ่งคำตอบของข้อสงสัยหรือองค์ความรู้ที่เป็นทฤษฎีเท่านั้น

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และทำการเลือกแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งจุดเน้นของ

สะเต็มศึกษานั้นใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้และสามารถเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ และผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ผู้วิจัยเลือกขั้นตอนของ Lou et al. (2011, p.199) ซึ่งได้เสนอการจัดการเรียนรู้ไว้ 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นยืนยันปัญหา ขั้นชี้แจงปัญหา ขั้นวางแผน ขั้นวางแผนการสำรอง ขั้นปรับโครงสร้าง ขั้นประเมิน ซึ่งแต่ละขั้นตอนสามารถพัฒนาแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณได้ เช่น ขั้นยืนยันปัญหา ทำให้ผู้เรียนเกิดการแยกย่อยปัญหาได้ เนื่องจากในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องระบุปัญหาของสถานการณ์และแยกย่อยปัญหาเพื่อให้ง่ายต่อการจัดการปัญหา ขั้นชี้แจงปัญหา จะทำให้ผู้เรียนสามารถระบุความสำคัญของปัญหาและจัดกลุ่มของปัญหาที่คล้ายกันได้ซึ่งเป็นการหารูปแบบของปัญหาและการคิดเชิงนามธรรม ขั้นวางแผน ขั้นวางแผนสำรอง ขั้นปรับโครงสร้าง จะทำให้นักเรียนสามารถวางแผนและออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนสามารถคิดหาวิธีแก้ปัญหา หารูปแบบของปัญหาที่คล้ายกัน ออกแบบการแก้ปัญหา และนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ

3.2 การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

3.2.1 ประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

การพัฒนาหลักสูตรแนวใหม่ส่วนใหญ่ได้มุ่งไปที่การสร้างให้เกิดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหานั้นเป็นที่สนใจกันมากขึ้นเป็นลำดับโดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาชีพด้านสุขภาพและใน หลักสูตรด้านการแพทย์ (Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M., 1980) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเริ่มต้นที่มหาวิทยาลัยแมคมาสเตอร์ (McMaster University) ฮามิลตัน ออทาริโอ แคนาดา ในช่วง ปลายปีคริตศักราช 1960 แล้วได้ขยายวงกว้างไปสู่ประเทศต่าง ๆ ในอเมริกาเหนือและในโลก (Albanese and Mitchell, 1993) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาได้รับการยอมรับว่าเป็นนวัตกรรมที่ สมบูรณ์แบบจริงและเป็นนวัตกรรมชิ้นแรกในเรื่องหลักสูตรสำหรับบุคลากรด้านสุขภาพใน ช่วงเวลากว่า 25 ปี ที่ผ่านมาหลังจากการรายงานของเฟล็กซเนอร์ (The Flexnor Report, 1910; Albanese & Mitchell, 1993) การปรับปรุงหลักสูตรได้มุ่งสู่การเรียนรู้โดยใช้ปัญหา ในหลายสถานศึกษา เช่น ในฮาวาย (Hawaii) เชอร์บรูค (Sherbrooke) และฮาร์วาร์ด (Harvard) ซึ่งถือเป็นการชี้นำทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนยิ่ง (Albanese & Mitchell, 1993) คณะแพทย์ศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ดได้บูรณาการการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเข้า กับการศึกษาด้านการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคในปีการศึกษาแรกของการศึกษาทั่วไป ด้านแพทย์ ซึ่งเป็นการจัดการศึกษาแนวใหม่ (Feletti & Carver, 1989) ในการจัดการศึกษา ทางทันตแพทย์ศาสตร์ ด้านการศึกษาเรื่องตา (Rouse, 1990; Scheiman, & whittaher, 1990; Scheiman, Whiltaker & Dell, 1989) ด้านการศึกษาสุขภาพสิ่งแวดล้อม (Gist,

1992) และใน วิชาชีพทางสุขภาพกลุ่มอื่น ๆ (Bruhn, 1992) ก็ได้ใช้วิธีการเดียวกันนี้เช่นกัน จะเห็นได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาได้ใช้กันแล้วอย่างกว้างขวางในหลากหลายสาขาวิชาในสถานศึกษาระดับอุดมศึกษา (Aspy, Aspy, & Quinby, 1993; Gallagher, Stepien, Sher, & Workman,1995)

สำหรับประเทศไทยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเริ่มใช้ครั้งแรกในหลักสูตรแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ. 2531 และประยุกต์ในหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ ทั้งนี้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นวิธีการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่ง ที่นำมาปรับใช้ในหลาย ๆ กลุ่มสาระการเรียนรู้ (สุคนธ์ สินธพานนท์, 2558, น. 86-87) นอกจากนี้ยังมีการสอนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานและระดับอุดมศึกษาซึ่งเป็นที่นิยมกันมากขึ้น มีงานวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนที่เรียกว่า การวิจัยในชั้นเรียน ที่ใช้การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานโดยเฉพาะมหาวิทยาลัยเชียงใหม่มีการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานในการสอนร่วมกับผู้สอนจากมหาวิทยาลัย Stanford และ Vanderbuilt (ไพศาล สุวรรณน้อย, ม.ม.ป.)

3.2.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าไว้ดังต่อไปนี้

จริญญา ปรีชาวิภาษ (2561) กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem–based Learning หรือ PBL) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ โดยเน้นให้ผู้เรียนช่วยกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่มย่อย นำมาอภิปรายและสรุปผลร่วมกัน เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ และเกิดทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหาอย่างแท้จริงโดยจะต้องนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม

ราชบัณฑิตยสถาน (2555) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem–based Learning: PBL) เป็นวิธีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงและดำเนินการแก้ปัญหานั้น โดยเชื่อว่ากระบวนการต่างๆ ที่ผู้เรียนดำเนินการ เช่น การคิดวิเคราะห์ปัญหา การแสวงหาทางแก้ปัญหา ปฏิบัติการแก้ปัญหา การเก็บข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผล โดยผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง รวมทั้งช่วยพัฒนาทักษะการคิดและทักษะทางสังคมของผู้เรียนได้ด้วย

รุสดา จะปะเกีย (2558) การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีการเรียนที่เริ่มต้นด้วยปัญหาที่เกิดขึ้นจริงหรือสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้สนใจ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานความต้องการของผู้เรียน และได้ทำการศึกษาค้นคว้าจนค้นพบคำตอบด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการกลุ่ม แล้วนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาร่วมกันอภิปราย ทำให้ผู้เรียนเกิดการ

เรียนรู้ ผ่าน กระบวนการคิด การแก้ปัญหา โดยครูผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำช่วยเหลือและสนับสนุนในการเรียน

สิรินทรา มินทะขัติ (2556) กล่าวว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนเป็นจุดเริ่มต้น เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยและสนใจอยากรู้ ใช้การประสมประสานความรู้เดิมกับความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบเป็นเครื่องนำทางไปสู่การสร้างเป็นองค์ความรู้

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2558) สรุปได้ว่าวิธีสอนใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือกระตุ้นผู้เรียนให้มีความสนใจใคร่รู้และต้องการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา ซึ่งผู้สอนอาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนได้เผชิญปัญหาและฝึกกระบวนการวิเคราะห์และแก้ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจปัญหาอย่างชัดเจนและสามารถใช้ทักษะกระบวนการที่นำไปสู่การแก้ปัญหาได้

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ผู้วิจัยได้สรุปความหมายไว้ดังนี้ การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน คือ รูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ โดยนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้มาใช้ในการหาวิธีแก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด วิเคราะห์ และหาวิธีการแก้ปัญหา เพื่อนำมาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

3.2.3 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

ผู้วิจัยทำการศึกษาค้นคว้าลักษะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน พบว่ามีนักการศึกษาได้แบ่งลักษณะสำคัญไว้ดังต่อไปนี้

Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980 อ้างถึงใน สุฟิตรี ฮินนะ, 2559) ได้ศึกษาการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานยึดหลักแนวคิดที่ว่า ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยใช้ปัญหากระตุ้น รู้จักการทำงานร่วมกันเป็นทีม อภิปรายกลุ่ม แล้วสรุปเป็นความรู้ใหม่ ปัญหาที่กำหนดขึ้นอิงกับสภาพของสังคมที่ประสบพบเจอ แต่ไม่ควรซับซ้อนมากนัก ผู้เรียนสามารถเรียนและทำความเข้าใจ หาทางแก้ไขปัญหาด้วยวิถีทางแบบประชาธิปไตย ซึ่งจะเป็นการฝึกฝนตนเองทั้งด้านความรู้ความรับผิดชอบ และความตระหนักต่อสังคม อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการทำงานและทักษะชีวิตได้เป็นอย่างดี ซึ่งการเรียนรู้แบบนี้มีข้อดี ดังต่อไปนี้

1. ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการเรียน ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง
2. ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้ใช้ความคิดที่ประยุกต์จากสิ่งที่เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหา

3. ผู้เรียนได้รับการฝึกทักษะในการแก้ปัญหา พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา
4. ผู้เรียนแสดงออกทางความคิด การใช้เหตุผล การวิเคราะห์ และการคิดตัดสินใจ
5. ผู้เรียนได้ฝึกการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม
6. ผู้เรียนได้ฝึกการยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
7. ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการติดต่อสื่อสาร

นรรัชต์ ฝันเชียร (2562) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยเริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งต้องเป็นปัญหาที่ใกล้ตัวและพบเจอในชีวิตประจำวัน เพราะผู้เรียนจะรับทราบและเข้าถึงผู้เรียนได้ง่าย และสร้างองค์ความรู้ให้เกิดขึ้นโดยใช้กระบวนการทำงานแบบกลุ่ม เพื่อให้เกิดการแก้ปัญหาดังกล่าว ทำให้ตัวของปัญหานั้นคือจุดสำคัญของการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ โดยลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานประกอบด้วย

1. สถานการณ์ที่เป็นปัญหาและใช้ปัญหานั้นมาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้
2. ปัญหาที่นำมาใช้ ต้องมาจากสิ่งใกล้ตัวผู้เรียน และผู้เรียนมีโอกาสพบเจอ
3. ผู้เรียนเรียนรู้และเลือกเฟ้นวิธีการและประเมินผลด้วยตัวเอง
4. เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย เพื่อประโยชน์ในการค้นหาความรู้ และรับส่งข้อมูลร่วมกัน
5. เป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้และทักษะกระบวนการต่างๆเข้าด้วยกัน
6. ความรู้ที่จะเกิดขึ้น เมื่อจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วเท่านั้น
7. ใช้การประเมินผลตามสภาพจริง โดยพิจารณาความก้าวหน้าในการปฏิบัติงานของผู้เรียน

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556) ได้สรุปความสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 5 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. สถานการณ์ที่เป็นปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้
2. ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นและพบเห็นได้ในสภาพชีวิตจริงของผู้เรียน
3. ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบนำตนเอง วางแผนการเรียน ค้นคว้าหาคำตอบ คัดเลือกแหล่งเรียนรู้และประสบการณ์ และประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง
4. การเรียนรู้แบบนี้มีการพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกัน มีโอกาสเรียนรู้ความแตกต่างระหว่างบุคคล การทำความเข้าใจและปรับตัวให้เข้ากับกลุ่มเพื่อน

5. ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบบูรณาการทั้งความรู้และทักษะที่จำเป็นผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ โอกาสได้ โดยให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการและพัฒนาทักษะในการแก้ไขปัญหาเกิดจากการค้นคว้าด้วยตนเอง หรือได้รับมาจากการปรึกษาผู้อื่น

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา 2550 (อ้างถึงใน รุสดา จะปะเกีย, 2558) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem– Based Learning) คือ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ต้องมีสถานการณ์ปัญหาและเริ่มต้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการใช้ปัญหาเป็นเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้และปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดกระบวนการเรียนรู้นั้นควรเป็นปัญหาที่พบได้ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน เพื่อให้มองเห็นถึงประโยชน์อย่างแท้จริง ผู้เรียนค้นหาและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (Self-Directed Learning) ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนต้องมีความรับผิดชอบตนเอง กล่าวคือ ต้องรู้จักวางแผนการเรียนด้วยตนเอง มีการบริหารเวลารวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ ผู้เรียนมีการเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อยเพื่อร่วมกันค้นหาความรู้ ส่งเสริมให้เกิดทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล เชื่อถือได้ เรียนรู้ความแตกต่างระหว่างบุคคลและฝึกควบคุมตนเองเพื่อพัฒนาความสามารถในการ ทำงานร่วมกันเป็นทีม เนื่องจากความรู้มีหลากหลายมาก ดังนั้นเนื้อหาที่ได้มาจะถูกนำมาวิเคราะห์โดยกลุ่มและมีการสังเคราะห์ร่วมกันเพื่อให้ตกผลึกเป็นความรู้ของกลุ่ม ส่วนการประเมินผลเป็นลักษณะการประเมินผลที่เกิดจากสภาพจริง โดยพิจารณาจากการปฏิบัติงานความก้าวหน้าในการทำงานของตัวผู้เรียนเอง

3.2.4 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

Abdulfattah, A., & Supahar. (2019). ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding problems) กำหนดปัญหา วิเคราะห์และอธิบายแนวคิดเกี่ยวกับปัญหา

2. วางแผนแนวทางแก้ไข (Planning solutions) วางแผนและออกแบบแนวทางในการแก้ปัญหา

3. แก้ปัญหา (Solve the problems) แก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

4. ตรวจสอบ (Re-checking) ตรวจสอบและประเมินผลวิธีการแก้ปัญหา

Etherington, M. B. (2011) เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ถามคำถาม (Ask questions) นักเรียนใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมในการวิเคราะห์ปัญหา

2. ตั้งสมมติฐาน (Propose hypothesis) ตั้งสมมติฐานจากปัญหา โดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิม

3. แยกและควบคุมตัวแปร (Isolate and control variables) นักเรียนสามารถระบุตัวแปรที่เกี่ยวกับปัญหา

4. รวบรวมข้อมูล (Keep records) เปรียบเทียบคำตอบกับข้อมูลที่รวบรวมไว้

5. เปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้เหตุผล (Reason by analogy) เปรียบเทียบจากข้อมูลที่มีกับข้อมูลเพิ่มเติมที่คล้ายคลึงกัน

6. ตัวอย่าง (Model) ใช้แผนภาพ แผนผังความคิด กราฟ เพื่ออธิบายวิธีแก้ปัญหา

Ponimin (2018) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน อธิบายปัญหา (Describe the problem) รวบรวมข้อมูล (Organize students) แนวทางในการแก้ปัญหา (Guide the investigation) พัฒนา (Develop) วิเคราะห์และประเมิน (Analyze and evaluate)

Siti Juleha (2019) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. สถานการณ์ปัญหา (Problem scenario) เริ่มจากนักเรียนจะได้รับสถานการณ์ปัญหา

2. ระบุข้อเท็จจริง (Identify facts) กำหนดและวิเคราะห์ปัญหาโดยระบุข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องจากสถานการณ์จำลอง

3. สร้างสมมติฐาน (Generate hypotheses) เมื่อเข้าใจปัญหานักเรียนจะทำการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับแนวทางแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้

4. ระบุข้อบกพร่องของความรู้ (Identify knowledge deficiencies) นักเรียนจะระบุข้อบกพร่องด้านความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับปัญหา

5. ใช้ความรู้ใหม่ (Apply new knowledge) ใช้ความรู้ประเมินสมมติฐานโดยคำนึงถึงสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้

6. นามธรรม (Abstraction) นักเรียนจะสะท้อนให้เห็นถึงความรู้ที่ได้รับ

WaWan Wahyu (2016) ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานไว้ 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดปัญหา (Orientation to students about the problems) ในขั้นตอนนี้ครูอธิบายเกี่ยวกับปัญหาและกระตุ้นให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา

2. จัดให้นักเรียนได้เรียนรู้ (Organizing students to learn) นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้จากการเชื่อมโยงความรู้

3. แนวทางในการแก้ปัญหา (Guiding the investigation of individual and group) นักเรียนรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อวางแผนแนวทางในการแก้ปัญหา

4. การพัฒนาและนำเสนอผลงาน (Developing and presenting creation based on work) นักเรียนนำเสนอผลงานและแลกเปลี่ยนข้อมูลกับกลุ่มอื่นๆ

5. วิเคราะห์และประเมิน (Analyzing and evaluating the process to solve the problems) ครูให้นักเรียนประเมินเกี่ยวกับการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

ศูนย์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Center for Problem-Base Learning) ของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (Illinois University) สหรัฐอเมริกา (Torp & Sage, 1998, p.35-43 citing Ilinois Problem-Base Learning Network, 1996) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

1. ขั้นเตรียมความพร้อมของผู้เรียน ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเตรียมให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเป็นผู้เผชิญกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานซึ่งการเตรียมความพร้อมนี้ขึ้นอยู่กับอายุ ความสนใจ ภูมิหลังของผู้เรียน ในการเตรียมความพร้อมนี้ จะให้ผู้เรียนได้อภิปรายเกี่ยวเนื่องถึงเรื่องที่จะสอนอย่างกว้างๆ ซึ่งจะต้องตระหนักว่าการเตรียมความพร้อมนี้ไม่ใช่การสอนเนื้อหาก่อน เพราะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานต่างจากการเรียนรู้แบบอื่นตรงที่ความรู้หรือทักษะที่ผู้เรียนได้รับจะเป็นผลมาจากการแก้ปัญหา

2. ขั้นพบปัญหา ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดบทบาทของตนในการแก้ปัญหาและกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องการที่จะแก้ปัญหา ซึ่งครูอาจใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปรายและเสนอความคิดเห็นต่อปัญหา เพื่อมองเห็นถึงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

3. ขั้นนิยามว่า เรารู้อะไร (What We Know) เราจำเป็นต้องรู้อะไร (What We Need to Know) และแนวคิดของเรา ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมผู้เรียนได้พัฒนาสิ่งที่ตนรู้อะไรที่จำเป็นต้องรู้ และแนวคิดอะไรที่ได้จากสถานการณ์ปัญหา ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พิจารณาถึงความรู้ที่ตนเองมีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา และเตรียมให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปแก้ปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำความเข้าใจปัญหาและพร้อมที่จะสำรวจค้นคว้าหาความรู้เพื่อการแก้ปัญหา ครูจะให้นักเรียนกำหนดสิ่งที่ตนเองรู้จากสถานการณ์ปัญหา สิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้เพิ่มเติมที่จะมาส่งเสริมให้สามารถแก้ปัญหาได้ ซึ่งจะระบุแหล่งข้อมูลสำหรับค้นคว้า และแนวคิดในการแก้ปัญหา โดยเขียนลงตารางอย่างสัมพันธ์กันทั้ง 3 สดมภ์ ดังตาราง 6

ตาราง 6 รูปแบบการบันทึกสิ่งที่รู้ สิ่งที่ต้องรู้เพิ่มเติมและแนวคิดจากสถานการณ์ปัญหา

สิ่งที่รู้	สิ่งที่จำเป็นต้องรู้	แนวคิด

ที่มา: ทอร์พ ลินดา และ แซค ซาร่า (Torp Linda & Sage Sara ,1998, p.35-43)

4. ขั้นกำหนดปัญหา จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาที่แท้จริงจากสถานการณ์ที่เผชิญและกำหนดเงื่อนไขที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ซึ่งช่วยให้ได้คำตอบของปัญหาที่ดี

5. ขั้นการค้นคว้า รวบรวมข้อมูลและเสนอข้อมูล ผู้เรียนจะช่วยกันค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็นต้องรู้จากแหล่งข้อมูลที่กำหนดไว้แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาเสนอต่อกลุ่มให้เข้าใจตรงกัน จุดมุ่งหมายในขั้นนี้ประการแรก เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนวางแผนและดำเนินการรวบรวมข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพพร้อมทั้งเสนอข้อมูลนั้นต่อกลุ่ม ประการที่สอง เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจว่าข้อมูลใหม่ที่ค้นคว้ามาทำให้เข้าใจปัญหาอย่างไร และจะประเมินข้อมูลใหม่เหล่านั้นว่าสามารถช่วยเหลือให้เข้าใจปัญหาได้อย่างไร ประการที่สาม เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถทางการสื่อสารและการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งช่วยให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ

6. ขั้นการหาคำตอบที่เป็นไปได้ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้ เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงระหว่าง ข้อมูลที่ค้นคว้ามากับปัญหาที่กำหนดไว้ แล้วแก้ปัญหาบนฐานข้อมูลที่ค้นคว้ามา เนื่องจากปัญหาที่ ใช้ในกาเรียนรู้สามารถมีคำตอบได้หลายคำตอบ ดังนั้นในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องค้นหาคำตอบที่สามารถเป็นไปได้ให้มากที่สุด

7. ขั้นการประเมินค่าของคำตอบ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนทำการประเมินค่าสิ่งที่มาช่วยในการแก้ปัญหาและผลของคำตอบที่ได้ในแต่ละปัญหาว่าทำให้นักเรียนรู้อะไร ซึ่งนักเรียนจะแสดงเหตุผลและร่วมกันอภิปรายในกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลที่ค้นคว้ามาเป็นพื้นฐาน

8. ขั้นการแสดงคำตอบและการประเมินผลงาน ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนเชื่อมโยง และแสดงถึงสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้ความรู้ได้อย่างไร และทำไมความรู้นั้นถึงสำคัญ ในขั้นนี้ผู้เรียนจะเสนอผลงานของตนเองและกลุ่มไปด้วย

9. ขั้นตรวจสอบปัญหาเพื่อขยายความรู้ ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ต่อไป นักเรียนจะพิจารณาจากปัญหาที่ได้ดำเนินการเรียนรู้นักเรียนอาจจะมีสิ่งที่อยากรู้นอกจากที่ครูได้จัดเตรียมไว้ให้

จากขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 9 การดำเนินการเรียนรู้จะดำเนินการเป็นวงจรหากขั้นใดมีข้อสงสัยก็ย้อนกลับไปขั้นก่อนหน้านั้นได้ เมื่อจบการเรียนรู้จากปัญหาหนึ่งๆแล้วจะกำหนดปัญหาใหม่ของการเรียนรู้จากขั้นที่ 9 ที่นักเรียนมีความต้องการเรียนรู้และในแต่ละขั้นจะประกอบด้วยการประเมินผลการเรียนรู้ไปพร้อมกันด้วย

โรงเรียนแพทย์ที่มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด เมืองบอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนารูปแบบ PBL ชนิดผสมผสานที่เรียกว่า hybrid model PBL โดยมีความแตกต่างจาก PBL เดิมตรงที่ยังคงมีการ บรรยายตามแบบระบบการศึกษาเดิมรวมอยู่ด้วย แต่ได้ลดจำนวนชั่วโมงบรรยายลง โดยเลือกบรรยาย เฉพาะเรื่องที่เป็นกุญแจสำคัญและเชื่อมโยงกับการเรียนในระดับชั้นคลินิก และขั้นตอนของ PBL ที่โรงเรียน แพทย์ฮาร์วาร์ดมีเพียง 6 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 กลุ่มนักศึกษาจะได้รับโจทย์ปัญหาโดยมิได้มีโอกาสศึกษาล่วงหน้าเกี่ยวกับปัญหานี้มาก่อน

ขั้นตอนที่ 2 ระบุตัวปัญหาจากโจทย์ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 ระบุเป้าหมายการเรียนรู้ที่ต้องไปเรียนรู้เพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 4 สมาชิกกลุ่มแต่ละคนจะแยกย้ายกันไปศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมตามที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 5 กลุ่มจะกลับมาพบกันใหม่ อภิปรายต่อเติมความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมและทบทวน ว่าได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ถ้ายังไม่ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ อาจต้องแยกย้ายกันไปหาข้อมูล และกลับมาพบกันอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 กลุ่มช่วยกันสังเคราะห์ข้อมูล และสรุปหลักการที่ได้จากการศึกษาปัญหาดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่น ๆ ต่อไป

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษากระทรวงศึกษาธิการ (2550) กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้อยากเรียนได้และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมเพียงใด

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

3.3 การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัยทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่ามีนักวิชาการได้ทำการศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

Lou et al. (2011, p.199 อ้างถึงใน นันทชา อัมฤทธิ์, 2559 หน้า 83-84) การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องโมเมนตัมและการชน ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ อยากรู้ คิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ และต้องการสำรวจตรวจสอบ หาความรู้มาแก้ปัญหาผ่านการทำงานกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนนั้นๆ ในขณะที่ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียน ซึ่งได้เสนอการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะกำหนดสถานการณ์ปัญหามาให้นักเรียน และใช้คำถามสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวถามนักเรียน เพื่อยืนยันปัญหาและให้นักเรียน ร่วมระบุและอธิบายปัญหาผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้อภิปรายเพื่อระบุ องค์ประกอบสำคัญของปัญหา และร่วมกันอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้วางแนวในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงวางกรอบการทำงานและพิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง เป็นขั้นที่นักเรียนได้วางแผนและกำหนดขั้นตอนสำรองหรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อเผชิญหน้ากับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของตนเอง เพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่กำหนด นอกจากนี้ นักเรียนจะต้องอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของแบบจำลองอย่างง่ายได้

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน เป็นขั้นการประเมินแบบจำลองในขั้นก่อนหน้า หากประเมินแบบจำลองแล้วพบว่าแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง พร้อมกับอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้

Tawfik, Trueman & Lorz (2013) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับการอำนวยการเรียนรู้ในห้องเรียนสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อพัฒนามโนมติทางชีววิทยาของนักเรียนที่ไม่ใช่สาขาวิทยาศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัย โดยผู้เรียนที่เข้าร่วมวิจัยจะได้ลงมือแก้ปัญหาแบบกึ่งโครงสร้างผ่านบริบทจริงในโครงการพัฒนาแหล่งน้ำและลดมลพิษ ผู้เรียนจะศึกษาแหล่งน้ำและกำหนดปัญหาก่อนที่จะดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนโดยใช้การบูรณาการความรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังจากดำเนินการเรียนรู้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน และแบบทดสอบปลายภาคผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับการอำนวยการเรียนรู้ในห้องเรียนสะเต็มศึกษา (STEM Education) สามารถขับเคลื่อนการเรียนรู้ของผู้เรียนและส่งเสริมมโนมติทางชีววิทยาได้ เพราะผู้เรียนจะถูกถามคำถามในแต่ละขั้นตอน ศึกษาความรู้ด้วยตนเองและแก้ปัญหาในบริบทจริง ผ่านกิจกรรมซึ่งจะทำให้ได้มาซึ่งประสบการณ์ที่คุ้มค่าของผู้เรียน

Sari, U. (2018) ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรการเรียนรู้แบบสะเต็มที่เน้นปัญหาเป็นฐานมีผลต่อทัศนคติของนักเรียน การรับรู้ทางอาชีพ และความสนใจในอาชีพ ซึ่งได้รับการทดสอบโดยการใช้วิธีการศึกษาเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ กลุ่มประชากรคือนักเรียนจำนวน 22 คนที่เข้าเรียนในโรงเรียนมัธยมของรัฐบาลในประเทศตุรกี เพื่อที่จะวัดทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ผลการวิจัยพบว่าทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อสาขาวิชาตามแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม การรับรู้ในอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม และความสนใจในอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาแบบสะเต็มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีพบว่ามีอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก อีกทั้งผลการสัมภาษณ์ของนักเรียนยังสนับสนุนข้อค้นพบเหล่านี้อีกด้วย ในระหว่างการสัมภาษณ์ นักเรียนกล่าวว่าการจัดกิจกรรมการศึกษาแบบสะเต็มผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้และพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ทำให้ชั้นเรียนมีความสนุกสนานมากยิ่งขึ้น เพิ่มความสนใจในวิชาชีพวิศวกรรม และช่วยให้พวกเขาสามารถที่จะเลือกอาชีพในอนาคตได้ ด้วยเหตุนี้ การบูรณาการ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับกิจกรรมการจัดการศึกษาแบบสะเต็มจึงส่งผลดีต่อทัศนคติของนักเรียนและการรับรู้ทางอาชีพ ซึ่งจะส่งผลต่อการเลือกอาชีพของพวกเขาในอนาคต

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณ ดังนี้

นันทชา อัมฤทธิ์ (2558) ได้ศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน และศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียน ที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการ เรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกการแก้ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อน ผลการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนพัฒนา ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง โดยนักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในทุกพฤติกรรม

ปรียานุช มานุจำ (2560) ได้ศึกษาการคิดไตร่ตรองของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติและศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้การวิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนปิยะมหาราชาลัย จังหวัดนครพนม ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 71 คน โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ดำเนินการวิจัยโดยให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบวัดการคิดไตร่ตรองก่อนเรียน จากนั้นกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษา และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติแล้วให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบวัดการคิดไตร่ตรองหลังเรียน และนักเรียนกลุ่มทดลองทำแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษามีการคิดไตร่ตรองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก

พิชญ์ อำนวยพร (2562) งานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการสร้างสื่อการเรียนรู้ประเภทเกม โดยใช้กลยุทธ์เกมมิฟิเคชัน เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เพื่อศึกษาระดับการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 หลังจากการเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน หรือการแก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ภาพสัญลักษณ์หรือข้อความของนักเรียนจากการเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น และเพื่อศึกษาความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อสื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนนาหลวง กรุงเทพมหานครที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย โดยวิธีจับฉลากห้องเรียน ได้ห้องเรียน 1 ห้อง จำนวนนักเรียนทั้งหมด 39 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า สื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น มีผลการประเมินคุณภาพอยู่ใน ระดับดีมาก นักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น มีระดับการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับมากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเรื่องการแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน หรือการแก้ปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ภาพสัญลักษณ์หรือข้อความ จากการเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับมาก

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้ศึกษาระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์กลุ่มเป้าหมายการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคการศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 34 คน ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนอยู่ในระดับดี และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณ ดังนี้

Dwyer et al. (2013) ได้ศึกษาการเขียนแบบจำลองโปรแกรมของปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ในโรงเรียนประถมศึกษา การคิดเชิงคำนวณเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและการปฏิบัติที่สำคัญของ

การศึกษาวิทยาศาสตร์รวมเข้ากับการเรียนการสอนและการสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่สำคัญในการอำนวยความสะดวกให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ทั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์และการปฏิบัติ ซึ่งนักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลอง เพื่ออธิบายโมเมนตัมและความเร่งของวัตถุควบคู่ไปกับแนวคิดการคิดเชิงคำนวณที่ซับซ้อนเพื่อจำลองแบบจำลองนั้น

Kim et al. (2013) ได้ศึกษาความเข้าใจการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน โดยใช้กลยุทธ์การเขียนโปรแกรมผ่านกระดาษ (Paper and Pencil Programming Strategy : PPS) กล่าวคือ เป็นวิธีการสอนนักเรียนในการเขียนโปรแกรมโดยไม่ใช้คอมพิวเตอร์ โดยในวิธีการเกี่ยวข้องกับการเขียนแผนผัง (Diagrams) การเขียนสัญลักษณ์หรือรูปแทน (Symbols) การสร้างแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน (Flowcharts) หรือวิธีการอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการเขียนลงกระดาษ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การวิเคราะห์ปัญหา (Analysing a Problem) 2. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Designing Solution) 3. การสร้าง (Constructing) 4. การนำไปใช้หรือทดสอบ (Implementing) และ 5. การแก้ไขข้อบกพร่อง (Debugging) ผลการศึกษาพบว่า PPS ช่วยให้นักเรียนเข้าใจการคิดเชิงคำนวณมากขึ้น

LaForce, M. (2017) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) และความสนใจในอาชีพที่มีความเกี่ยวข้องกับแนวทางการจัดการศึกษาแบบสะเต็มของผู้เรียน เกี่ยวกับบทบาทของแรงจูงใจและความเชื่อมั่นในความสามารถ การศึกษานี้เป็นการรวบรวมการตอบแบบสำรวจจากกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 3,852 คน จากโรงเรียนสะเต็มศึกษาทั่วทั้งสหรัฐอเมริกา โดยตรวจสอบว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) มีกระบวนการทำงานอย่างไรเพื่อมุ่งจัดการกับความต้องการนี้ ผลการถดถอยหลายตัวแปรระบุว่าการให้คะแนนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของผู้เรียนมีความสัมพันธ์กับความสนใจในการใฝ่หาอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม เช่นเดียวกับแรงจูงใจจากการเรียนวิทยาศาสตร์และความเชื่อมั่นในความสามารถของผู้เรียนทั้งในด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ในการวิเคราะห์ตัวแปรคั่นกลางของ Hayes (2014) ชี้ให้เห็นว่าแรงจูงใจภายในที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และความเชื่อมั่นในความสามารถเป็นสื่อกลางของความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ผู้เรียนรับรู้และความสนใจของผู้เรียนเกี่ยวกับอาชีพในอนาคตที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม (IFSC) ผลลัพธ์ของการศึกษาในครั้งนี้เน้นถึงศักยภาพที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในการเพิ่มทัศนคติที่ดีของผู้เรียนและความสนใจเกี่ยวกับอาชีพในอนาคตที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม ในฐานะที่เป็นการศึกษาหนึ่งในการวิเคราะห์เชิงปริมาณขนาดใหญ่เพียงด้านเดียว การศึกษานี้ให้ข้อมูลที่สำคัญสำหรับนักการศึกษา ผู้บริหารโรงเรียน และผู้กำหนดนโยบาย ในขณะที่พวกเขายังคงแสวงหาวิธีที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมให้ผู้เรียนประกอบอาชีพในอนาคตที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งดำเนินการวิจัยตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนมัธยมศึกษา ขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผน เรื่องโมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม และการดล ใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2.2.2 ใบกิจกรรมการเรียนรู้

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.1.1 ศึกษาหลักสูตร คู่มือการจัดกิจกรรม โครงสร้างรายวิชา และผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)

3.1.2 เลือกเนื้อหาวิเคราะห์หลักสูตร เรื่องโมเมนตัมและการชน กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.1.3 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด และหลักการการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1.4 ศึกษามาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1.5 ศึกษามาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1.6 ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ

3.1.7 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผน แผนการจัดการเรียนรู้ใช้เวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แต่ละแผนจะต้องสามารถพัฒนาการคิดเชิงคำนวณได้ครบทั้ง 4 องค์ประกอบ ประกอบด้วยหัวข้อ ดังนี้

1. ชื่อแผนการเรียนรู้
2. ผลการเรียนรู้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้
4. สาระสำคัญ
5. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
6. การวัดและประเมินผล
7. สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

ตาราง 7 การบูรณาการเนื้อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และสถานการณ์ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนที่	เนื้อหา	สถานการณ์ปัญหา	ผลการเรียนรู้	เนื้อหา				จำนวนชั่วโมง
				วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์	
1	โมเมนตัม	ประเทศไทยเกิดการสูญเสียอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุบนท้องถนน ส่วนหนึ่งเกิดจากการบาดเจ็บที่ “ศีรษะ” ของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ และจากสถิติการสวมหมวกกันน๊อค พบว่าผู้ที่ประสบอุบัติเหตุส่วนใหญ่คือกลุ่มเด็กที่เป็นผู้โดยสาร ซึ่งหมวกกันน๊อคเป็นอุปกรณ์เดียวที่จะช่วยป้องกันและ	14. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรง มวล กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์	โมเมนตัม	ใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นและนำเสนอข้อมูล	กระบวนการออกแบบหมวกกันน๊อคที่ทนทานต่อการกระแทกเชิงวิศวกรรม	การสร้างกราฟจากข้อมูลและแก้สมการในการคำนวณหาค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	4

แผนที่	เนื้อหา	สถานการณ์ปัญหา	ผลการเรียนรู้	เนื้อหา				จำนวนชั่วโมง
				วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์	
		ลดความรุนแรงจากการบาดเจ็บที่ศีรษะ	ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม					
		ของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ในขณะที่ประสบอุบัติเหตุได้ (ชิ้นงาน หมวกกันน๊อค)						
2	แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	ปัจจุบันเมืองใหญ่ๆหลายเมืองจำเป็นต้องสร้างตึกที่มีความสูง เนื่องจากมีพื้นที่ที่จำกัดและต้องการจำนวนคนในการเข้าพักอาศัยนายเอเป็นเจ้าของคอนโดมิเนียมชื่อดัง และมีคอนโดมิเนียมสูงถึง 20 ชั้น โดยคอนโดมิเนียมที่จะสร้างขึ้นจะต้องมีระบบรักษาความ	14. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบาย	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับโมเมนตัมและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	ใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น และนำเสนอข้อมูล	การออกแบบเบาะรับผู้ประสบภัยไม่ให้บาดเจ็บจากการกระแทก	การคำนวณความสูงของตึก	4

แผนที่	เนื้อหา	สถานการณ์ปัญหา	ผลการเรียนรู้	เนื้อหา				จำนวนชั่วโมง
				วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์	
		ปลอดภัยอย่างครอบคลุม เพื่อการดูแลผู้ที่พักอาศัย วันหนึ่งมีผู้ที่อาศัยอยู่ในคอนโดมิเนียมได้ทำการประกอบอาหารและเกิดเพลิงไหม้บริเวณห้องครัว จากนั้นไฟได้ลามไปยังชั้นต่างๆ ซึ่งทำให้ผู้พักอาศัยเกิดความแตกตื่นและบางรายต้องกระโดดออกจากหน้าต่าง เนื่องจากไฟลุกไหม้เข้ามาในห้องไม่สามารถออกจากห้องได้ ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรออกแบบเบาะรับผู้ประสบภัยตามอาคารสูง ในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม					

แผนที่	เนื้อหา	สถานการณ์ปัญหา	ผลการเรียนรู้	เนื้อหา				จำนวนชั่วโมง
				วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์	
		นักเรียนจะออกแบบเบาะอย่างไร (ชิ้นงาน เบาะนิรภัย)						
3	การดล	บริษัท A เป็นบริษัทผลิตกล่องใส่สินค้าทุกชนิด เช่น กล่องใส่พระพุทธรูป กล่องใส่อาหาร กล่องเครื่องสำอางค์ และกล่องที่ไปรษณีย์ใช้ส่งสินค้า ทางบริษัทจะผลิตกล่องตามที่ลูกค้าต้องการ เช่น ลูกค้าบางรายอยากได้กล่องใส่พระพุทธรูปที่สามารถล็อกไม่ให้พระพุทธรูปเสียหายและเคลื่อนที่ วิศวกรของบริษัทจะทำการออกแบบกล่องที่มีขนาดตามที่ลูกค้าต้องการและ	14. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม15. ทดลอง อธิบาย	การดลและการชน	ใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นและนำเสนอข้อมูล	กระบวนการออกแบบกล่องเพื่อลดแรงกระแทก	การบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนจริงและคำนวณระยะการตกของกล่องเพื่อป้องกันการกระแทก	4

แผนที่	เนื้อหา	สถานการณ์ปัญหา	ผลการเรียนรู้	เนื้อหา				จำนวนชั่วโมง
				วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์	
		ออกแบบไส้ ล็อกไม่ให้พระพุทธรูปเคลื่อนที่ได้ เป็นต้น ต่อมาลูกค้าจะจ้างให้บริษัทผลิตกล่องที่สามารถบรรจุเครื่องแก้ว เพื่อจะส่งออกไปต่างประเทศ เงื่อนไขกำหนดไว้ว่ากล่องจะต้องทนต่อการกระแทกในระหว่างจัดส่ง ไม่ทำให้เครื่องแก้วในกล่องเสียหาย นักเรียนจะทำอย่างไรให้กล่องได้รับแรงกระแทกและเสียหายน้อยที่สุด (ชิ้นงาน กล่องบรรจุภัณฑ์)	และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติ					

3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาปรับปรุงแก้ไขจากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง โดยมีผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน

อาจารย์จากคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวน 1 ท่าน

อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์จำนวน 1 ท่าน

ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ที่มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปีจำนวน 1 ท่าน

เพื่อตรวจสอบหาความถูกต้อง และเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 แผน คะแนนเต็ม 5 ได้ 4.69 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ คือ กิจกรรมที่ผู้วิจัยออกแบบไปยังไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหาของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการประเมินพิจารณาความเหมาะสมแล้วมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.1.10 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ฉบับสมบูรณ์

3.1.11 หลังจากที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แผนที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม พบว่า นักเรียนไม่สามารถวางแผนสำรองในขั้นที่ 4 ได้ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถจินตนาการถึงข้อบกพร่องของชิ้นงานจากการทดสอบได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงตัดสินใจปรับขั้นตอนการสอน โดยนำขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง และขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน มาสอนก่อน จากนั้นสอนขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนสำรอง เนื่องจากจะทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นข้อบกพร่องของชิ้นงานและดำเนินการปรับปรุงแก้ไขได้ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการปรับขั้นการสอนในแผนที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม และแผนที่ 3 เรื่อง การดล

3.2 แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบวัดการคิดเชิงคำนวณเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิดประเภทอัตนัย มีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

3.2.1 ศึกษาทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณในเรื่องของความหมายและองค์ประกอบ ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) เพื่อกำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ที่ใช้สร้างแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ แสดงดังตาราง 8

ตาราง 8 พฤติกรรมบ่งชี้ของการคิดเชิงคำนวณในแต่ละด้าน

องค์ประกอบ	พฤติกรรมบ่งชี้
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 และเขียนขั้นตอนในการบรรลุงานหรือการแก้ไขปัญหาได้

3.2.2 สร้างแบบวัดการคิดเชิงคำนวณตามลักษณะที่กำหนดไว้เป็นแบบวัดประเภทอัตนัย โดยแบบวัดเป็นสถานการณ์ที่ครอบคลุมการใช้การคิดเชิงคำนวณทุกองค์ประกอบ แสดงดังตาราง 9

ตาราง 9 แบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน

แบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน			แบบวัดการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน		
สถานการณ์	**จำนวนข้อคำถาม (ข้อ)**	**เวลา (นาที)**	**สถานการณ์**	**จำนวนข้อคำถาม (ข้อ)**	**เวลา (นาที)**
กล่องไม้	4	20	ไข่ไก่	4	20
บันจี้จัมพ์	4	20	ตู้เย็น	4	20
บ่อน้ำ	4	20	ส่งเดลิเวอรี่	4	20
รวม	12	60	รวม	12	60

3.2.3 สร้างเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อคำถามตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ข, หน้า 102-104) คือ เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค โดยมีการให้คะแนนตั้งแต่ 1-4 คะแนน ตามเกณฑ์รูบริครายข้อคำถาม ดังตาราง 10

ตาราง 10 เกณฑ์การให้คะแนนจำแนกตามองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ

องค์ประกอบ	**ผลการวัดประเมินผล**			
	เริ่มต้น(1)	**กำลังพัฒนา(2)**	**ดี(3)**	**ยอดเยี่ยม(4)**
การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	ไม่เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและไม่สามารถอธิบายและแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและอธิบายปัญหาได้แต่ไม่ครบทุกประเด็น แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้แต่ยังไม่ครบทุกประเด็น	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและอธิบายปัญหาได้ครบทุกประเด็น แต่ไม่สามารถแยกส่วนประกอบของปัญหาได้ แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไร อธิบายปัญหาได้และวิเคราะห์แยกส่วนประกอบของปัญหา แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้

องค์ประกอบ	ผลการวัดประเมินผล			
	เริ่มต้น(1)	กำลังพัฒนา(2)	ดี(3)	ยอดเยี่ยม(4)
				ครบทุกประเด็น
การหารูปแบบ	ไม่สามารถพิจารณาได้ว่ารูปแบบของปัญหามีความคล้ายคลึงกันในรูปแบบใด ไม่มีการอธิบายประกอบ ไม่สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้	พิจารณาได้ว่ารูปแบบของปัญหามีความคล้ายคลึงกันในรูปแบบใด ไม่มีการอธิบายประกอบ ไม่สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้	พิจารณาได้ว่ารูปแบบของปัญหามีความคล้ายคลึงกันในรูปแบบใด มีการอธิบายประกอบไม่สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้	พิจารณาได้ว่ารูปแบบของปัญหามีความคล้ายคลึงกันในรูปแบบใดมีการอธิบายประกอบสามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้
การคิดเชิงนามธรรม	ไม่สามารถกำหนดสาระสำคัญของปัญหาได้ ไม่มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ ไม่สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	สามารถกำหนดสาระสำคัญของปัญหาได้แต่ไม่ครบ ไม่มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	สามารถกำหนดสาระสำคัญของปัญหาได้แต่ไม่ครบ มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	สามารถกำหนดสาระสำคัญของปัญหาได้ มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้

องค์ประกอบ	ผลการวัดประเมินผล			
	เริ่มต้น(1)	กำลังพัฒนา(2)	ดี(3)	ยอดเยี่ยม(4)
การออกแบบขั้นตอนวิธี	ไม่สามารถอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้ได้	สามารถอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	สามารถอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้	สามารถอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้

3.2.4 กำหนดเกณฑ์การประเมินระดับการคิดเชิงคำนวณตามเกณฑ์สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ข, หน้า 102-104) แสดงดังตาราง 11

ตาราง 11 เกณฑ์การประเมินระดับการคิดเชิงคำนวณ

ระดับการคิดเชิงคำนวณ	ช่วงคะแนน
ยอดเยี่ยม	13-16
ดี	9-12
กำลังพัฒนา	5-8
เริ่มต้น	1-4

3.2.5 นำแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อทำการตรวจสอบความสอดคล้อง ความถูกต้องเหมาะสมของข้อคำถาม

พฤติกรรมบ่งชี้และการใช้ภาษา จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3.2.6 นำแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนที่ได้แก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญ ทั้งหมด 3 ท่าน

อาจารย์จากคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวน 1 ท่าน

อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์จำนวน 1 ท่าน

ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ที่มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปีจำนวน 1 ท่าน

เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ ด้วยการหาค่า Index of item objective congruence (IOC) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบความสอดคล้องของแต่ละข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด ด้วยวิธีของ Rovinelli และ Hambleton โดยนำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบทดสอบแต่ละข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้นั้น

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้นั้น

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบวัดได้ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้นั้น

เมื่อผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านประเมินแบบทดสอบเสร็จแล้ว จึงนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (IOC)

ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง คะแนนเต็ม 1 ได้ 0.67 ซึ่งแบบวัดการคิดเชิงคำนวณสอดคล้องกับการคิดเชิงคำนวณ

โดยมีข้อเสนอแนะ คือ ปรับข้อคำถามและภาษาที่ใช้ในแบบวัดการคิดเชิงคำนวณให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น

3.2.7 ปรับปรุงแก้ไขแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ ทำการปรับปรุงแก้ไขแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.2.8 จัดทำแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ เพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

3.2.9 ในกรณีที่ผู้เรียนเขียนคำตอบคลุมเครือและไม่ชัดเจน ผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์ผู้เรียนคนนั้นเพิ่มเติมโดยใช้ข้อคำถามเดียวกันกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ

3.3 ใบกิจกรรมการเรียนรู้

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิดประเภทอัตนัย โดยเน้นสถานการณ์ที่

ครอบคลุมทั้ง 4 องค์ประกอบ เพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งใบกิจกรรมการเรียนรู้มีขั้นตอนการสร้าง ดังต่อไปนี้

3.3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างใบกิจกรรมของนักเรียน

3.3.2 ศึกษาแนวทางกระประเมินการคิดเชิงคำนวณ

3.3.3 ศึกษาขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา รวมถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณ

3.3.4 ศึกษาเนื้อหาและคำอธิบายรายวิชา เพื่อกำหนดขอบข่ายของการสร้างใบกิจกรรม

3.3.5 สร้างใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครอบคลุมทั้ง 4 องค์ประกอบ ของการคิดเชิงคำนวณ ประกอบด้วย การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบของปัญหา การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี แสดงดังตาราง 12

ตาราง 12 ข้อคำถามขององค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ

องค์ประกอบ	**ข้อคำถาม**
การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	1. จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนคิดว่าปัญหาคืออะไร 1.1 ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย (ตอบมากกว่า 2 ปัญหา)
การหารูปแบบของปัญหา	2. ให้นักเรียนพิจารณารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกัน
การคิดเชิงนามธรรม	3. ปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญ
การออกแบบขั้นตอนวิธี	4. ให้นักเรียนวาดภาพการออกแบบชิ้นงานลงในกรอบพร้อมระบุอุปกรณ์ลงในตาราง

3.3.6 นำใบกิจกรรมเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบไปด้วย

อาจารย์จากคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวน 1 ท่าน

อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาฟิสิกส์จำนวน 1 ท่าน

ครูประจำการที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ท่าน

ตรวจสอบความถูกต้องต้องรวมถึงความเหมาะสมของใบกิจกรรมการเรียนรู้และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามความเหมาะสม ปรับปรุงแก้ไขใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นสร้างใบกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 แผน คะแนนเต็ม 5 ได้ 4.69 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ คือ ปรับข้อคำถามให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการออกแบบขั้นตอนวิธีในลักษณะของ Flow chart

3.3.7 นำใบกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ไปใช้กับผู้เรียนในกลุ่มเป้าหมาย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังขั้นตอนต่อไปนี้

4.1 ผู้วิจัยดำเนินการแจกแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ทั้งสิ้น 12 ข้อ ลักษณะข้อสอบจะเป็นข้อสอบแบบเขียนตอบอัตนัย เพื่อวัดการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนซึ่งเป็นข้อคำถามเดียวกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน แต่แตกต่างกันที่ก่อนเรียนเป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนเรียนผ่านมาแล้ว

4.2 เมื่อผู้เรียนตอบแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ผู้เรียนหลังเลิกเรียน เวลา 16.00 น. คนละ 15 นาที โดยเลือกจากผู้เรียนที่ให้คำตอบคลุมเครือและไม่ชัดเจนซึ่งใช้ข้อคำถามเดียวกันกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ

4.3 ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับผู้เรียนจำนวน 3 แผน เป็นเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง เรื่องโมเมนตัมและการชน

4.4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยใบกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.5 เมื่อผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นครบทุกแผนแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน ทั้งสิ้น 12 ข้อ ลักษณะข้อสอบจะเป็นข้อสอบแบบเขียนตอบอัตนัย

4.6 เมื่อผู้เรียนได้ทำใบกิจกรรมการเรียนรู้และแบบวัดการคิดเชิงคำนวณเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์ผู้เรียนหลังเลิกเรียน เวลา 16.00 น. คนละ 15 นาที โดยการสัมภาษณ์นั้นจะเลือก

จากผู้เรียนที่ให้คำตอบคลุมเครือและไม่ชัดเจน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ที่มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

5.1.1 อ่านเนื้อหาและวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน

5.1.2 ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนจำแนกตามระดับการคิดเชิงคำนวณที่ปรับปรุงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ข, หน้า 102-104) แสดงดังตาราง 10 เพื่อใช้ในการจัดกลุ่มข้อความจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน

5.1.3 จากนั้นนับจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับที่ได้คะแนนของแต่ละองค์ประกอบ และทำเป็นร้อยละในรูปแบบตาราง

5.1.4 ผู้วิจัยทำการลงข้อสรุปและรวมคะแนนรายบุคคลเพื่อจำแนกตามระดับการคิดเชิงคำนวณจากเกณฑ์การประเมินระดับการคิดเชิงคำนวณตามเกณฑ์สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ข, หน้า 102-104) แสดงดังตาราง 11

5.2 ใบกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหาที่มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

5.2.1 อ่านเนื้อหาและวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้

5.2.2 ตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนจำแนกตามระดับการคิดเชิงคำนวณที่ปรับปรุงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ข, หน้า 102-104) แสดงดังตาราง 10 เพื่อใช้ในการจัดกลุ่มข้อความจากใบกิจกรรมการเรียนรู้หลังจากการดำเนินการจัดจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

5.2.3 จากนั้นนับจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับที่ได้คะแนนของแต่ละองค์ประกอบ และทำเป็นร้อยละในรูปแบบตาราง

5.2.4 ผู้วิจัยทำการลงข้อสรุปและรวมคะแนนรายกลุ่มเพื่อจำแนกตามระดับการคิดเชิงคำนวณจากเกณฑ์การประเมินระดับการคิดเชิงคำนวณตามเกณฑ์สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560ข, หน้า 102-104) แสดงดังตาราง 11

6. ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือให้กับผลการวิจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ การตรวจสอบสามเส้า (Triangulation) โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก เครื่องมือวิจัยได้แก่ แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ และใบกิจกรรมการเรียนรู้ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งมีความหลากหลายของแหล่งข้อมูลน่าเชื่อถือได้โดยวิธีการตรวจสอบสามเส้าด้านเครื่องมือวิจัย (Method Triangulation)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ ในรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์การคิดเชิงคำนวณ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาโดยการตีความข้อมูลและลงข้อสรุปเพื่อเปรียบเทียบคะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสำหรับการนำเสนอผลการวิจัยผู้วิจัยจะนำเสนอผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณเรื่องโมเมนตัมและการชน โดยแบ่งออกเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 การพัฒนาการคิดเชิงคิดนวณของนักเรียนโดยรวมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ตอนที่ 2 การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ตอนที่ 3 การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ตอนที่ 4 การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การศึกษาผลการวิจัยในหัวข้อการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวม โดยมีจุดประสงค์เพื่อวัดการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์การคิดเชิงคำนวณจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน ใบกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน โดยการวิเคราะห์และตีความข้อมูลจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณและใบกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นตรวจให้คะแนนและจัดกลุ่มนักเรียนตามเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน มีทั้งหมด 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม ใช้เวลาในการทำแบบวัดทั้งสิ้น 1 ชั่วโมง ใบกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 3 ใบกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใบกิจกรรมแบ่งออกเป็น 3 เรื่อง คือ โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การดล และแบบวัดการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน มีทั้งหมด 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม ใช้เวลาในการทำแบบวัดทั้งสิ้น 1 ชั่วโมง และวิเคราะห์รวมกับแบบสัมภาษณ์การคิดเชิง

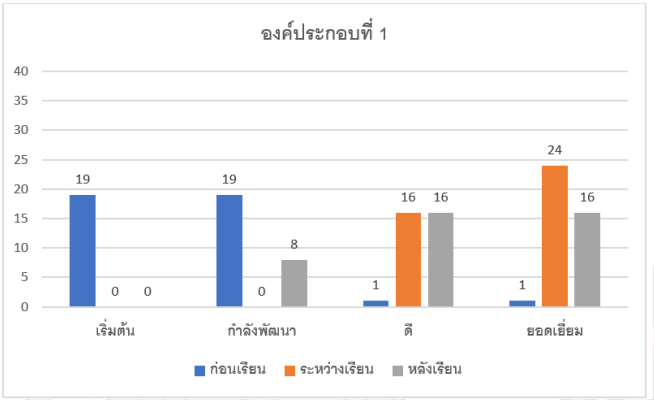
คำนวณซึ่งใช้สถานการณ์และข้อคำถามเดียวกันกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ โดยการสัมภาษณ์นั้น ผู้วิจัยจะเลือกจากนักเรียนที่ให้คำตอบคลุมเครือและไม่ชัดเจน

เมื่อพิจารณาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ซึ่งได้จากการคิดเชิงคำนวณจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน ใบกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำแนกตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา ก่อนเรียนนักเรียนอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 19 คน ระหว่างเรียนนักเรียนอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 24 คน และหลังเรียนนักเรียนอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 16 คน องค์ประกอบที่ 2 การหารูปแบบของปัญหา ก่อนเรียนนักเรียนอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 35 คน ระหว่างเรียนนักเรียนอยู่ในระดับดี จำนวน 32 คน และหลังเรียนนักเรียนอยู่ในระดับดี จำนวน 18 คน องค์ประกอบที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม ก่อนเรียนนักเรียนอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 34 คน ระหว่างเรียนนักเรียนอยู่ในระดับดี จำนวน 40 คน และหลังเรียนนักเรียนอยู่ในระดับดี จำนวน 24 คน องค์ประกอบที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี ก่อนเรียนนักเรียนอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 23 คน ระหว่างเรียนนักเรียนอยู่ในระดับดี จำนวน 16 คน และหลังเรียนนักเรียนอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 19 คน ซึ่งการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์การคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมเป็นร้อยละของแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณได้แก่ การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบของปัญหา การคิดเชิงนามธรรม การออกแบบขั้นตอนวิธี แสดงดังตาราง 13

ตาราง 13 การคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวม

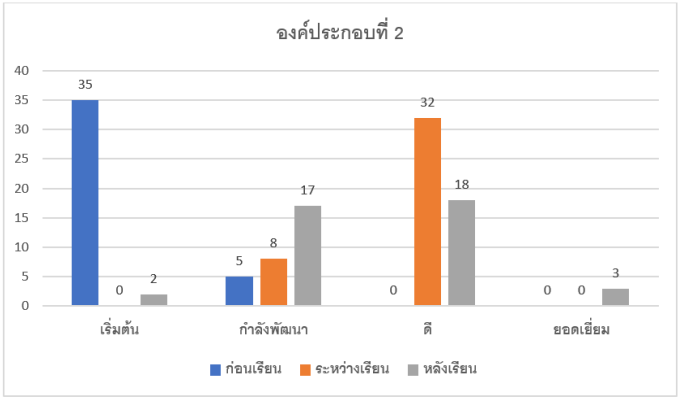
องค์ประกอบ	ก่อนเรียน (คะแนน)				ระหว่างเรียน (คะแนน)				หลังเรียน (คะแนน)			
	เริ่มต้น (1)	กำลังพัฒนา (2)	ดี (3)	ยอดเยี่ยม (4)	เริ่มต้น (1)	กำลังพัฒนา (2)	ดี (3)	ยอดเยี่ยม (4)	เริ่มต้น (1)	กำลังพัฒนา (2)	ดี (3)	ยอดเยี่ยม (4)
1	19 (47.50)	19 (47.50)	1 (2.50)	1 (2.50)	0 (0.00)	0 (0.00)	16 (40.00)	24 (60.00)	0 (0.00)	8 (20.00)	16 (40.00)	16 (40.00)
2	35 (87.50)	5 (12.50)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	8 (20.00)	32 (80.00)	0 (0.00)	2 (5.00)	17 (42.50)	18 (45.00)	3 (7.50)
3	34 (85.00)	6 (15.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	40 (100.00)	0 (0.00)	1 (2.50)	12 (30.00)	24 (60.00)	3 (7.50)
4	23 (57.50)	17 (42.50)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	16 (40.00)	16 (40.00)	8 (20.00)	1 (2.50)	9 (22.50)	11 (27.50)	19 (47.50)
รวม	11 (27.50)	27 (67.50)	2 (5.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	40 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	7 (17.50)	18 (45.00)	15 (37.50)

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากตารางมาสร้างเป็นแผนภูมิแท่งของการคิดเชิงคำนวณเพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณที่เพิ่มขึ้นในแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งองค์ประกอบที่ 1 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา พบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีการพัฒนาน้อยที่สุดอยู่ในระดับเริ่มต้นและระดับกำลังพัฒนาเท่ากันคือ 19 คน หลังเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นซึ่งอยู่ในระดับดีและยอดเยี่ยมเท่ากันคือ 16 คน และระหว่างเรียนนักเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นมากที่สุดอยู่ที่ระดับยอดเยี่ยมคือ 24 คน แสดงดังภาพ 4



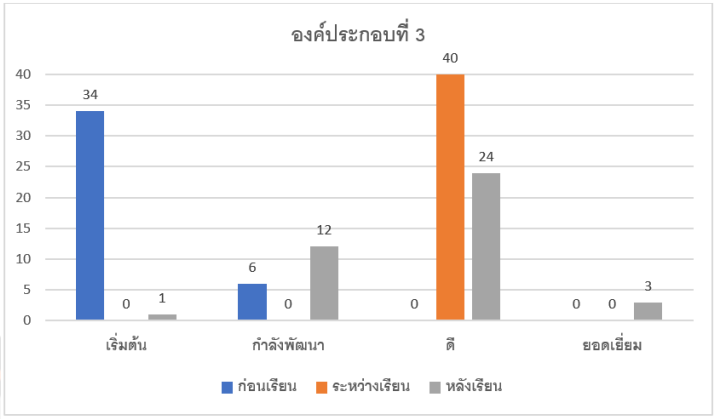
ภาพ 4 องค์ประกอบที่ 1 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา

องค์ประกอบที่ 2 การหารูปแบบของปัญหา พบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีการพัฒนาน้อยที่สุดอยู่ที่ระดับเริ่มต้นคือ 35 คน หลังเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับดีคือ 18 คน และระหว่างเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นมากที่สุดอยู่ในระดับดีคือ 32 คน แสดงดังภาพ 5



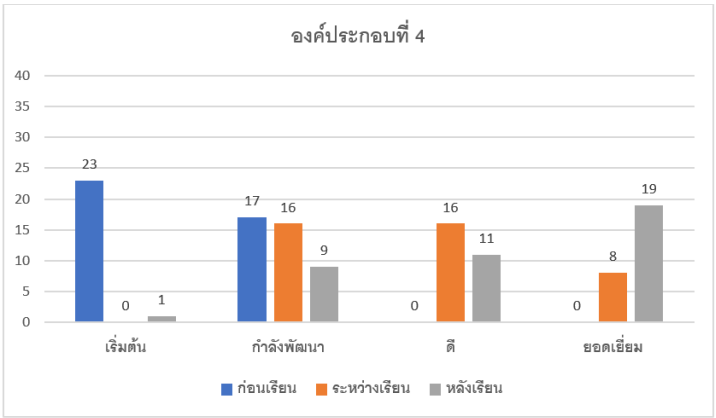
ภาพ 5 องค์ประกอบที่ 2 การหารูปแบบของปัญหา

องค์ประกอบที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม พบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีการพัฒนาน้อยที่สุดอยู่ในระดับเริ่มต้นคือ 34 คน หลังเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับดีคือ 24 คน และระหว่างเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นมากที่สุดอยู่ในระดับดีคือ 40 คน แสดงดังภาพ 6



ภาพ 6 องค์ประกอบที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม

องค์ประกอบที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี พบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีการพัฒนาน้อยที่สุดอยู่ในระดับเริ่มต้นคือ 23 คน ระหว่างเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับกำลังพัฒนาและระดับดีเท่ากันคือ 16 คน และหลังเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นมากที่สุดอยู่ในระดับดีคือ 19 คน แสดงดังภาพ 7



ภาพ 7 องค์ประกอบที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี

จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า มีแนวโน้มของระดับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับดี และจากผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า การออกแบบขั้นตอนวิธีมีการพัฒนาน้อยที่สุด และการคิดเชิงนามธรรมมีการพัฒนามากที่สุด

ตอนที่ 2 การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การศึกษาผลการวิจัยในหัวข้อการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีจุดประสงค์เพื่อวัดการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์การคิดเชิงคำนวณจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียนและแบบสัมภาษณ์การคิดเชิงคำนวณ โดยการตีความข้อมูลและใส่รหัสของข้อมูล จากนั้นวิเคราะห์แยกข้อความที่อยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน โดยจัดข้อมูลตามเกณฑ์การให้คะแนนจำแนกตามระดับการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งใช้แบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน มีทั้งหมด 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม ใช้เวลาในการทำแบบวัดทั้งสิ้น 1 ชั่วโมง และวิเคราะห์รวมกับแบบสัมภาษณ์การคิดเชิงคำนวณซึ่งใช้สถานการณ์และข้อคำถามเดียวกันกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน โดยการสัมภาษณ์นั้นผู้วิจัยจะเลือกจากนักเรียนที่ให้คำตอบคลุมเครือและไม่ชัดเจน

เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งได้จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน จำแนกตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 47.50 องค์ประกอบที่ 2 การหารูปแบบของปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับเริ่มต้น 35 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 องค์ประกอบที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 85.00 และองค์ประกอบที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 57.50 ซึ่งการคิดเชิงคำนวณโดยรวมของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 67.50 ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นร้อยละของแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ แสดงดังตาราง 14

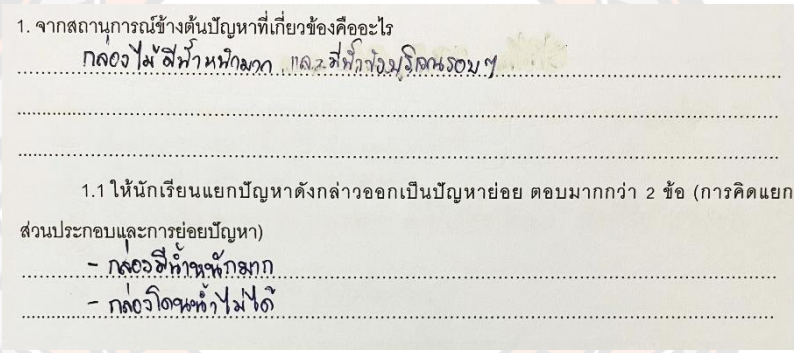
ตาราง 14 จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (คิดเป็นร้อยละ)

การคิดเชิงคำนวณ	จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณ (ร้อยละ)			
	เริ่มต้น (1)	กำลังพัฒนา (2)	ดี (3)	ยอดเยี่ยม (4)
1. การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	19 (47.50)	19 (47.50)	1 (2.50)	1 (2.50)
2. การหารูปแบบของปัญหา	35 (87.50)	5 (12.50)	0 (0.00)	0 (0.00)
3. การคิดเชิงนามธรรม	34 (85.00)	6 (15.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	23 (57.50)	17 (42.50)	0 (0.00)	0 (0.00)

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอภาพตัวอย่างการเขียนตอบของนักเรียนที่ได้ระดับคะแนนส่วนใหญ่จำแนกตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ดังต่อไปนี้

1. การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา

การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) หมายถึง การพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองานออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น ซึ่งนักเรียนจะต้องเข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไร อธิบายปัญหาได้และวิเคราะห์แยกส่วนประกอบของปัญหา แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 47.50 ดังภาพ 8


1. จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร

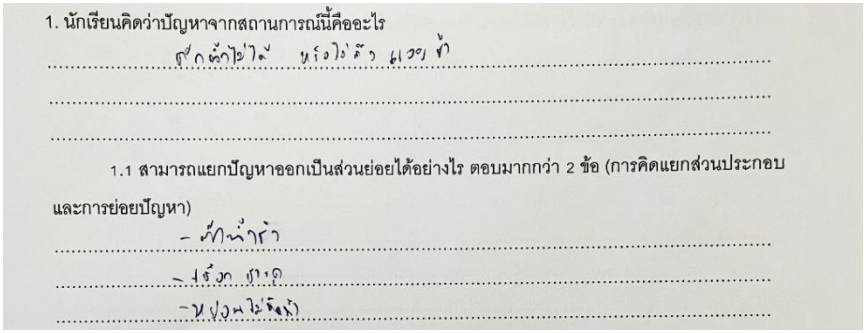
กลองไม่สีน้ำหนักมาก และสีน้ำท่วมโรงเรียน ฯ

1.1 ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

- กลองสีน้ำหนักมาก
- กล่องโดนน้ำไม่ได้

ภาพ 8 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา

จากภาพ 8 พบว่า นักเรียนมีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา กล่าวคือ จากการอ่านสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ในแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรจากคำถามข้อที่ 1 “จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร” ทำให้นักเรียนอธิบายปัญหาได้แต่ไม่ครบทุกประเด็นและแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้แต่ยังไม่ครบทุกประเด็นจากคำถามข้อที่ 1.1 “ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย” อย่างไรก็ตามจากผลของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 47.50 ดังภาพ 9


1. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้คืออะไร

ไม่รู้เข้าใจ หรือไม่ต้องแก้ข้า

1.1 สามารถแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อยได้อย่างไร ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

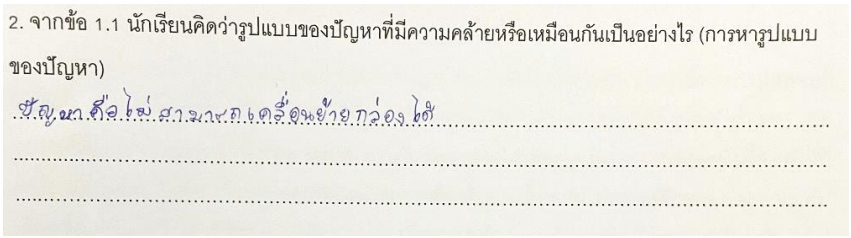
- ดูน้ำหนัก
- ปริมาตร
- หนังหนังสือ

ภาพ 9 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับเริ่มต้น

จากภาพ 9 พบว่า นักเรียนมีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับเริ่มต้น กล่าวคือ จากการอ่านสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ในแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนไม่เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและไม่สามารถอธิบายปัญหาได้ จากคำถามข้อที่ 1 “จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร” จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ จากคำถามข้อที่ 1.1 “ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย” เมื่อนักเรียนไม่สามารถทำความเข้าใจปัญหาและไม่สามารถแตกปัญหาใหญ่เป็นปัญหาย่อยได้ จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายการหารูปแบบของปัญหาได้

2. การหารูปแบบของปัญหา

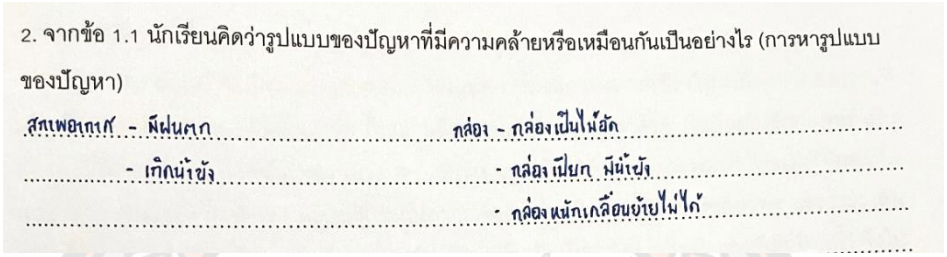
การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) หมายถึง การพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหาและพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องพิจารณาได้ว่ารูปแบบของปัญหามีความคล้ายคลึงกันในรูปแบบใด มีการอธิบายประกอบ สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้ จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 ดังภาพ 10


2. จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันเป็นอย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)

ปัญหาย่อยไม่สามารถเคลื่อนย้ายกล่องได้

ภาพ 10 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับเริ่มต้น

จากภาพ 10 พบว่า นักเรียนมีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับเริ่มต้น เนื่องจากคำตอบของนักเรียน คือ “ปัญหาคือไม่สามารถเคลื่อนย้ายกล่องได้” ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่สามารถพิจารณาได้ว่ารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายคลึงกันในรูปแบบใด ไม่มีการอธิบายประกอบ และไม่สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้ อย่างไรก็ตามจากผลของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 12.50 ดังภาพ 11

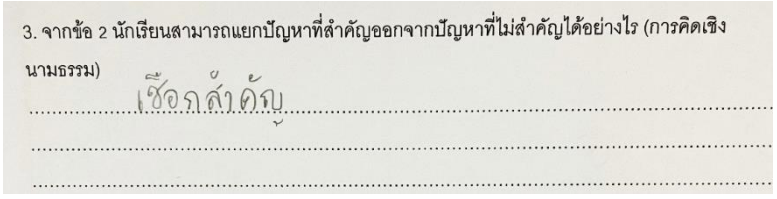


ภาพ 11 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา

จากภาพ 11 พบว่า นักเรียนมีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา เนื่องจากคำตอบของนักเรียนสามารถพิจารณาได้ว่ารูปแบบของปัญหามีความคล้ายคลึงกันและมีการอธิบายประกอบ เช่น สภาพอากาศ มีฝนตกทำให้เกิดน้ำขัง แต่ไม่สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้ จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถระบุการคิดเชิงนามธรรมได้ครบทุกประเด็น

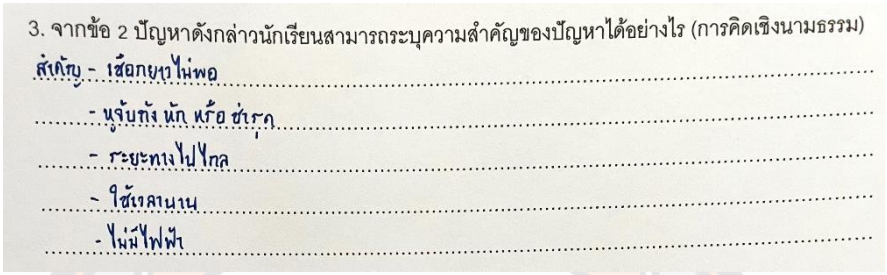
3. การคิดเชิงนามธรรม

การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ ซึ่งนักเรียนสามารถกำหนดสาระสำคัญของปัญหาได้ มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 85.00 ดังภาพ 12



ภาพ 12 การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับเริ่มต้น

จากภาพ 12 พบว่า นักเรียนมีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับเริ่มต้น เนื่องจากคำตอบของนักเรียน คือ “เชือกสำคัญ” จะเห็นได้ว่านักเรียนไม่สามารถกำหนดสาระสำคัญของปัญหาได้ ไม่มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ ไม่สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ อย่างไรก็ตามจากผลของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 15.00 ดังภาพ 13

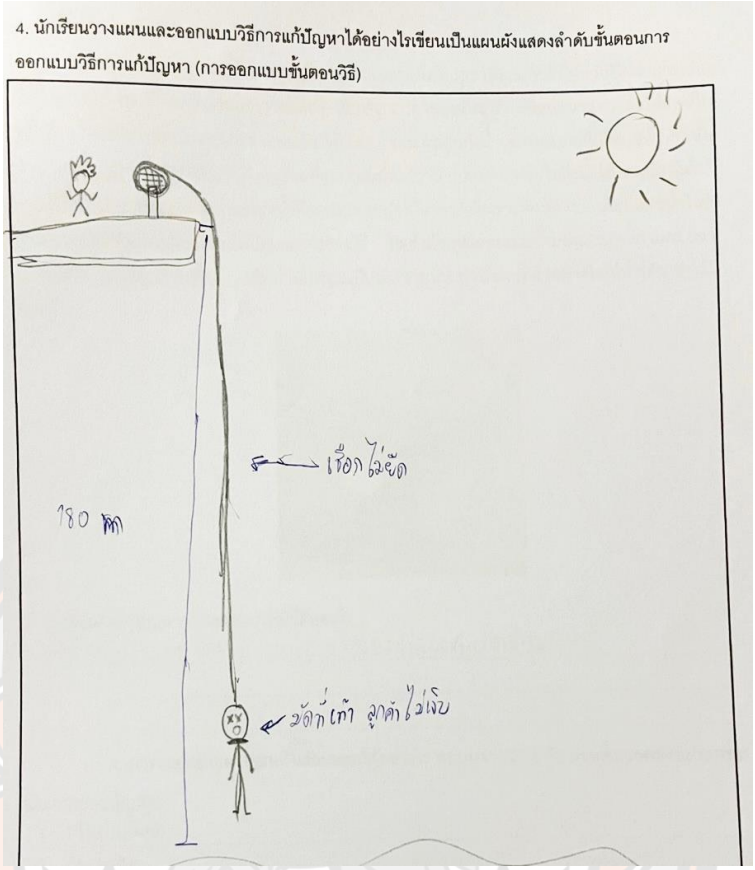

3. จากข้อ 2 ปัญหาดังกล่าวนักเรียนสามารถระบุความสำคัญของปัญหาได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)
สำคัญ - เชือกยาวไม่พอ
- หูจับหัก หรือ ชำรุด
- ระยะทางไปไกล
- ใช้เวลานาน
- ไม่มีไฟฟ้า

ภาพ 13 การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับกำลังพัฒนา

จากภาพ 13 พบว่า นักเรียนมีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับกำลังพัฒนา เนื่องจากคำตอบของนักเรียน คือ เชือกยาวไม่พอ หูจับหักหรือชำรุด ระยะทางไกล ใช้เวลานาน ไม่มีไฟฟ้า เป็นต้น จากคำตอบของนักเรียนจะเห็นได้ว่านักเรียนไม่สามารถแยกสิ่งที่สำคัญออกจากสิ่งที่ไม่สำคัญได้ทำให้ยากต่อการแก้ปัญหา และไม่มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ จึงส่งผลให้นักเรียนออกแบบขั้นตอนวิธีได้แต่ไม่ชัดเจน

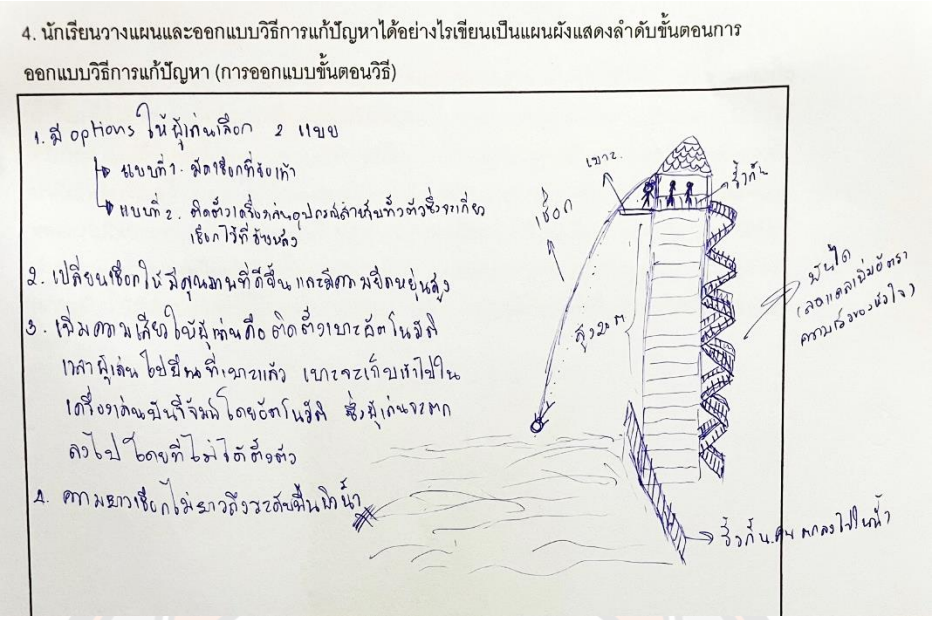
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี

การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 57.50 ดังภาพ 14



ภาพ 14 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับเริ่มต้น

จากภาพ 14 พบว่า นักเรียนมีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับเริ่มต้น ซึ่งคำตอบของนักเรียนจะเห็นได้ว่า นักเรียนไม่มีการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ และไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาของสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ได้ อย่างไรก็ตามจากผลของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 42.50 ดังภาพ 15



ภาพ 15 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับกำลังพัฒนา

จากภาพ 15 พบว่า นักเรียนมีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับกำลังพัฒนา เนื่องจากนักเรียนเริ่มออกแบบวิธีแก้ปัญหาและอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา แต่ไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ ซึ่งทำให้นักเรียนไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้

การศึกษาผลการวิจัยในหัวข้อการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียน ซึ่งมีทั้งหมด 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม ใช้เวลาในการทำแบบวัดทั้งสิ้น 1 ชั่วโมง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 67.50 เนื่องจากนักเรียนยังไม่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ได้

ตอนที่ 3 การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การศึกษาผลการวิจัยในหัวข้อการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีจุดประสงค์เพื่อวัดการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทั้งหมด 3 แผน โดยการแบ่งนักเรียนออกเป็น 5

กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน จากนั้นดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา ผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ให้จากนั้นนักเรียนจะต้องระบุปัญหาของสถานการณ์นั้น ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา นักเรียนจะต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเพื่อหาวิธีแก้ปัญหา โดยการพิจารณารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาและพิจารณารายละเอียดของปัญหาโดยการแยกปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญออกเป็นกลุ่ม ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน นักเรียนวางแผนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและพิจารณาการสร้างชิ้นงานร่วมกันในกลุ่ม ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง ซึ่งจากการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนไม่สามารถวางแผนครั้งที่ 2 ได้ เนื่องจากผู้วิจัยพบว่าในใบกิจกรรมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนบางกลุ่มไม่เขียนการออกแบบชิ้นงานลงในการวางแผนครั้งที่ 2 และนักเรียนบางกลุ่มเขียนการออกแบบชิ้นงานลงในการวางแผนครั้งที่ 2 แต่เขียนในลักษณะเดียวกันกับการวางแผนครั้งที่ 1 ไม่มีการเพิ่มอุปกรณ์ที่จะนำไปใช้ในการสร้างชิ้นงาน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมถึงสาเหตุของการไม่เขียนการออกแบบชิ้นงานซึ่งพบว่านักเรียนไม่สามารถวางแผนการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แบบ ผู้วิจัยจึงทำการปรับขั้นที่ 4 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โดยนำขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง ซึ่งให้นักเรียนสร้างชิ้นงานของกลุ่มตนเองขึ้นมาก่อน จากนั้นขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน ให้นักเรียนทำการทดสอบชิ้นงานเพื่อจะได้เห็นถึงจุดบกพร่องของการวางแผนและชิ้นงานที่ต้องปรับปรุง จากนั้นให้นักเรียนวางแผนการสำรองของขั้นที่ 4 ซึ่งได้จากการสร้างชิ้นงานและทดสอบเพื่อนำมาปรับปรุงชิ้นงานให้สามารถนำไปแก้ปัญหาได้จากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ และนักเรียนจะประเมินชิ้นงานของกลุ่มตนเองจากการปรับปรุงแก้ไขและอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้ ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 3 ใบกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใบกิจกรรมแบ่งออกเป็น 3 เรื่อง คือ โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การดล โดยวิเคราะห์การคิดเชิงคำนวณจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการตีความข้อมูลและใส่รหัสของข้อมูล จากนั้นวิเคราะห์แยกข้อความที่อยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน โดยจัดข้อมูลตามเกณฑ์การให้คะแนนจำแนกตามระดับการคิดเชิงคำนวณ

เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาซึ่งได้จากใบกิจกรรมการเรียนรู้ จำแนกตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 องค์ประกอบที่ 2 การหารูปแบบของปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี 32 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 องค์ประกอบที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และองค์ประกอบที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ซึ่งการคิดเชิงคำนวณโดยรวมของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญมีการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับดี

จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นร้อยละของแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ แสดงดังตาราง 15

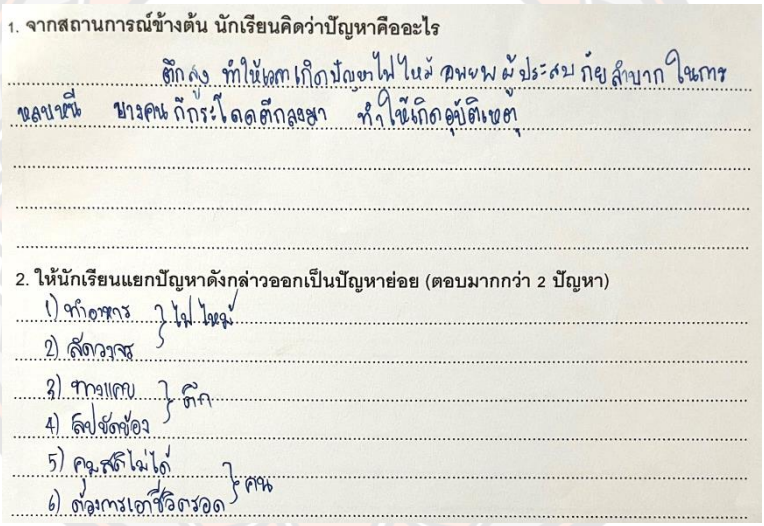
ตาราง 15 จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (คิดเป็นร้อยละ)

การคิดเชิงคำนวณ	จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณ (ร้อยละ)			
	เริ่มต้น (1)	กำลังพัฒนา (2)	ดี (3)	ยอดเยี่ยม (4)
1. การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	0 (0.00)	0 (0.00)	16 (40.00)	24 (60.00)
2. การหารูปแบบของปัญหา	0 (0.00)	8 (20.00)	32 (80.00)	0 (0.00)
3. การคิดเชิงนามธรรม	0 (0.00)	0 (0.00)	40 (100.00)	0 (0.00)
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	0 (0.00)	16 (40.00)	16 (40.00)	8 (20.00)

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอภาพตัวอย่างการเขียนตอบของนักเรียนที่ได้ระดับคะแนนส่วนใหญ่จำแนกตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพดังต่อไปนี้

1. การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา

การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) หมายถึง การพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองานออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น ซึ่งนักเรียนจะต้องเข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไร อธิบายปัญหาได้และวิเคราะห์แยกส่วนประกอบของปัญหา แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น จากใบกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 ดังภาพ 16


1. จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนคิดว่าปัญหาคืออะไร

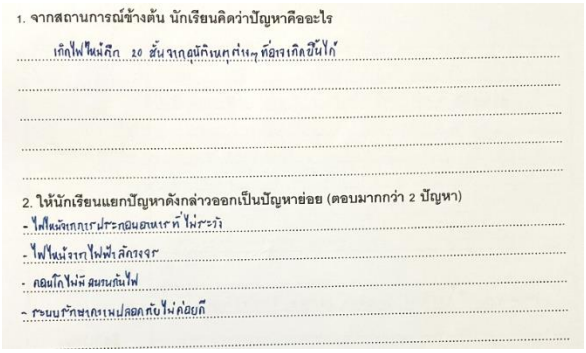
ตึกสูง ทำให้หลายเกิดปัญหาไฟไหม้ ทุพพลผู้ประสบภัยลำบากในการหลบหนี บางคนก็กระโดดตึกลงมา ทำให้เกิดอุบัติเหตุ

2. ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย (ตอบมากกว่า 2 ปัญหา)

1) ทำอาหาร } ไฟไหม้
2) สัตว์เลี้ยง
3) ทางแคบ } ตึก
4) ลิฟต์ขัดข้อง
5) คนสติไม่ได้ } คน
6) ต้องการเอาชีวิตรอด

ภาพ 16 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม

จากภาพ 16 พบว่า นักเรียนมีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม กล่าวคือ จากการอ่านสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรจากคำถามข้อที่ 1 “จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนคิดว่าปัญหาคืออะไร” และอธิบายปัญหาได้และวิเคราะห์แยกส่วนประกอบของปัญหา แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น จากคำถามข้อที่ 1.1 “ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย” อย่างไรก็ตามจากผลของใบกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับดี จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ดังภาพ 17


1. จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนคิดว่าปัญหาคืออะไร

เกิดไฟไหม้ลึก 10 ชั้น รถดับเพลิงที่อยู่ใกล้ที่สุดไม่สามารถเข้าไปได้

2. ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย (ตอบมากกว่า 2 ปัญหา)

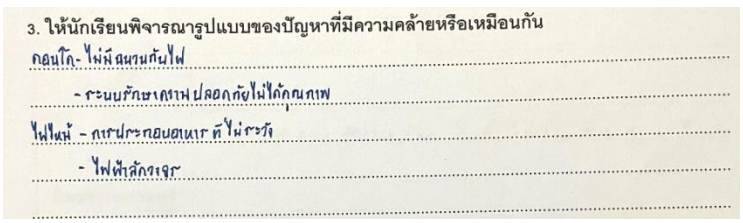
- ไฟไหม้เกิดจากการประกอบอาหารที่ไม่ระวัง
- ไฟไหม้เกิดจากไฟฟ้าลัดวงจร
- คอนโดไม่มีอุปกรณ์ดับเพลิง
- ระบบรักษาความปลอดภัยไม่ดีพอ

ภาพ 17 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับดี

จากภาพ 17 พบว่า นักเรียนมีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับดี กล่าวคือ จากการอ่านสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและอธิบายปัญหาได้ครบทุกประเด็นจากคำถามข้อที่ 1 “จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนคิดว่าปัญหาคืออะไร” แต่ไม่สามารถแยกส่วนประกอบของปัญหาได้ แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น จากคำถามข้อที่ 1.1 “ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย” เมื่อนักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาและสามารถแตกปัญหาใหญ่เป็นปัญหาย่อยได้ จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถอธิบายการหารูปแบบของปัญหาได้

2. การหารูปแบบของปัญหา

การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) หมายถึง การพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหาและพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องพิจารณาได้ว่ารูปแบบของปัญหามีความคล้ายคลึงกันในรูปแบบใด มีการอธิบายประกอบ สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้ จากใบกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 ดังภาพ 18


3. ให้นักเรียนพิจารณารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกัน

คอนโด - ไม่มีอุปกรณ์ดับเพลิง

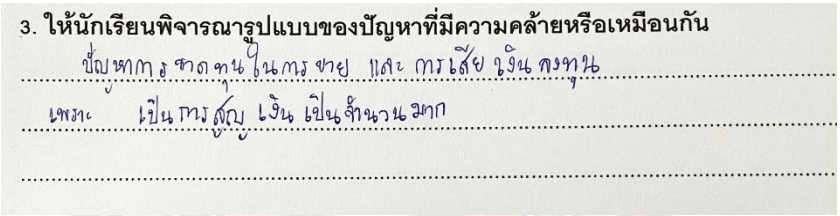
- ระบบรักษาความปลอดภัยไม่ได้คุณภาพ

ไฟไหม้ - การประกอบอาหารที่ไม่ระวัง

- ไฟฟ้าลัดวงจร

ภาพ 18 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี

จากภาพ 18 พบว่า นักเรียนมีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี จากคำตอบของนักเรียนจะเห็นได้ว่า นักเรียนมีการระบุรูปแบบของปัญหาที่ชัดเจน เช่น คอนโด ไม่มีฉนวนกันไฟและระบบรักษาความปลิดภัยไม่ได้คุณภาพ ซึ่งมีการอธิบายเหตุผลประกอบ แต่ไม่สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้ อย่างไรก็ตามจากผลของใบกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 ดังภาพ 19


3. ให้นักเรียนพิจารณารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกัน

ปัญหาการขาดทุนในการขาย และการเสียเงินลงทุน

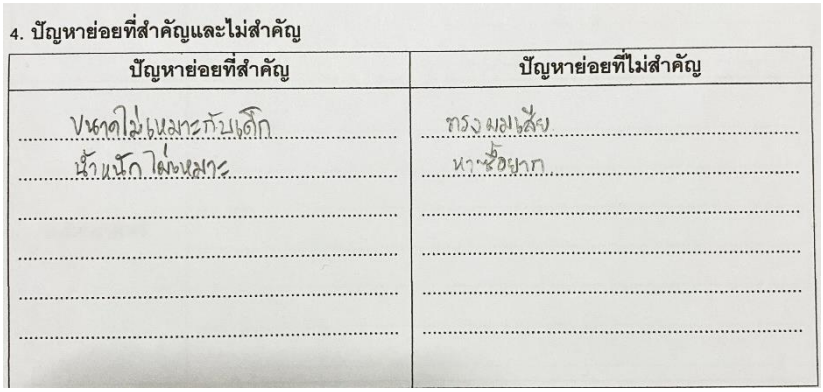
เพราะ เป็นการสูญเงิน เป็นจำนวนมาก

ภาพ 19 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา

จากภาพ 19 พบว่า นักเรียนมีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา เนื่องจากนักเรียนสามารถพิจารณาได้ว่ารูปแบบของปัญหามีความคล้ายคลึงกัน คือ ระบุรูปแบบของปัญหาในเรื่องเงินที่ขาดทุนจากการขาย ซึ่งมีการอธิบายประกอบ แต่ไม่สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้ จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถระบุการคิดเชิงนามธรรมได้แต่ไม่ครบทุกประเด็น

3. การคิดเชิงนามธรรม

การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ ซึ่งนักเรียนสามารถกำหนดสาระสำคัญของปัญหาได้ มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ จากใบกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ดังภาพ 20



4. ปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญ

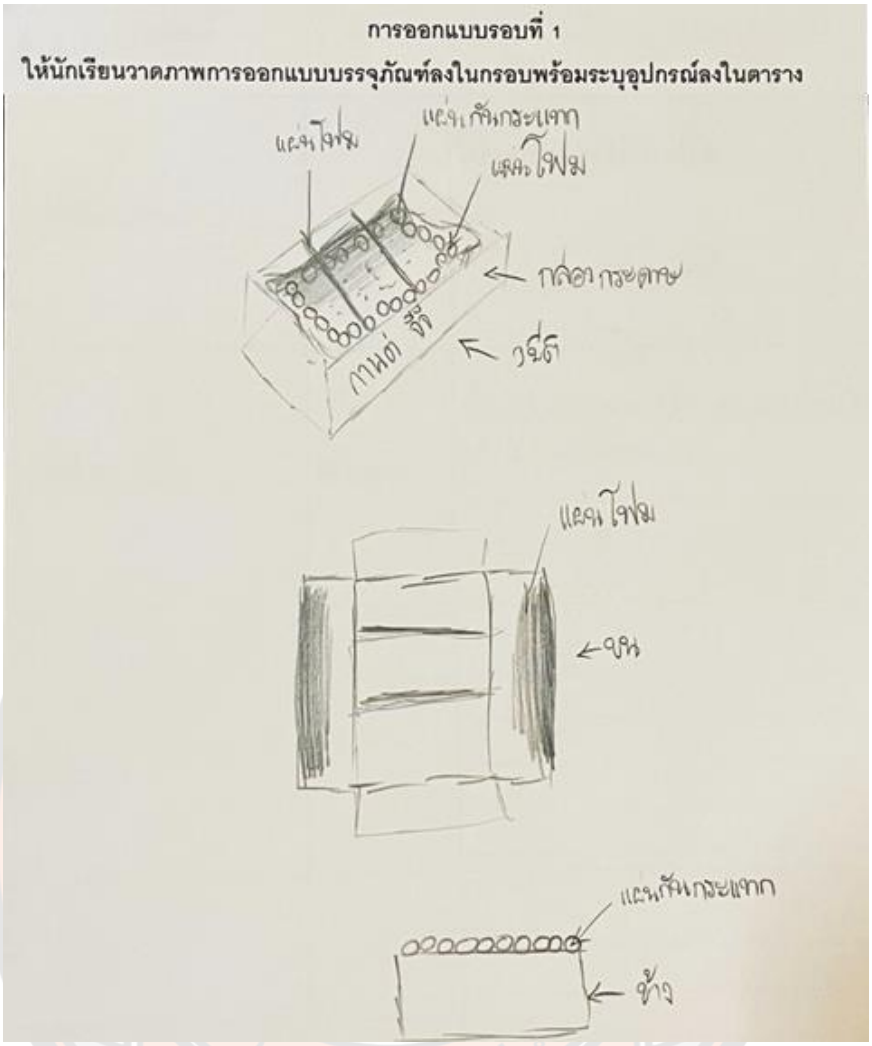
ปัญหาย่อยที่สำคัญ	ปัญหาย่อยที่ไม่สำคัญ
ขนาดไม่เหมาะกับเด็ก	ตรงผมเสีย
น้ำหนักไม่เหมาะ	หาซื้อยาก

ภาพ 20 การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี

จากภาพ 20 พบว่า นักเรียนมีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี เนื่องจากนักเรียนสามารถแยกปัญหาย่อยที่สำคัญออกจากปัญหาย่อยที่ไม่สำคัญแต่ไม่ครบ และไม่มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ จึงส่งผลให้นักเรียนออกแบบขั้นตอนวิธีเพื่อนำไปแก้ปัญหาได้

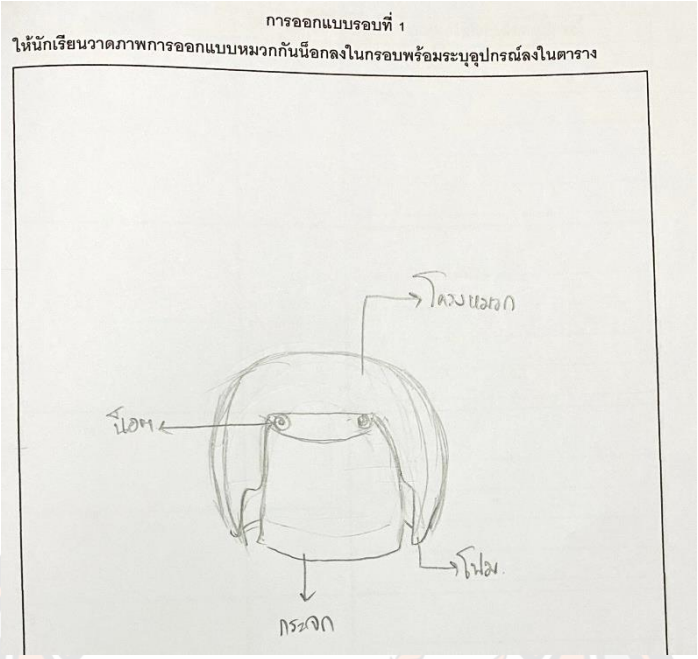
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี

การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ จากใบกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับดี จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ดังภาพ 21



ภาพ 21 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับดี

จากภาพ 21 พบว่า นักเรียนมีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับดี เนื่องจากนักเรียนสามารถออกแบบและอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ แต่ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ อย่างไรก็ตามจากผลของใบกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ดังภาพ 22



ภาพ 22 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับกำลังพัฒนา

จากภาพ 22 พบว่า นักเรียนมีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับกำลังพัฒนา เนื่องจากคำตอบของนักเรียนจะเห็นได้ว่ามีการออกแบบแต่ไม่อธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา จึงไม่สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้และไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ จึงทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ได้

การศึกษาผลการวิจัยในหัวข้อการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จากใบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีทั้งหมด 3 แผน โดยใบกิจกรรมแบ่งออกเป็น 3 เรื่อง คือ โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การดลพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับดี จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 เนื่องจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงทำให้เกิดการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณและสามารถนำไปแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ได้

ตอนที่ 4 การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การศึกษาผลการวิจัยในหัวข้อการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีจุดประสงค์เพื่อวัดการคิดเชิงคำนวณของ

นักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์การคิดเชิงคำนวณจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียนและแบบสัมภาษณ์การคิดเชิงคำนวณ โดยการตีความข้อมูลและใส่รหัสของข้อมูล จากนั้นวิเคราะห์แยกข้อความที่อยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน โดยจัดข้อมูลตามเกณฑ์การให้คะแนนจำแนกตามระดับการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน มีทั้งหมด 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม ใช้เวลาในการทำแบบวัดทั้งสิ้น 1 ชั่วโมง และวิเคราะห์รวมกับแบบสัมภาษณ์การคิดเชิงคำนวณซึ่งใช้ข้อคำถามเดียวกันกับแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ โดยการสัมภาษณ์นั้นผู้วิจัยจะเลือกจากนักเรียนที่ให้คำตอบคลุมเครือและไม่ชัดเจน

เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งได้จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน จำแนกตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 องค์ประกอบที่ 2 การหารูปแบบของปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี 18 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 องค์ประกอบที่ 3 การคิดเชิงนามธรรม นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 และองค์ประกอบที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 47.50 ซึ่งการคิดเชิงคำนวณโดยรวมของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญมีการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับดี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นร้อยละของแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ แสดงดังตาราง 16

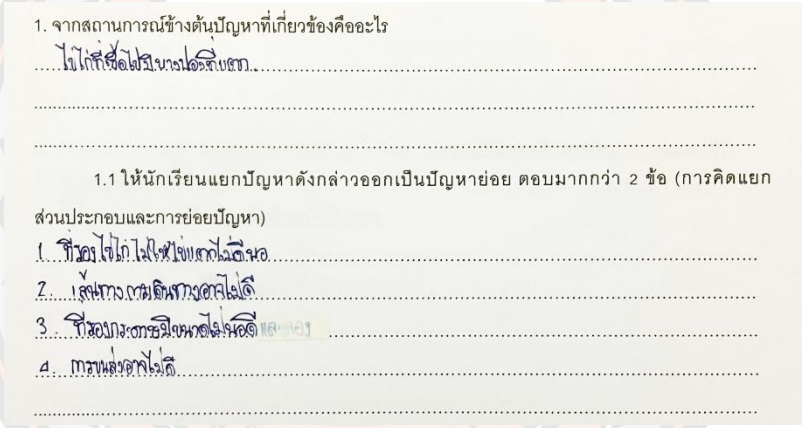
ตาราง 16 จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (คิดเป็นร้อยละ)

การคิดเชิงคำนวณ	จำนวนนักเรียนตามระดับการคิดเชิงคำนวณ (ร้อยละ)			
	เริ่มต้น (1)	กำลังพัฒนา (2)	ดี (3)	ยอดเยี่ยม (4)
1. การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา	0 (0.00)	8 (20.00)	16 (40.00)	16 (40.00)
2. การหารูปแบบของปัญหา	2 (5.00)	17 (42.50)	18 (45.00)	3 (7.50)
3. การคิดเชิงนามธรรม	1 (2.50)	12 (30.00)	24 (60.00)	3 (7.50)
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี	1 (2.50)	9 (22.50)	11 (27.50)	19 (47.50)

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอภาพตัวอย่างการเขียนตอบของนักเรียนที่ได้ระดับคะแนนส่วนใหญ่จำแนกตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ดังต่อไปนี้

1. การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา

การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) หมายถึง การพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองานออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น ซึ่งนักเรียนจะต้องเข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไร อธิบายปัญหาได้และวิเคราะห์แยกส่วนประกอบของปัญหา แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ดังภาพ 23


1. จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร

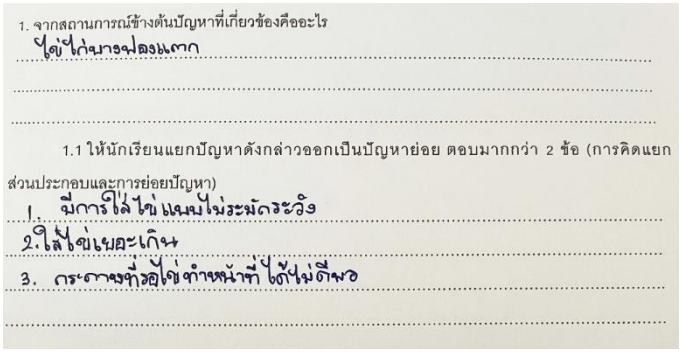
ไปไก่ที่ซื้อไปขายได้เท่าไหร่

1.1 ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

1. ซื้อไก่ไปเท่าไหร่ ขายได้เท่าไหร่
2. เส้นทางการเดินทางดีไม่ดี
3. ซื้อมาราคาเท่าไหร่
4. การขนส่งดีไม่ดี

ภาพ 23 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม

จากภาพ 23 พบว่า นักเรียนมีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม กล่าวคือ จากการอ่านสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ในแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรจากคำถามข้อที่ 1 “จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร” ทำให้นักเรียนอธิบายปัญหาได้และวิเคราะห์แยกส่วนประกอบของปัญหา แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น จากคำถามข้อที่ 1.1 “ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย” อย่างไรก็ตามจากผลของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับดี จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ดังภาพ 24


1. จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร
ไข่ไก่บางฟองแตก

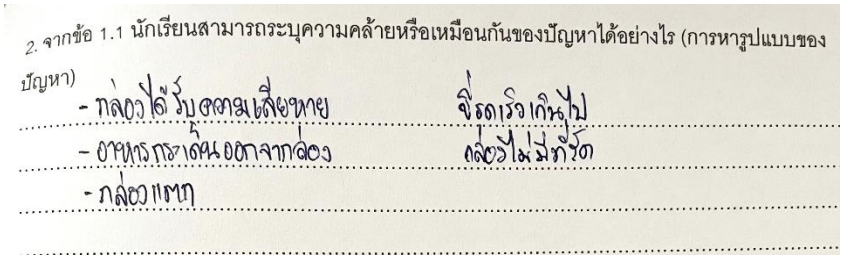
1.1 ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)
1. มีการใส่ไข่แบบไม่ระมัดระวัง
2. ใส่ไข่เยอะเกิน
3. กระดาษที่รองไข่ทำหน้าที่ได้ไม่ดีพอ

ภาพ 24 การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับดี

จากภาพ 24 พบว่า นักเรียนมีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับดี กล่าวคือ จากการอ่านสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ในแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและสามารถอธิบายปัญหาได้ครบทุกประเด็น จากข้อคำถามข้อที่ 1 “จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร” สามารถแยกส่วนประกอบของปัญหาได้ แต่แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยไม่ครบทุกประเด็น จากคำถามข้อที่ 1.1 “ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย” เมื่อนักเรียนเข้าใจปัญหาและสามารถแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถพิจารณารูปแบบของปัญหาได้

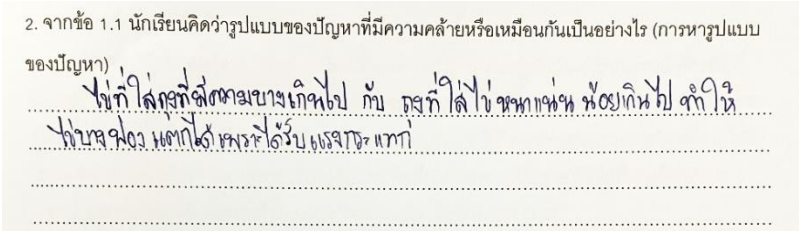
2. การหารูปแบบของปัญหา

การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) หมายถึง การพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหาและพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องพิจารณาได้ว่ารูปแบบของปัญหามีความคล้ายคลึงกันในรูปแบบใด มีการอธิบายประกอบ สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้ จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 ดังภาพ 25


2. จากข้อ 1.1 นักเรียนสามารถระบุความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาได้อย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)
- กล่องไข่รับความเสียหาย จี้รถเร็วเกินไป
- อาหารกระเด็นออกจากกล่อง กล่องไม่มีที่รัด
- กล่องแตก

ภาพ 25 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี

จากภาพ 25 พบว่า นักเรียนมีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี เนื่องจากคำตอบของนักเรียนจะเห็นได้ว่า มีการระบุรูปแบบของปัญหาที่คล้ายกันและมีการเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ แต่ไม่สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้ อย่างไรก็ตามจากผลของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 42.50 ดังภาพ 26

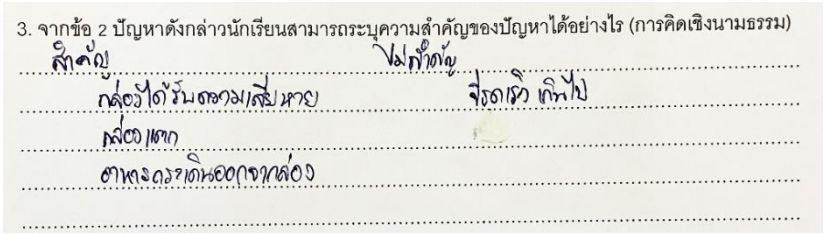


ภาพ 26 การหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา

จากภาพ 26 พบว่า นักเรียนมีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา เนื่องจากนักเรียนสามารถพิจารณาได้ว่ารูปแบบของปัญหามีความคล้ายคลึงกันในรูปแบบใด มีการอธิบายเหตุผลประกอบ คือ “ไข่ที่ใส่ถุงมีความบางเกินไป” แต่ไม่สามารถนำรูปแบบของปัญหาไปแก้ปัญหาได้ จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถระบุการคิดเชิงนามธรรมได้ครบทุกประเด็น

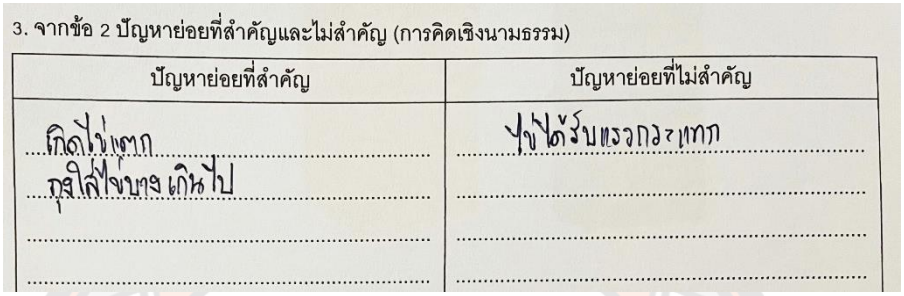
3. การคิดเชิงนามธรรม

การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ ซึ่งนักเรียนสามารถกำหนดสาระสำคัญของปัญหาได้ มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญ สามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 ดังภาพ 27



ภาพ 27 การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี

จากภาพ 27 พบว่า นักเรียนมีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี จากคำตอบของนักเรียนจะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถแยกปัญหาที่สำคัญออกจากปัญหาที่ไม่สำคัญได้แต่ระบุไม่ครบทุกประเด็น มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญสามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ อย่างไรก็ตามจากผลของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 ดังภาพ 28


3. จากข้อ 2 ปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญ (การคิดเชิงนามธรรม)

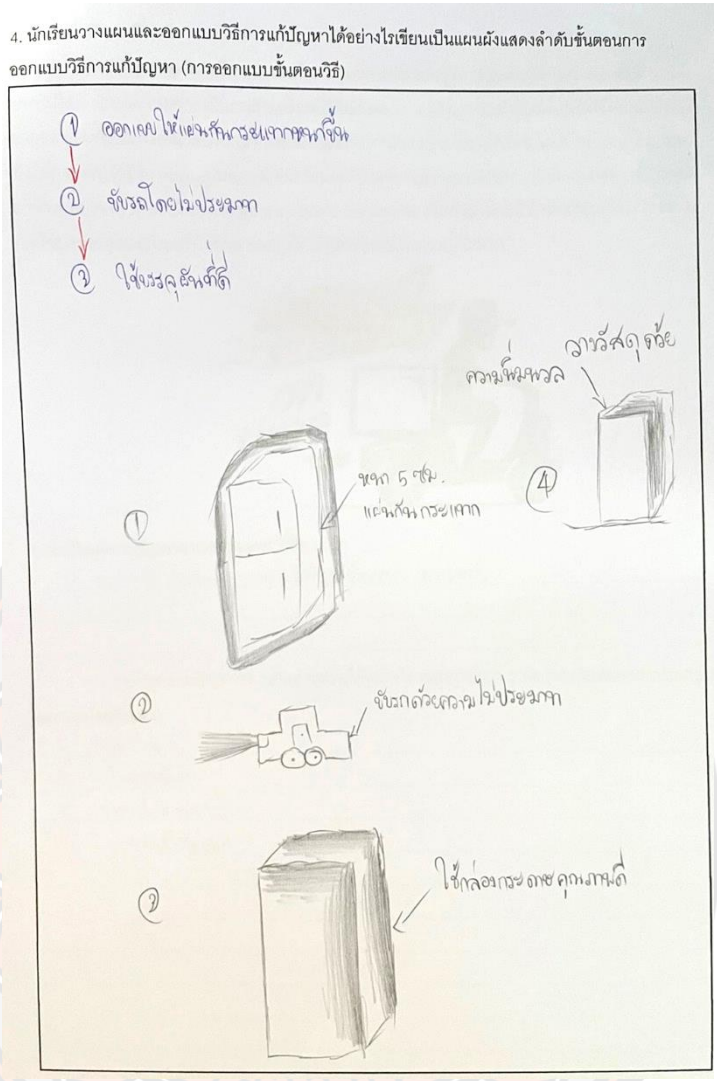
ปัญหาย่อยที่สำคัญ	ปัญหาย่อยที่ไม่สำคัญ
คิดไม่เป็น ถูใส่ใจบาง เกินไป	ปูปิดรับแรงจากภายนอก

ภาพ 28 การคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับกำลังพัฒนา

จากภาพ 28 พบว่า นักเรียนมีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับกำลังพัฒนา เนื่องจากนักเรียนสามารถกำหนดสาระสำคัญของปัญหาได้แต่ไม่ครบ ไม่มีการอธิบายรายละเอียดของสาระสำคัญสามารถนำสาระสำคัญของปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถออกแบบขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

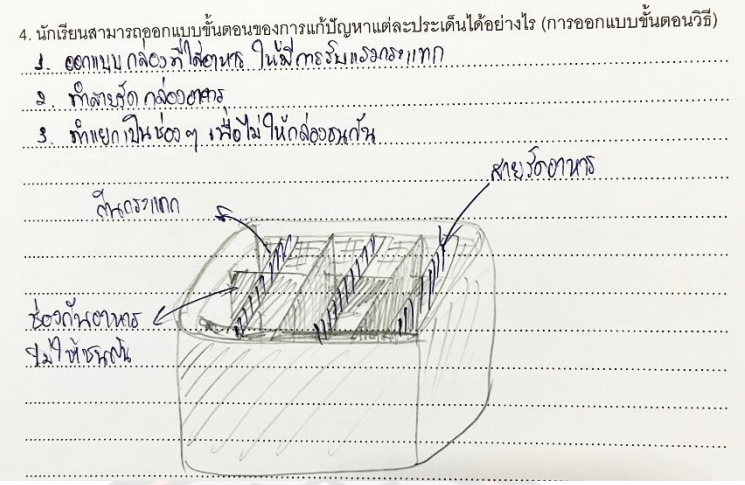
4. การออกแบบขั้นตอนวิธี

การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน ซึ่งนักเรียนจะต้องอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 47.50 ดังภาพ 29



ภาพ 29 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับยอดเยี่ยม

จากภาพ 29 พบว่า นักเรียนมีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับยอดเยี่ยม เนื่องจากนักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้และนำความรู้เกี่ยวกับเรื่องโมเมนตัมและการชนมาช่วยในการออกแบบกล่องใส่ตู้เย็นเพื่อลดความเสียหาย สามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนได้ สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ อย่างไรก็ตามจากผลของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับดี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 27.50 ดังภาพ 30



ภาพ 30 การออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับดี

จากภาพ 30 พบว่า นักเรียนมีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับดี จากคำตอบของนักเรียนจะเห็นได้ว่า นักเรียนนำความรู้เกี่ยวกับการดลเข้ามาช่วยในการออกแบบ และนักเรียนสามารถเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้ และสามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน แต่ไม่สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้ จึงทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ได้

การศึกษาผลการวิจัยในหัวข้อการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน ซึ่งมีทั้งหมด 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อคำถาม ใช้เวลาในการทำแบบวัดทั้งสิ้น 1 ชั่วโมง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับดี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 เนื่องจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงทำให้สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ได้

บทที่ 5

บทสรุป

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนเกิดการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณผ่านการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงขึ้นอย่างเป็นลำดับ กล่าวคือ มีการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ ได้แก่ การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบของปัญหา การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบขั้นตอนวิธี ซึ่งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา

การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 47.50 สำหรับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดแยก

ส่วนประกอบและการย่อยปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 สรุปได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาที่เพิ่มขึ้น

2. การหารูปแบบของปัญหา

การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 สำหรับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการหารูปแบบของปัญหาอยู่ในระดับดี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 สรุปได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาการหารูปแบบของปัญหาที่เพิ่มขึ้น

3. การคิดเชิงนามธรรม

การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 85.00 สำหรับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงนามธรรมอยู่ในระดับดี จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 สรุปได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาการคิดเชิงนามธรรมที่เพิ่มขึ้น

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี

การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับเริ่มต้น จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 57.50 สำหรับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับดี จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการออกแบบขั้นตอนวิธีอยู่ในระดับยอดเยี่ยม จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 47.50 สรุปได้ว่านักเรียนมีการออกแบบขั้นตอนวิธีที่เพิ่มขึ้น

การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยรวมของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงคำนวณโดยรวมอยู่ในระดับกำลังพัฒนา จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 67.50 สำหรับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงคำนวณโดยรวมอยู่ในระดับดี จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงคำนวณโดยรวมอยู่ในระดับดี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 สรุปได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณโดยรวมที่เพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

อภิปรายผล

จากการศึกษาผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องโมเมนตัมและการชน เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณจากแบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับก่อนเรียนใบกิจกรรมการเรียนรู้ แบบวัดการคิดเชิงคำนวณฉบับหลังเรียน พบว่ามีแนวโน้มของระดับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับดี และจากผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า การออกแบบขั้นตอนวิธีมีการพัฒนาน้อยที่สุด และการคิดเชิงนามธรรมมีการพัฒนามากที่สุด

1. นักเรียนมีการพัฒนาการคิดเชิงนามธรรมมากที่สุด จากผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับ ภาสกร เรืองรอง (2561) กล่าวว่า กระบวนการคิดที่ต้องใช้ทักษะและเทคนิคเพื่อแก้ไขปัญหา โดยมีลำดับขั้นตอนและวิธีการแก้ไขปัญหาจะต้องถูกนำเสนอในรูปแบบที่ผู้แก้ปัญหาสามารถปฏิบัติตามได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งสามารถนำแนวคิดลำดับขั้นตอนไปแก้ปัญหาในเชิงนามธรรมจากข้อมูลจำนวนมาก และสามารถหาเหตุผลจากฐานข้อมูลนี้ได้ จากงานวิจัยผู้วิจัยพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาการคิดเชิงนามาธรรมเพิ่มขึ้นและมีการพัฒนามากที่สุด ใน 4 องค์ประกอบจากแนวโน้มของข้อมูล กล่าวคือ ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้โดย ในขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา ผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณารายละเอียดของปัญหาโดยการแยกปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญออกเป็นกลุ่ม ซึ่งใช้ความรู้ที่ได้จากการสืบค้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาเพื่อนำมาหาวิธีแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะสามารถแยกรายละเอียดของปัญหาที่สำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญได้จากการพิจารณารูปแบบของปัญหาในขั้นก่อนหน้าโดยการพิจารณารายละเอียดและลักษณะของปัญหาเพื่อนำมาหาวิธีแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล

2. นักเรียนมีการพัฒนาการหารูปแบบของปัญหาปานกลาง จากผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับ McKenna, J. (2017) กล่าวว่า การคิดเชิงคำนวณคือทักษะกระบวนการที่นักเรียนค้นหาและพิจารณาปัญหา จัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อปรับปรุงแก้ไข จากงานวิจัยผู้วิจัยพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาการหารูปแบบของปัญหาเพิ่มขึ้นและมีการพัฒนาปานกลางใน 4 องค์ประกอบจากแนวโน้มของข้อมูล กล่าวคือ ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้โดยในขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา ผู้วิจัยให้นักเรียนร่วมกันพิจารณารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาโดยพิจารณาจากปัญหาย่อยที่นักเรียนพบ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถพิจารณาได้ว่าปัญหาย่อยที่พบมี

รูปแบบของปัญหาคล้ายกัน และนักเรียนไม่สามารถนำวิธีการแก้ปัญหานั้นมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่พบได้

3. นักเรียนมีการพัฒนาการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาปานกลาง จากผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับ Brackmann, et al. (2017) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการคิดเชิงคำนวณแบบอันปลั๊ก (Computational Thinking Unplugged Activities) เป็นการจัดการเรียนรู้ในแวดวงวิทยาการคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง โดยไม่ใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ ไฟฟ้า อินเทอร์เน็ท คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ในการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้มุ่งพัฒนานักเรียนให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณโดยเฉพาะ ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะส่งเสริมความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ เช่น กิจกรรมการแยกส่วนประกอบ (Decomposition Activity) ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้จำแนกปัญหาตามที่ครูกำหนดไว้ในใบงาน และทำการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาตามหัวข้อที่ได้รับ ซึ่งกิจกรรมนี้ออกแบบมาเพื่อพัฒนาความสามารถทางด้านการแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) และจากงานวิจัยผู้วิจัยพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาการคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหาเพิ่มขึ้นและมีการพัฒนาปานกลาง ใน 4 องค์ประกอบจากแนวโน้มของข้อมูลกล่าวคือ ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้โดยในขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา ผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องโมเมนตัมและการชนโดยสถานการณ์ที่กำหนดเป็นสถานการณ์ที่ให้นักเรียนสามารถจินตนาการได้ว่าจะต้องแก้ไขปัญหานั้นได้อย่างไร เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 สถานการณ์เกี่ยวกับการส่งพัสดุเครื่องแก้วโดยให้ออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสถานการณ์นี้มีความใกล้ตัวและนักเรียนสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ ทำให้นักเรียนมีสามารถระบุปัญหาออกเป็นปัญหาย่อยจากสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อง่ายต่อการแก้ปัญหาช่วยให้นักเรียนสามารถหาวิธีแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

4. นักเรียนมีการพัฒนาการออกแบบขั้นตอนวิธีน้อยที่สุด จากผลการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับ Dwyer, et al. (2013) ได้ศึกษาแบบจำลองการเขียนโปรแกรมของปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ในโรงเรียนประถมศึกษา จัดกิจกรรมการเรียนเรียนรู้โดยพัฒนาแบบจำลองเพื่ออธิบายโมเมนตัมและความเร่งของวัตถุ ซึ่งกิจกรรมจะส่งเสริมความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณผ่านการย่อยปัญหาและการออกแบบขั้นตอนวิธี ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้รวบรวมข้อมูลตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาออกแบบและพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งกิจกรรมนี้สามารถพัฒนาด้านการย่อยปัญหาและการออกแบบขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา และจากงานวิจัยผู้วิจัยพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาการออกแบบขั้นตอนวิธีเพิ่มขึ้นแต่มีการพัฒนาน้อยที่สุด ใน 4 องค์ประกอบจากแนวโน้มของข้อมูล กล่าวคือ ในการจัดการเรียนรู้ ขั้น

ที่ 3 ขั้นวางแผน ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง และขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง ผู้วิจัยให้นักเรียนวางแผนออกแบบวิธีแก้ปัญหาผ่านการยกตัวอย่างการผลิตชิ้นงาน จากนั้นให้นักเรียนสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาในแต่ละสถานการณ์และให้นักเรียนทดสอบชิ้นงานว่ามีจุดบกพร่องในส่วนใดบ้างเพื่อแก้ไขและนำไปใช้ได้จริง เมื่อนักเรียนได้ทดสอบชิ้นงานและพบข้อบกพร่องแล้วนักเรียนจึงทำการวางแผนการสำรองเพื่อนำไปแก้ไขชิ้นงานในส่วนที่เกิดข้อบกพร่อง ซึ่งนักเรียนสามารถออกแบบและเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้จากการจัดเรียงข้อมูลของปัญหา จากนั้นสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนและนำวิธีแก้ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้

1. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ สถานการณ์ที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต้องเป็นสถานการณ์ที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนและมีการบูรณาการสะเต็มศึกษาเพื่อให้นักเรียนสามารถจินตนาการภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้นและใช้ความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาค้นหาวิธีในการแก้ไขปัญหาได้

2. ในขั้นตอนการออกแบบวิธี ครูควรยกตัวอย่างการเขียนวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อให้นักเรียนมีพื้นฐานในการเขียนวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เนื่องจากผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางส่วนลงมือสร้างชิ้นงานก่อนการออกแบบจึงทำให้เกิดการลองผิดลองถูกซึ่งไม่ผ่านวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาก่อน ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในขั้นตอนนี้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาแนวทางในการช่วยให้นักเรียนสามารถเตรียมแผนการสำรองในขั้นที่ 4 ของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เนื่องจากผู้วิจัยพบว่านักเรียนไม่สามารถวางแผนการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แบบ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

จริญญา ปรีชาวิภาษ. (2561). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เรื่อง โจทย์ปัญหาอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศึกษานารีวิทยา. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.** 1-12.

ชยการ คีรีรัตน์. (2562). การศึกษาการใช้สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ส่วนบุคคล ของนิสิตครุศาสตร์สาขาคอมพิวเตอร์ศึกษา. **วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**, 47(4), 176-196.

ทวิช มณีพนา. (2563). **การพัฒนาชุดการทดลองวิทยาศาสตร์เรื่องเสียง เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**. ปริญญานิพนธ์. กศ.ด., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ทิศนา แขมมณี. (2557). **ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. (18). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันทชา อัมฤทธิ์. (2559). **การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องงานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). **การพัฒนาการคิด**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

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

ปรียานุช มานุจำ. (2560). **ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเชื่อมโยงกับแนวคิดสะเต็มศึกษาต่อการคิดไตร่ตรอง**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิชญ์ อำนวยพร. (2562). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ประเภทเกมโดยใช้กลยุทธ์เกมมิฟิเคชันเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ รายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. **วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**, 20(2), 68-78.

ไพศาล สุวรรณน้อย (ผู้บรรยาย). (2558). **รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน**.

เอกสารประกอบการบรรยายในโครงการพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภาคภูมิ พุ่มพวง. (2561). **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ เรื่องโมเมนตัมและการชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

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

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). **พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.** กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

รุสดา จะปะเกีย. (2558). **ผลของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ลัดดา ภู่เกียรติ. (2552). **การสอนแบบโครงงานและการสอนแบบใช้วิจัยเป็นฐาน**: งานที่ครูประถมทำได้. กรุงเทพฯ: สาฮะแอนด์ซัน พริ้นติ้ง.

วัชรพัฒน์ ศรีคำเวียง. (2561). **วิทยาการคำนวณ (Computing Science)**. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2564 จาก www.scimath.org/lesson-technology/item/8808- computing-science

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

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2558). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ: บอสส์การพิมพ์.

ศิรัฐ อิ่มแช่ม. (2563). ผลของการใช้แชทบอทที่มีการช่วยเสริมศักยภาพการเรียนรู้ออนไลน์ที่มีต่อการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีบุคลิกภาพที่แตกต่างกัน. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช**, 13(1), 45-57.

ศุภวัฒน์ ทรัพย์เกิด. (2559). **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงประมวลผลด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา วิชาโปรแกรมและการประยุกต์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุกูลนารี**. วิทยานิพนธ์ ค.ม.มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). **หนังสือกิจกรรมสะเต็มศึกษา**. (1). กรุงเทพมหานคร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** (1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิรินทรา มินทะขัติ. (2556). **ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**. 17(2), 201-207.

สุคนธ์ สิทธพานนท์. (2558). **การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่ เพื่อพัฒนาทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ์. (2559). **ถอดรหัสการสอนสะเต็ม**. สงขลา: นำศิลป์โฆษณาจำกัด.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. **วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 186, 3–5.

สุฟิตรี ฮินนะ. (2559). **ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้ผังกราฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา การคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

สุวิมล นิลพันธ์. (2563). **การจัดกิจกรรมการเรียนแบบ Unplugged เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา 5**. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. **แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560-2579**. (2560). (1). กรุงเทพฯ: บริษัท พริกหวาน กราฟฟิค จำกัด 90/6 ซอยจรัญสนิทวงศ์ 34/1 ถนนจรัญสนิทวงศ์แขวงอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. (2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ. (2550). **การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน**.

กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้. (2561). **สะเต็มศึกษา**, 2(9), 3-8.

Abdulfattah, A., Supahar. (2019). The Development of High School Physics Problem Solving Skills Test Instruments Based Problem-Based Learning. **Education of Gifted Young Scientists**, 7(4), 1037-1053.

Angeli, C., Voogt, J., Fluck, A., Webb, M., Cox, M., Smith, J.M. and Zagami, J. (2016). A K-6 Computational Thinking Curriculum Framework: Implications for Teacher Knowledge. **Journal of Educational Technology & Society**, 19 (3), 47–57.

Barrows, H. S. and Tamblyn, R. M. (1980). **Problem Based Learning : An Approach to Medical Education**. Springer Publishing, New York, N.Y.

Brennan, K. and Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. **Paper presented at the American Educational Research Association (AERA) meeting**. Vancouver, BC, Canada.

Brackmann, C. P., Gonzalez, M. R., Robles, G. and Leon, J. M. (2017). Development of computational thinking skills through unplugged activities in primary school. **The 12th workshop in primary and secondary computing education**.

Burton, E. E. P., Cleary, T. J. and 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,** 257-261.

Code.org. (2015). **Computational thinking**. Retrieved from https://code.org/curriculum/unplugged.

Dwyer, H., Boe, B., Hill, C., Franklin, D. and Harlow, D. (2013). Computational Thinking for Physics: Programming Models of Physics Phenomenon in Elementary School. **Physics Education Research Conference 2013**, 133-136.

Etherington, M. B. (2011). Investigative Primary Science: A Problem-based Learning Approach. Australian**. Journal of Teacher Education**, 36(9), 53-74.

Isnaini, R., Budiyanto, C. and Widiastuti, I. (2019). Robotics-based learning to support

computational thinking skills in early childhood. **The 2nd International Conference on Science, Mathematics, Environment, and Education**, 1-7.

Juleha, S., Nugraha, I. and Feranie, S. (2019). The Effect of Project in Problem-Based Learning on Students' Scientific and Information Literacy in Learning Human Excretory System. **Journal of Science Learning**, 2(2), 33-41.

Kong, S.C., Abelson, H. and Lai, M. (2010). **Computational Thinking Education**.

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.

Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazerounian. (2013). The Nexus between Science Literacy & Technical Literacy: A State by State Analysis of Engineering Content in State Science Standards. **Journal of STEM Education**, 14(3), 5-11.

LaForce, M. (2017). Problem-Based Learning (PBL) and Student Interest in STEM Careers: The Roles of Motivation and Ability Beliefs. **Educ. Sci**.

Ling, U. L., Saibin, T. C., Naharu, N., Labadin, J. and Aziz, N. A. (2018). An evaluation tool to measure computational thinking skills: Pilot investigation. **The national academy of managerial staff of culture and arts herald**.

Lou, S.J., Shih, R.C., Diez, C.R. and Tseng, K.H. (2011). The impact of problem-based learning strategies on STEM knowledge integration and attitudes: An exploratory study among female Taiwanese senior high school students. International **Journal of Technology and Design Education**, 10798(21), 195-215.

Muliyati, D., Tanmalaka, A.S., Ambarwulan, D., Kirana, D. and Permana, H. (2019). Train the computational thinking skill using problem-based learning worksheet for undergraduate physics student in computational physics courses. **Journal of Conference Series**, 1521(2020), 1-6.

McKenna, J. (2017). **Computational thinking in STEM classroom**. Retrieved from https://robomatter.com/blog-ct-in-stem-classroom/.

Poolsawas, B. and Dokprakhon, P. (2016). Visual Programming and Computational

Thinking Game. **Journal of Information Science and Technology**, 6(2), 9-16.

Ponimin. (2018). The effect of problem based learning using circle share activity on argumentation ability: A case study on uniform circular motion. **International Conference on Science and Applied Science (ICSAS) 2018**, 1-8.

Sari, U. (2018). The Effect of STEM Instruction on Attitude, Career Perception and Career Interest in a Problem-based Learning Environment and Student Opinions. **Electronic Journal of Science Education**.

Selby, C. and Woollard, J. (2013). Computational thinking: the developing definition. **Special Interest Group on Computer Science Education (SIGCSE) 2014**.

Tawfik, A., Trucman, R.J. and lorz, M.M. (2013). Engaging non-scientists in STEM Through problem-based learning and service learning. **Interdisciplimary Journal of Promblem-based Learning**, 8(2), 75-84.

Torp, L. and Sage, S. (1998). **Problem as Possibilities** : Problem Based Learning for K-12. Association for Supervision and Curriculum Development.

Wahyu, W. (2016). Using problem-based learning to improve students' creative thinking skills on water purification. **Proceedings of International Seminar on Mathematics, Science, and Computer Science Education (MSCEIS 2015),** 1-4.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. **Communication of the ACM**, 49(3), 33-36.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล
   ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุช วรางคณากูล
   ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. นาย วิฑูรย์ เต๋มา
   ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนพิทษณุโลกพิทยาคม

ภาคผนวก ข แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิด สะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เรื่อง การดล (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 รายการประเมินเกี่ยวกับความเหมาะสมของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้ แบ่งค่าระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

5	หมายถึง	มีความเหมาะสม มากที่สุด
4	หมายถึง	มีความเหมาะสม มาก
3	หมายถึง	มีความเหมาะสม ปานกลาง
2	หมายถึง	มีความเหมาะสม น้อย
1	หมายถึง	มีความเหมาะสม น้อยที่สุด

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ส่วนที่ 1 โปรดพิจารณาว่าแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความเหมาะสมด้านต่าง ๆ เพียงใด และทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนการพิจารณาตามความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับผลการเรียนรู้						
2. สอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ						
3. สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้						
ด้านสาระการเรียนรู้						
4. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
5. ข้อความชัดเจนเข้าใจง่ายและน่าสนใจ						
6. กำหนดสาระการเรียนรู้เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน						
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
7. การออกแบบกิจกรรมสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา						
8. การออกแบบกิจกรรมส่งเสริมให้เกิดองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ						
9. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเหมาะสมกับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ						
10. กิจกรรมเหมาะสมกับเวลา						
11. สถานการณ์มีความเหมาะสมกับการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน						

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
ด้านการวัดผลและประเมินผล						
12. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
13. สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้						
14. การวัดที่ระบุไว้สามารถประเมินได้						
15. ใบกิจกรรมสามารถวัดองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณได้						
ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้						
16. แหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับการจัดกิจกรรม						
17. สื่อเหมาะสมกับการจัดการเรียนการรู้						

ส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตาราง 17 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			$\overline{X}$	$S.D.$	ระดับคุณภาพ
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3			
ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้						
1. สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
2. สอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
3. สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
ด้านสาระการเรียนรู้						
4. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
5. ข้อความชัดเจนเข้าใจง่ายและน่าสนใจ	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
6. กำหนดสาระการเรียนรู้เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
ด้านกิจกรรมการเรียนรู้						
7. การออกแบบกิจกรรมสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
8. การออกแบบกิจกรรมส่งเสริมให้เกิดองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	มากที่สุด
9. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะ	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			$\overline{X}$	$S.D.$	ระดับ
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3			คุณภาพ
เต็มศึกษาเหมาะสมกับการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ						
10. กิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	4.33	4.33	4.33	4.33	0.00	มาก
11. สถานการณ์มีความเหมาะสมกับการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	มากที่สุด
ด้านการวัดผลและประเมินผล						
12. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
13. สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
14. การวัดที่ระบุไว้สามารถประเมินได้	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
15. ใบกิจกรรมสามารถวัดองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณได้	4.33	4.33	4.33	4.33	0.00	มาก
ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้						
16. แหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับการจัดกิจกรรม	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
17. สื่อเหมาะสมกับการจัดการเรียนการรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	0.00	มากที่สุด
ผลเฉลี่ยรวม				4.69	0.00	มากที่สุด

ภาคผนวก ค แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน-หลังเรียนและผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียน-หลังเรียน (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อว่ามีความสอดคล้องกับการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนหรือไม่ โดยพิจารณาจากตัวบ่งชี้การคิดเชิงคำนวณ ดังนี้

การคิดเชิงคำนวณ หมายถึง การคิดเชิงคำนวณเป็นความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ หาวิธีแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ สามารถระบุเหตุผลของวิธีการแก้ปัญหาและนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้กำหนดองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณไว้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การคิดแบบแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการพิจารณาและแบ่งปัญหาหรืองานออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้จัดการกับปัญหาได้ง่ายขึ้น

2. การหารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) เป็นการพิจารณารูปแบบแนวโน้มของข้อมูลหรือปัญหา และพิจารณาความคล้ายหรือความเหมือนกันของปัญหาย่อยที่อยู่ในปัญหาเดียวกันหรือความเหมือนกันของรูปแบบการแก้ปัญหา

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหาแยกแยะสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญ

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือการทำงานโดยมีลำดับคำสั่งที่ชัดเจน

ระดับของการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ดี พอใช้ และปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนนความสอดคล้องของรายการพฤติกรรมแต่ละข้อมีดังต่อไปนี้

คะแนน + 1 ถ้าเห็นด้วยว่าแบบวัดสอดคล้องกับการคิดเชิงคำนวณ

คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าแบบวัดสอดคล้องกับการคิดเชิงคำนวณ

คะแนน - 1 ถ้าไม่เห็นด้วยว่าแบบวัดสอดคล้องกับการคิดเชิงคำนวณ

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของแบบวัดการคิดเชิงคำนวณ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
สถานการณ์ที่ 1 กล่องไม้ (ก่อนเรียน)					
1	จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร 1.1 ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)				
2	จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันเป็นอย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)				
3	จากข้อ 2 ปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญ (การคิดเชิงนามธรรม)				
4	นักเรียนสามารถเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์นี้ได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)				
สถานการณ์ที่ 2 บันจี้จัมพ์ (ก่อนเรียน)					
1	นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร 1.1 ปัญหาย่อยของปัญหาดังกล่าวเป็นอย่างไร (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)				
2	จากจ้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกัน (การหารูปแบบของปัญหา)				

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
3	จากข้อ 2 นักเรียนสามารถแยกปัญหาที่สำคัญออกจากปัญหาที่ไม่สำคัญได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)				
4	นักเรียนวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างไร เขียนเป็นแผนผัง (การออกแบบขั้นตอนวิธี)				
สถานการณ์ที่ 3 บ่อน้ำบาดาล (ก่อนเรียน)					
1	นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้คืออะไร 1.1 สามารถแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อยได้อย่างไร (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)				
2	จากข้อ 1.1 นักเรียนสามารถระบุความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาได้อย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)				
3	จากข้อ 2 ปัญหาดังกล่าวนักเรียนสามารถระบุความสำคัญของปัญหาได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)				
4	นักเรียนสามารถออกแบบขั้นตอนของการแก้ปัญหาแต่ละประเด็นได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)				

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
สถานการณ์ที่ 1 ไข่ไก่ (หลังเรียน)					
1	จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร 1.1 ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)				
2	จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันเป็นอย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)				
3	จากข้อ 2 ปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญ (การคิดเชิงนามธรรม)				
4	นักเรียนสามารถเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์นี้ได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)				
สถานการณ์ที่ 2 กล่องตู้เย็น (หลังเรียน)					
1	นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร 1.1 ปัญหาย่อยของปัญหาดังกล่าวเป็นอย่างไร (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)				
2	จากจ้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกัน (การหารูปแบบของปัญหา)				

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับการพิจารณา			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
3	จากข้อ 2 นักเรียนสามารถแยกปัญหาที่สำคัญออกจากปัญหาที่ไม่สำคัญได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)				
4	นักเรียนวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างไร เขียนเป็นแผนผัง (การออกแบบขั้นตอนวิธี)				
สถานการณ์ที่ 3 เดลิเวอรี่ (หลังเรียน)					
1	นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้คืออะไร 1.1 สามารถแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อยได้อย่างไร (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)				
2	จากข้อ 1.1 นักเรียนสามารถระบุความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาได้อย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)				
3	จากข้อ 2 ปัญหาดังกล่าวนักเรียนสามารถระบุความสำคัญของปัญหาได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)				
4	นักเรียนสามารถออกแบบขั้นตอนของการแก้ปัญหาแต่ละประเด็นได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

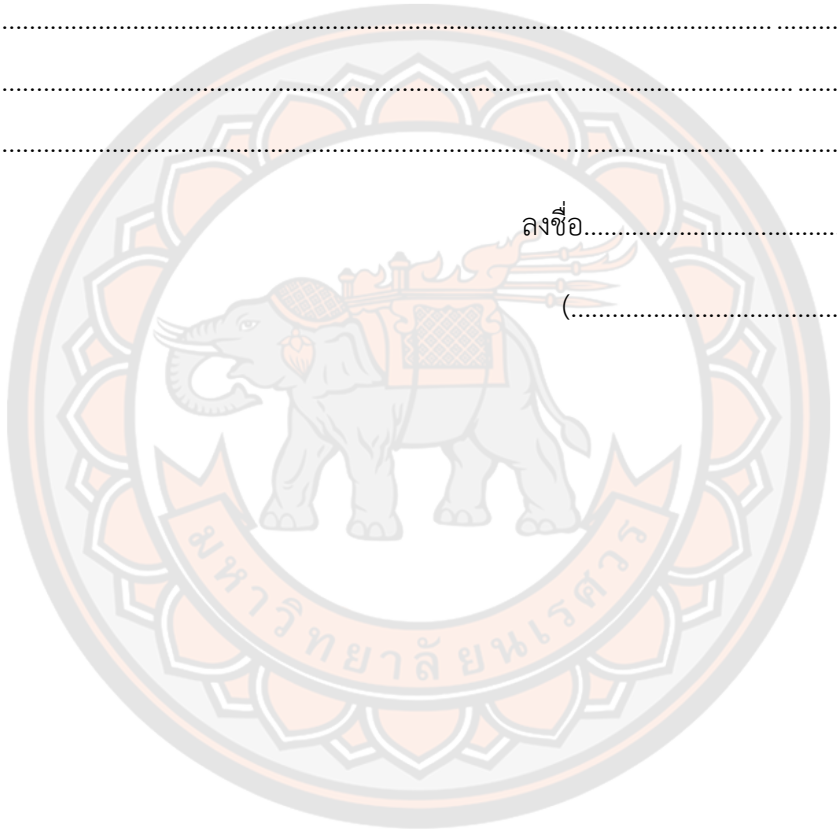
.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)



ตาราง 18 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
2	0	1	1	0.67	ใช้ได้
3	0	1	1	0.67	ใช้ได้
4	0	1	1	0.67	ใช้ได้
5	0	1	1	0.67	ใช้ได้
6	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7	0	1	1	0.67	ใช้ได้
8	0	1	1	0.67	ใช้ได้
9	0	1	1	0.67	ใช้ได้
10	0	1	1	0.67	ใช้ได้
11	1	1	1	1.00	ใช้ได้
12	0	1	1	0.67	ใช้ได้
13	0	1	1	0.67	ใช้ได้
14	0	1	1	0.67	ใช้ได้
15	0	1	1	0.67	ใช้ได้
16	0	1	1	0.67	ใช้ได้
17	0	1	1	0.67	ใช้ได้
18	0	1	1	0.67	ใช้ได้
19	0	1	1	0.67	ใช้ได้
20	0	1	1	0.67	ใช้ได้
21	1	1	1	1.00	ใช้ได้
22	0	1	1	0.67	ใช้ได้
23	0	1	1	0.67	ใช้ได้
24	0	1	1	0.67	ใช้ได้

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
25	0	1	1	0.67	ใช้ได้
26	0	1	1	0.67	ใช้ได้
27	0	1	1	0.67	ใช้ได้
28	0	1	1	0.67	ใช้ได้
29	0	1	1	0.67	ใช้ได้
30	0	1	1	0.67	ใช้ได้

ภาคผนวก ง ตัวอย่างเครื่องมือ

แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ ฉบับก่อนเรียน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สถานการณ์ที่ 1 กล่องไม้อัด

“พี่น้องคู่หนึ่งไปตั้งแคมป์กันที่อุทยานจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งทั้งคู่ต้องเดินเท้าขึ้นไปบนอุทยานอีก 5 กิโลเมตร และได้เตรียมอุปกรณ์ทั้งหมดที่ต้องใช้ใส่ในกล่องไม้อัดใบใหญ่ เมื่อเดินทางไปถึงที่ตั้งแคมป์ทั้งคู่ได้จัดอุปกรณ์และกางเต็นท์บริเวณที่อุทยานกำหนดไว้ให้ พอตกเย็นเกิดฝนตกจึงทำให้บริเวณที่วางกล่องไม้อัดเกิดน้ำขัง และกล่องมีน้ำหนักมากจึงทำให้ยกและเคลื่อนย้ายไม่ไหว ซึ่งบริเวณนั้นมีเพียงท่อนไม้และแผ่นไม้ ถ้านักเรียนเป็นผู้ที่ประสบกับเหตุการณ์นี้ นักเรียนคิดว่าจะทำอย่างไรให้กล่องไม่ถูกน้ำขัง”

1. จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร

.....

.....

1.1 ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันเป็นอย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 ปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญ (การคิดเชิงนามธรรม)

ปัญหาย่อยที่สำคัญ	ปัญหาย่อยที่ไม่สำคัญ
....	....

4. นักเรียนสามารถเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์นี้ได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 2 บันจี้จัมพ์

“ชาวต่างชาติที่เข้ามาในประเทศไทยส่วนใหญ่มักจะไปเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่เนื่องจากมีสถานที่ท่องเที่ยวค่อนข้างเยอะและได้ผจญภัย ซึ่งสถานที่ท่องเที่ยวที่ชาวต่างชาติชอบไปคือเอ็กซ์เซนเตอร์เป็นสถานที่ที่มีกิจกรรมแนวเอ็กซ์ตรีมมากมาย ทางเอ็กซ์เซนเตอร์ได้ปรับปรุงกิจกรรมกระโดดบันจี้จัมพ์ให้มีความท้าทายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเคยมีผู้เล่นให้ความคิดเห็นว่าเครื่องเล่นไม่หวาดเสียวพอและขณะเล่นเชือกที่ติดกับขาทำให้ขามีรอยและเกิดอาการเจ็บบริเวณข้อเท้า มีบางจังหวะที่หน้าของผู้เล่นโดนน้ำ จึงไปจ้างบริษัทแห่งหนึ่งที่สามารถผลิตอุปกรณ์ในการกระโดดบันจี้จัมพ์และเอ็กซ์เซนเตอร์มีเงื่อนไขว่า จะต้องรองรับน้ำหนักของผู้เล่นให้ได้มากที่สุด 200 กิโลกรัม และให้ผู้เล่นอยู่ใกล้กับน้ำมากที่สุดไม่กระทบน้ำเพื่อความสนุกและหวาดเสียว บริษัทมอบหมายให้นักวิศวกรออกแบบอุปกรณ์และเพิ่มเงื่อนไขของทางบริษัทคือ ผู้เล่นจะต้องไม่ได้รับบาดเจ็บจากการกระแทก ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรออกแบบนักเรียนจะออกแบบบันจี้จัมพ์อย่างไร ให้ตรงตามเงื่อนไขของลูกค้าและบริษัท”

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

1.1 ปัญหาย่อยของปัญหาดังกล่าวเป็นอย่างไร ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกัน (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 นักเรียนสามารถแยกปัญหาที่สำคัญออกจากปัญหาที่ไม่สำคัญได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างไรเขียนเป็นแผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

สถานการณ์ที่ 3 บ่อน้ำบาดาล

“เด็กชายนนและครอบครัวอาศัยอยู่ในหมู่บ้านแห่งหนึ่งบนภูเขาที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ทำให้ไม่สามารถปั๊มน้ำขึ้นมาใช้ได้ ทุกเช้าเด็กชายนนต้องออกไปตักที่บ่อน้ำบาดาลของหมู่บ้านเพื่อนำมาอาบและใช้สอยในครัวเรือน โดยวิธีการตักน้ำของเด็กชายนนคือ ใช้เชือก 1 เส้น ผูกกับถังน้ำแล้วหย่อนลงไปในบ่อน้ำจากนั้นนำถังมาเรียงไว้บนพื้นดิน ขณะที่น้ำลดเชือกที่ผูกกับถังน้ำไม่สามารถหย่อนลงไปให้ถึงน้ำได้ บางวันถังน้ำก็หล่นลงไปในบ่อเพราะบริเวณหูของถังน้ำที่ผูกกับเชือกหักหรือชำรุด ซึ่งเขาต้องเดินจากบริเวณบ่อน้ำไปที่บ้านและตักน้ำใส่โอ่งให้เต็มเพื่อให้เพียงพอต่อการใช้ 1 วัน ซึ่งบ้านห่างจากบ่อน้ำประมาณ 200 เมตร กว่าเขาจะตักน้ำให้เต็มบ่อก็เที่ยงวันแล้ว ถ้านักเรียนเป็นเด็กชายนน นักเรียนจะทำอย่างไรให้น้ำเต็มโอ่งเร็วที่สุด”

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

.....

1.1 สามารถแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อยได้อย่างไร ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนสามารถระบุความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาได้อย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 ปัญหาดังกล่าวนักเรียนสามารถระบุความสำคัญของปัญหาได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนสามารถออกแบบขั้นตอนของการแก้ปัญหาแต่ละประเด็นได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

.....

.....

.....

.....

แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ ฉบับหลังเรียน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สถานการณ์ที่ 1 ไข่ไก่

“สมชายขับรถจักรยานยนต์มาซื้อไข่ไก่ที่ตลาดจำนวน 5 แผง แต่ทางร้านค้าต้องเก็บแผงไข่ไว้นับเพื่อจะนำไปซื้อไข่กับร้านขายส่งในวันถัดไป ร้านค้าจึงเอาไข่ไก่ใส่ถุงให้ลูกค้าโดยการนำกระดาษที่ตัดเป็นเส้นรองไว้ในถุงเพื่อไม่ให้ไข่แตก วันถัดมาสมชายได้มาซื้อไข่ไก่ที่ร้านอีกครั้งและได้บอกกับเจ้าของร้านว่า ไข่ไก่ที่ซื้อไปมีบางฟองที่แตก ถ้านักเรียนเป็นเจ้าของร้านขายไข่ไก่นักเรียนจะทำอย่างไรให้ไข่ไก่ไม่แตก”

1. จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร

.....

.....

.....

1.1 ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบ

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันเป็นอย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 ปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญ (การคิดเชิงนามธรรม)

ปัญหาย่อยที่สำคัญ	ปัญหาย่อยที่ไม่สำคัญ
....	....

4. นักเรียนสามารถเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์นี้ได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 2 กล่องตู้เย็น

“หอพักนักศึกษาต้องการซื้อตู้เย็นใหม่ทั้งหมด 150 ตู้ จึงได้สั่งตู้เย็นกับบริษัทแห่งหนึ่งซึ่งขณะที่ขนส่งตู้เย็นมาที่หอพักพบว่ารถขนส่งของบริษัทเกิดอุบัติเหตุทำให้ตู้เย็นเสียหายเป็นจำนวนมาก เนื่องจากตู้เย็นมีขนาดใหญ่และโฟมที่ห่อตู้เย็นมีลักษณะบาง ทางบริษัทจึงให้วิศวกรออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ ให้มีความทนทานและเมื่อรถขนส่งเกิดอุบัติเหตุตู้เย็นจะต้องไม่ได้รับความเสียหาย ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรออกแบบบรรจุภัณฑ์นักเรียนจะทำอย่างไรให้ตรงตามเงื่อนไขที่บริษัทกำหนด”

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

.....

.....

1.1 ปัญหาย่อยของปัญหาดังกล่าวเป็นอย่างไร ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกัน (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 นักเรียนสามารถแยกปัญหาที่สำคัญออกจากปัญหาที่ไม่สำคัญได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างไรเขียนเป็นแผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

สถานการณ์ที่ 3 เดลิเวอรี่

“ปัจจุบันมีรถส่งเดลิเวอรี่มากมายเพื่อความสะดวกในการใช้จ่ายสินค้าแล้วได้รับของโดยที่ไม่ต้องออกไปไหน นายฉลามอยากเป็นคนส่งเดลิเวอรี่ที่ไม่ต้องผ่านนายทุนตามบริษัทส่งของจึงคิดจะทำส่งเอง นายฉลามจัดโปรโมชันที่น่าสนในกว่าบริษัทส่งของและส่งเร็วกว่า แต่กระเป๋าใส่อาหารที่เขานำมาติดกับรถนั้นไม่สามารถทำให้อาหารอยู่ในสภาพเดิมได้และทำให้อาหารเกิดความเสียหายจากการขนส่ง เช่น กล่องอาหารแตก อาหารกระเด็นออกจากกล่อง ไม่สามารถนำอาหารไปส่งลูกค้าได้ ถ้านักเรียนเป็นนายฉลามนักเรียนจะออกแบบกระเป๋าใส่อาหารอย่างไรไม่ให้อาหารได้รับความเสียหาย”

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

1.1 สามารถแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อยได้อย่างไร ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนสามารถระบุความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาได้อย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 ปัญหาดังกล่าวนักเรียนสามารถระบุความสำคัญของปัญหาได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนสามารถออกแบบขั้นตอนของการแก้ปัญหาแต่ละประเด็นได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบสัมภาษณ์การคิดเชิงคำนวณ ฉบับก่อนเรียน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แนวทางการสัมภาษณ์ : 1. จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.1 ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันเป็นอย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 ปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญ (การคิดเชิงนามธรรม)

ปัญหาย่อยที่สำคัญ	ปัญหาย่อยที่ไม่สำคัญ
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

4. นักเรียนสามารถเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์นี้ได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางการสัมภาษณ์ : 1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.1 ปัญหาย่อยของปัญหาดังกล่าวเป็นอย่างไร ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกัน (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 นักเรียนสามารถแยกปัญหาที่สำคัญออกจากปัญหาที่ไม่สำคัญได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างไรเขียนเป็นแผนผัง (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

แนวทางการสัมภาษณ์ : 1. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.1 สามารถแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อยได้อย่างไร ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนสามารถระบุความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาได้อย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 ปัญหาดังกล่าวนักเรียนสามารถระบุความสำคัญของปัญหาได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนสามารถออกแบบขั้นตอนของการแก้ปัญหาแต่ละประเด็นได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบสัมภาษณ์การคิดเชิงคำนวณ ฉบับหลังเรียน

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แนวทางการสัมภาษณ์ : 1. จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกี่ยวข้องคืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.1 ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันเป็นอย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 ปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญ (การคิดเชิงนามธรรม)

ปัญหาย่อยที่สำคัญ	ปัญหาย่อยที่ไม่สำคัญ
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

4. นักเรียนสามารถเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์นี้ได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางการสัมภาษณ์ : 1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.1 ปัญหาย่อยของปัญหาดังกล่าวเป็นอย่างไร ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนคิดว่ารูปแบบของการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกัน (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 นักเรียนสามารถแยกปัญหาที่สำคัญออกจากปัญหาที่ไม่สำคัญได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนวางแผนและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างไรเขียนเป็นแผนผัง (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

แนวทางการสัมภาษณ์ : 1. นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.1 สามารถแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อยได้อย่างไร ตอบมากกว่า 2 ข้อ (การคิดแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากข้อ 1.1 นักเรียนสามารถระบุความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาได้อย่างไร (การหารูปแบบของปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากข้อ 2 ปัญหาดังกล่าวนักเรียนสามารถระบุความสำคัญของปัญหาได้อย่างไร (การคิดเชิงนามธรรม)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนสามารถออกแบบขั้นตอนของการแก้ปัญหาแต่ละประเด็นได้อย่างไร (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว30202 รายวิชา ฟิสิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โมเมนตัมและการชน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดล

ผู้สอน นางสาวณัฐธิดา กัลยาประสิทธิ์ เวลา 4 ชั่วโมง

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ สาระเพิ่มเติมฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกล ของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ 2

14. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม

เทคโนโลยี สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพรู้เท่าทันและมีจริยธรรม

ตัวชี้วัด ว 4.2 ป.6/3 ใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นหาข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

วิศวกรรมศาสตร์

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ

เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

คณิตศาสตร์ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ตัวชี้วัด ค 1.1 ป.4/7 ประมาณผลลัพธ์ของการบวก การลบ การคูณ การหาร จากสถานการณ์ต่างๆ อย่างสมเหตุสมผล

2. สาระสำคัญ

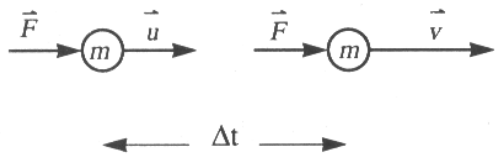
วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรม	คณิตศาสตร์
- การดลและแรงดล	- ใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นหาข้อมูล	- กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	- บวก ลบ คูณ หาร เพื่อคำนวณงบประมาณ

3. สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์

การดล คือ การเปลี่ยนโมเมนตัม เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศเดียวกับทิศของความเร็วที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็น kg. m/s หรือ N.s

ถ้าให้ $\vec{F}$ เป็นแรงลัพธ์คงตัวที่กระทำกับวัตถุในช่วงเวลา Δt ผลคูณ $\vec{F}$ กับ Δt หรือ $\vec{F}\Delta t$ เรียกว่า การดล จากสมการ จะได้ว่า $\vec{F}\Delta t = m\vec{v} - m\vec{u}$



รูปที่ 1 แรง $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt ทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนจาก $m\vec{u}$ เป็น $m\vec{v}$

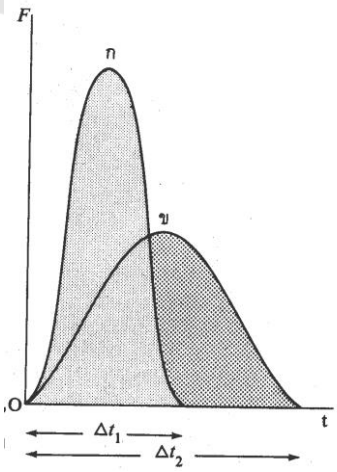
เมื่อมีแรง $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา Δt ทำให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนจาก $m\vec{u}$ เป็น $m\vec{v}$ แสดงดังรูปที่ 1 ในกรณีที่วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัมในแนวตรง การดลกับโมเมนตัมจะอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดย

ถ้าการดลเป็นบวก (+) หมายความว่า การดลนั้นจะเสริมการเคลื่อนที่ทำให้โมเมนตัมเพิ่มขึ้นในแนวเส้นตรง ($m\vec{v} > m\vec{u}$ หรือ $\vec{v} > \vec{u}$)

ถ้าการดลเป็นลบ (-) หมายความว่า การดลนั้นจะต้านการเคลื่อนที่ทำให้โมเมนตัมของวัตถุลดลงในแนวเส้นตรง ($m\vec{v} < m\vec{u}$ หรือ $\vec{v} < \vec{u}$)

แรงดล คือ อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมหรือแรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนโมเมนตัมในช่วงเวลาสั้นๆ

ถ้าวัตถุชิ้นเดียวกันถูกทำให้เปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่แบบเดียวกัน แต่ใช้ช่วงเวลาแตกต่างกันแล้วจะเกิดแรงดลไม่เท่ากัน ดังแสดงในกราฟรูปที่ 2

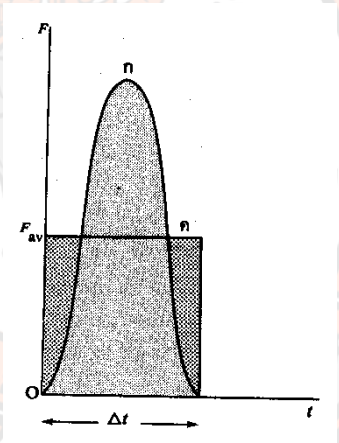


รูปที่ 2 กราฟระหว่างขนาดของแรงและเวลาในขณะที่วัตถุกระทบกัน

จากรูปจะเห็นว่า ถ้าใช้ช่วงเวลาสั้น (Δt_1) แล้วจะเกิดแรงดลมาก ถ้าใช้ช่วงเวลายาว (Δt_2) จะเกิดแรงดลน้อย

จากกราฟ ก ในรูปที่ 2 จะเห็นว่าขนาดของแรงกระทำต่อวัตถุไม่คงตัวในช่วงเวลาในการกระทบ แต่การคำนวณการดล ขนาดของแรงที่ใช้จะต้องมีค่าคงตัวค่าหนึ่ง ซึ่งเมื่อเขียนกราฟระหว่างขนาดของแรงนี้กับเวลาจะได้ดังกราฟในรูปที่ 3 โดยพื้นที่ใต้กราฟรูปที่ 3 เท่ากับพื้นที่ใต้กราฟรูปที่ 2 ก ขนาดของแรง จากกราฟรูป 3 นี้เรียกว่า ขนาดของแรงเฉลี่ยในช่วงเวลา Δt

กรณีที่แรงค่ามากกระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้นๆ เช่น รถยนต์ชนกัน การตอกตะปูด้วยค้อน การตีลูกเทนนิส เป็นต้น แรงค่ามากที่กระทำในช่วงเวลาสั้น ๆ นี้เรียกว่า แรงดล ค่าแรงดลที่เราหาได้จึงถือว่าเป็นแรงดลเฉลี่ย



รูปที่ 3 การหาแรงเฉลี่ยจากการดล

เทคโนโลยี

การค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของอุปกรณ์และเหตุผลที่เลือกใช้อุปกรณ์นั้นจากอินเทอร์เน็ตเพื่อนำมาออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์

วิศวกรรมศาสตร์

การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้ หลากหลายวิธีเช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพ การเขียนผังงาน ในการแก้ปัญหาเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

คณิตศาสตร์

การนำความรู้เกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ การหาร มาคำนวณหางบประมาณในการเลือกซื้อสินค้า

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัมได้ (S)

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

1. นักเรียนสามารถคำนวณการดลจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลาได้ (S)
2. นักเรียนสามารถวางแผน ออกแบบ และดำเนินการแก้ปัญหากล่องบรรจุภัณฑ์ที่ทำให้สินค้ามี

ความเสียหายน้อยที่สุดได้ (E)

3. นักเรียนสามารถค้นหาข้อมูลเพื่อนำมาออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ได้ (T)
4. นักเรียนสามารถคำนวณงบประมาณในการซื้อสินค้าได้ (M)
5. นักเรียนสามารถแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อยจากสถานการณ์กล่องบรรจุภัณฑ์ได้ (การคิดแยก

ส่วนประกอบและการย่อยปัญหา)

6. นักเรียนสามารถหารูปแบบที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาจากสถานการณ์กล่องบรรจุภัณฑ์ได้ (การหารูปแบบของปัญหา)
7. นักเรียนสามารถจำแนกสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญได้ (การคิดเชิงนามธรรม)
8. นักเรียนสามารถออกแบบวิธีแก้ปัญหาโดยมีการระบุขั้นตอนการออกแบบอย่างเป็นลำดับ (การออกแบบขั้นตอนวิธี)

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่มอยู่ในระดับดีขึ้นไป

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นยืนยันปัญหา

1. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน จากนั้นครูแสดงสถานการณ์ เรื่อง กล่องบรรจุภัณฑ์ ดังต่อไปนี้

“บริษัท A เป็นบริษัทผลิตกล่องใส่สินค้าทุกชนิด เช่น กล่องใส่พระพุทธรูป กล่องใส่อาหาร กล่องเครื่องสำอางค์ และกล่องที่ไปรษณีย์ใช้ส่งสินค้า ทางบริษัทจะผลิตกล่องตามที่ลูกค้าต้องการ เช่น ลูกค้าบางรายอยากได้กล่องใส่พระพุทธรูปที่สามารถล็อกไม่ให้พระพุทธรูปเสียหายและเคลื่อนที่ วิศวกรของบริษัทจะทำการออกแบบกล่องที่มีขนาดตามที่ลูกค้าต้องการและออกแบบไส้ล็อกไม่ให้พระพุทธรูปเคลื่อนที่ได้ เป็นต้น เนื่องจากลูกค้าเคยจ้างบริษัท B ผลิตกล่องบรรจุเครื่องแก้ว ซึ่งเครื่องแก้วได้รับความเสียหายและกล่องบรรจุภัณฑ์บุบจากการขนส่งทำให้ลูกค้าขาดทุนเป็นจำนวนมาก ต่อมาลูกค้าจึงมาจ้างให้บริษัท A ผลิตกล่องที่สามารถบรรจุเครื่องแก้ว เพื่อจะส่งออกไปต่างประเทศ เงื่อนไขกำหนดไว้ว่ากล่องจะต้องทนต่อการกระแทกในระหว่างขนส่ง ไม่ทำให้เครื่องแก้วในกล่องเสียหาย นักเรียนจะทำอย่างไรให้กล่องได้รับแรงกระแทกและเสียหายน้อยที่สุด”

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์และ ครูใช้คำถามกระตุ้นความคิดของนักเรียนว่า

- จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่าปัญหาคืออะไร

(แนวคำตอบ: เครื่องแก้วเกิดความเสียหายจากการขนส่ง)

บันทึกลงในใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์ข้อที่ 1 ของแต่ละกลุ่ม

3. ครูให้นักเรียนพิจารณาปัญหาที่กลุ่มของตนบันทึกไว้ จากนั้นให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวจากข้อที่ 1 ในใบกิจกรรมออกเป็นปัญหาย่อย ลงในใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์ข้อที่ 2 เช่น ขณะขนส่งกล่องได้รับแรงกระแทกจากภายนอก กล่องบรรจุภัณฑ์ไม่มีอุปกรณ์ในการซับแรง กล่องไม่ทนต่อแรงกระแทก ระยะทางในการขนส่ง เวลาในการขนส่ง

ขั้นที่ 2 ขั้นชี้แจงปัญหา

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับองค์ประกอบสำคัญของปัญหาจากปัญหาย่อยที่กลุ่มของตนพบ เช่น สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ผลกระทบจากปัญหา

2. ครูให้นักเรียนพิจารณารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหา พร้อมบันทึกลงในใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์ข้อที่ 3

3. ครูให้นักเรียนร่วมกันพิจารณารายละเอียดของปัญหาโดยการแยกปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญออกเป็นกลุ่ม พร้อมบันทึกลงในใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์ข้อที่ 4

4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหาโดยการสืบค้นจากอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ พร้อมบันทึกลงในตารางความรู้เกี่ยวกับ STEM พร้อมบันทึกลงในใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์ข้อที่ 5

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันค้นหาข้อมูลเพื่อนำมาวางแผนและออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ที่ทนต่อการกระแทกในระหว่างจัดส่งและไม่ทำให้เครื่องแก้วในกล่องเสียหาย

2. ครูยกตัวอย่างการผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์จากเว็บไซต์ เพื่อให้นักเรียนได้พิจารณากระบวนการผลิตที่เป็นไปได้มากที่สุด

เว็บไซต์ที่ 1 - https://www.youtube.com/watch?v=lZZNy6JzPKU (ขั้นตอนการผลิตกล่อง)

เว็บไซต์ที่ 2 - https://www.youtube.com/watch?v=8m18B03At2Y&t=307s (รูปแบบของกล่อง)

เว็บไซต์ที่ 3 - http://www.vkk-packaging.com/ (ประโยชน์จากกล่อง)

จากนั้นบันทึกความรู้ที่ได้จากเว็บไซต์ที่ครูกำหนดให้ลงในใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์ข้อที่ 6

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันเพื่อวางแผนและออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ โดยพิจารณาขอบข่ายและกระบวนการผลิต โดยระบุขั้นตอนในการดำเนินงานลงในใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์ข้อที่ 7

4. ให้นักเรียนศึกษาอุปกรณ์แต่ละชนิดที่ครูเตรียมให้ ดังนี้ กระดาษหนังสือพิมพ์ เม็ดโฟม พลาสติกกันกระแทก กระดาษลูกฟูก ไส้กล่อง แผ่นโฟม กาว กรรไกร เทปใส พร้อมทั้งวาดภาพการออกแบบบรรจุภัณฑ์พร้อมทั้งระบุองค์ประกอบของภาพลงในใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์ของแต่ละกลุ่มในส่วนของการออกแบบรอบที่ 1

5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ทำกล่องบรรจุภัณฑ์จากการวางแผนและออกแบบไว้ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชิ้นครูจะตั้งราคาสมมติขึ้นมาเพื่อให้นักเรียนได้คำนวณค่าใช้จ่ายในการเลือกซื้ออุปกรณ์

6. ครูแจกเงินให้นักเรียนแต่ละกลุ่มและชี้แจงว่า เงินที่แจกให้สามารถเลือกซื้ออุปกรณ์ได้ 2 รอบ เพื่อให้นักเรียนสามารถปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานได้ จากนั้นให้นักเรียนเลือกซื้ออุปกรณ์รอบที่ 1 ที่จะใช้ทำกล่องบรรจุภัณฑ์พร้อมทั้งบันทึกอุปกรณ์ที่ซื้อ ราคา และเหตุผลในการเลือกซื้อลงในตารางใบกิจกรรมกล่องบรรจุภัณฑ์รอบที่ 1

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนการสำรอง

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนสำรองหากแผนการแรกไม่ประสบความสำเร็จหรือมีความยากลำบากโดยแต่ละกลุ่มจะลงรายละเอียดของการทำงานมากขึ้น เช่น เลือกซื้ออุปกรณ์ในรอบที่ 1 แล้วไม่เพียงพอต่อการนำไปผลิตก็สามารถเพิ่มเติมในรอบที่ 2 โดยให้นักเรียนวาดภาพการออกแบบลงบนใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์ในส่วนของการออกแบบรอบที่ 2 พร้อมทั้งบันทึกอุปกรณ์ที่ซื้อ ราคา และเหตุผลในการเลือกซื้อลงในตารางใบกิจกรรมกล่องบรรจุภัณฑ์รอบที่ 2

2. นักเรียนเลือกซื้ออุปกรณ์ตามที่วางแผนสำรองไว้ เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์ให้กล่องบรรจุภัณฑ์ทนต่อการกระแทกในระหว่างจัดส่งและไม่ทำให้เครื่องแก้วในกล่องเสียหาย

ขั้นที่ 5 ขั้นปรับโครงสร้าง

1. นักเรียนทุกกลุ่มลงมือสร้างกล่องบรรจุภัณฑ์จากอุปกรณ์รอบที่ 1 ตามที่ได้วางแผนและออกแบบไว้ในใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์ที่นักเรียนบันทึก

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบกล่องบรรจุภัณฑ์ของกลุ่มตนเอง ว่าทนทานต่อการกระแทกหรือไม่ หากกลุ่มใดพบเจออุปสรรคในการสร้างกล่องบรรจุภัณฑ์ให้แก้ไขเพิ่มเติมจากอุปกรณ์ที่เลือกซื้อรอบที่ 2

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายลักษณะโคร้างสร้างของกล่องบรรจุภัณฑ์ว่าแต่ละกลุ่มมีลักษณะโครงสร้างและคุณสมบัติอย่างไรในการรับแรงกระแทก โดยการนำเสนอทีละกลุ่ม

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมิน

1. ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินกล่องบรรจุภัณฑ์ของแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยทำการประเมินทีละกลุ่ม ให้แต่ละกลุ่มนำแก้วที่ครูแจกให้ใส่ลงในกล่องจากนั้นโยนกล่องลงจากตึกชั้น 3 และครูเป็นผู้บันทึกผลการประเมินลงใบแบบประเมินกล่องบรรจุภัณฑ์

2. ครูอธิบายเพื่อสรุปว่ากิจกรรมนี้ใช้ความรู้ต่างๆ ดังนี้

- วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องการดล

- เทคโนโลย คือ การค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของอุปกรณ์และเหตุผลที่เลือกใช้อุปกรณ์นั้นจากอินเทอร์เน็ตเพื่อนำมาออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์

- วิศวกรรมศาสตร์ คือ การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาทำได้ หลากหลายวิธีเช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพ การเขียนผังงาน ในการแก้ปัญหาเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์

- คณิตศาสตร์ คือ การนำความรู้เกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ การหาร มาคำนวณหางบประมาณในการเลือกซื้อสินค้า

6. ชิ้นงาน

- กล่องบรรจุภัณฑ์

7. สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้

1. ใบกิจกรรม เรื่อง กล่องบรรจุภัณฑ์

2. อินเทอร์เน็ต

เว็บไซต์ที่ 1 - https://www.youtube.com/watch?v=lZZNy6JzPKU (ขั้นตอนการผลิตกล่อง)

เว็บไซต์ที่ 2 - https://www.youtube.com/watch?v=8m18B03At2Y&t=307s (รูปแบบกล่อง)

เว็บไซต์ที่ 3 - http://www.vkk-packaging.com/ (ประโยชน์จากกล่อง)

3. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์เล่ม 2

4. อุปกรณ์

- กระดาษหนังสือพิมพ์
- พลาสติกกันกระแทก
- ไส้กล่อง
- กาว
- เทปใส
- เม็ดโฟม
- กระดาษลูกฟูก
- แผ่นโฟม
- กรรไกร

8. การวัดผลและประเมินผล

ด้าน	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
ด้านพุทธิพิสัย (K)	- นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัมได้	- ตรวจใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	- ใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50
ด้านทักษะพิสัย (P)	- นักเรียนสามารถคำนวณการดลจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลาได้	- ตรวจใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	- ใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50
	- นักเรียนสามารถวางแผน ออกแบบ และดำเนินการแก้ปัญหากล่องบรรจุภัณฑ์ที่ทำให้สินค้ามีความเสียหายน้อยที่สุดได้	- ตรวจแบบประเมินกล่องบรรจุภัณฑ์	- แบบประเมินกล่องบรรจุภัณฑ์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75
	- นักเรียนสามารถค้นหาข้อมูลเพื่อนำมาออกแบบกล่องบรรจุภัณฑ์ได้	- ตรวจใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	- ใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50

ด้าน	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
	- นักเรียนสามารถคำนวณงบประมาณในการซื้อสินค้าได้	- ตรวจใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	- ใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50
	- นักเรียนสามารถแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อยจากสถานการณ์กล่องบรรจุภัณฑ์ได้	- ตรวจใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	- ใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50
	- นักเรียนสามารถหารูปแบบที่มีความคล้ายหรือเหมือนกันของปัญหาจากสถานการณ์กล่องบรรจุภัณฑ์ได้	- ตรวจใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	- ใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50
	- นักเรียนสามารถจำแนกสาระสำคัญออกจากส่วนที่ไม่สำคัญได้	- ตรวจใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	- ใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50
	- นักเรียนสามารถออกแบบวิธีแก้ปัญหาโดยมีการระบุขั้นตอนการออกแบบอย่างเป็นลำดับ	- ตรวจใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	- ใบกิจกรรมเรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50
ด้านจิตพิสัย (A)	- นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่มอยู่ในระดับดีขึ้นไป	- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียน	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	ผ่านเกณฑ์ที่ระดับดี

9. ข้อเสนอแนะ

.....

แบบประเมินกล่องบรรจุภัณฑ์

รายการประเมิน	**คะแนนที่ได้**
คะแนนชิ้นงาน (3)	
คะแนนงบประมาณ (3) ใช้ไป ..... บาท	
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (3)	
การบูรณาการ STEM (3)	
คะแนนรวม (12)	

เกณฑ์การผ่าน ร้อยละ 75 ขึ้นไป

คะแนนรวม 12 คะแนน ต้องได้ 9-12 คะแนนจึงจะผ่าน

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	**ระดับ**		
	ดี (3 คะแนน)	**พอใช้ (2 คะแนน)**	**ปรับปรุง (1 คะแนน)**
ชิ้นงาน	กล่องบรรจุภัณฑ์มีความทนทานต่อแรงกระแทก ไม่ทำให้เครื่องแก้วแตก หักหรือเสียหาย	กล่องบรรจุภัณฑ์มีความทนทานต่อแรงกระแทก ไม่ทำให้เครื่องแก้วแตก	กล่องบรรจุภัณฑ์ไม่มีความทนทานต่อแรงกระแทก
งบประมาณ	ใช้งบประมาณน้อยที่สุด	ใช้งบประมาณปานกลางลำดับที่ 2-4	ใช้งบประมาณมากที่สุด

รายการประเมิน	**ระดับ**		
	ดี (3 คะแนน)	**พอใช้ (2 คะแนน)**	**ปรับปรุง (1 คะแนน)**
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์	มีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ มีการสืบค้นข้อมูล วางแผนนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบ และดำเนินการแก้ปัญหา	มีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ มีการสืบค้นข้อมูล วางแผนนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบ	ขาดการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์
การบูรณาการ STEM	สามารถอธิบายความรู้เกี่ยวกับ STEM ได้ครบถ้วนและชัดเจน โดยการอธิบายวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมที่นำมาใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น วิศวกรรม นำมาวางแผนและออกแบบ คณิตศาสตร์คำนวณงบประมาณ	สามารถอธิบายความรู้เกี่ยวกับ STEM ได้แต่ไม่ครบถ้วน โดยการอธิบายวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมที่นำมาใช้ เทคโนโลยีในการสืบค้น วิศวกรรม นำมาวางแผนและออกแบบ แต่ไม่มีการทางคณิตศาสตร์	ไม่สามารถอธิบายความรู้เกี่ยวกับ STEM ได้

แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนแล้วทำเครื่องหมาย✓ในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง

ลำดับที่	ชื่อ - สกุล	การแสดงความคิดเห็น			การยอมรับฟังคนอื่น			การทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย			ความมีน้ำใจ			การส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม			รวม 15 คะแนน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ทำเป็นประจำ ให้ 3 คะแนน

พฤติกรรมที่ทำเป็นบางครั้ง ให้ 2 คะแนน

พฤติกรรมที่ทำน้อยครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์ระดับคุณภาพ

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
14-15	ดีมาก
11-13	ดี
8-10	พอใช้
ต่ำกว่า 8	ปรับปรุง

หมายเหตุ : ผ่านเกณฑ์ ระดับคุณภาพดี

สรุปผลคะแนนด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ : พฤติกรรมการทำงานเป็นกลุ่ม

นักเรียนผ่านเกณฑ์ระดับคุณภาพดีขึ้นไป จำนวน.....คน

นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ระดับคุณภาพดีขึ้นไป จำนวน.....คน

ใบกิจกรรม เรื่องกล่องบรรจุภัณฑ์

ชื่อกลุ่ม.....

รายชื่อสมาชิก ..... เลขที่ .....

สถานการณ์

“บริษัท A เป็นบริษัทผลิตกล่องใส่สินค้าทุกชนิด เช่น กล่องใส่พระพุทธรูป กล่องใส่อาหาร กล่องเครื่องสำอางค์ และกล่องที่ไปรษณีย์ใช้ส่งสินค้า ทางบริษัทจะผลิตกล่องตามที่ลูกค้าต้องการ เช่น ลูกค้าบางรายอยากได้กล่องใส่พระพุทธรูปที่สามารถล็อกไม่ให้พระพุทธรูปเสียหายและเคลื่อนที่ วิศวกรของบริษัทจะทำการออกแบบกล่องที่มีขนาดตามที่ลูกค้าต้องการและออกแบบไส้ล็อกไม่ให้พระพุทธรูปเคลื่อนที่ได้ เป็นต้น เนื่องจากลูกค้าเคยจ้างบริษัท B ผลิตกล่องบรรจุเครื่องแก้ว ซึ่งเครื่องแก้วได้รับความเสียหายและกล่องบรรจุภัณฑ์บุบจากการขนส่งทำให้ลูกค้าขาดทุนเป็นจำนวนมาก ต่อมาลูกค้าจึงมาจ้างให้บริษัท A ผลิตกล่องที่สามารถบรรจุเครื่องแก้ว เพื่อจะส่งออกไปต่างประเทศ เงื่อนไขกำหนดไว้ว่ากล่องจะต้องทนต่อการกระแทกในระหว่างขนส่ง ไม่ทำให้เครื่องแก้วในกล่องเสียหาย”

จากสถานการณ์ดังกล่าว ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรออกแบบกล่องของบริษัท A นักเรียนจะออกแบบกล่องให้ลูกค้าตามเงื่อนไขที่ลูกค้ากำหนดอย่างไรในงบประมาณที่จำกัด ผลิตกล่องให้ได้กล่องมากที่สุดทนต่อแรงกระแทกในขณะที่จัดส่งและเครื่องแก้วได้รับความเสียหายน้อยที่สุด

ที่มา:http://thai.packaging-paperbox.com/

อุปกรณ์ที่นักเรียนต้องซื้อในจำนวนเงินที่กำหนด (150 บาท)

- กระดาษหนังสือพิมพ์ (30 บาท)

- เม็ดโฟม (20 บาท)

- พลาสติกกันกระแทก (30 บาท)

- กล่องกระดาษ (50 บาท)

- กระดาษลูกฟูก (30 บาท)

- แผ่นโฟม (30 บาท)

- กาว (10 บาท)

- กรรไกร (ฟรี)

- เทปใส (10 บาท)

1. จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนคิดว่าปัญหาคืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนแยกปัญหาดังกล่าวออกเป็นปัญหาย่อย (ตอบมากกว่า 2 ปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนพิจารณารูปแบบของปัญหาที่มีความคล้ายหรือเหมือนกัน

.....

.....

.....

.....

4. ปัญหาย่อยที่สำคัญและไม่สำคัญ

ปัญหาย่อยที่สำคัญ	ปัญหาย่อยที่ไม่สำคัญ
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

5. ตาราง ความรู้เกี่ยวกับ STEM

วิทยาศาสตร์	....
เทคโนโลยี	....
วิศวกรรมศาสตร์	....
คณิตศาสตร์	....

6. ความรู้ที่ได้จากวิดีโอ

เว็บไซต์ที่ 1 ความรู้ที่ได้คืออะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เว็บไซต์ที่ 2 ความรู้ที่ได้คืออะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เว็บไซต์ที่ 3 ความรู้ที่ได้คืออะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. ขั้นตอนการดำเนินงาน

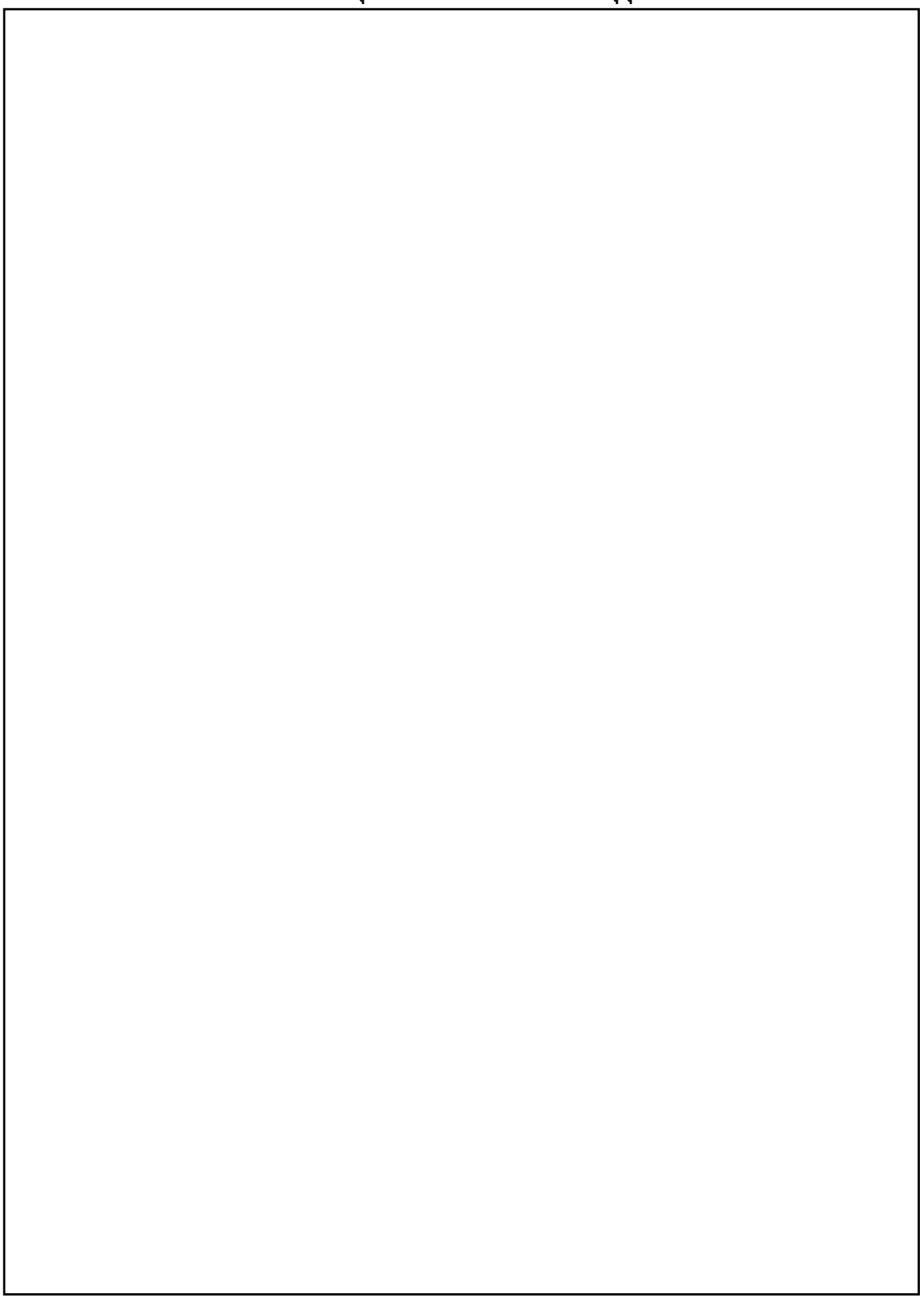
การออกแบบรอบที่ 1

ให้นักเรียนวาดภาพการออกแบบบรรจุภัณฑ์ลงในกรอบพร้อมระบุอุปกรณ์ลงในตาราง

อุปกรณ์	ราคา (บาท)	เหตุผลในการเลือกอุปกรณ์
.....	.....	....
.....	.....	....
.....	.....	....
.....	.....	....

การออกแบบรอบที่ 2

ให้นักเรียนวาดภาพการออกแบบบรรจุภัณฑ์ลงในกรอบพร้อมระบุอุปกรณ์ลงในตาราง



อุปกรณ์	ราคา (บาท)	เหตุผลในการเลือกอุปกรณ์
.....	.....	....
.....	.....	....
.....	.....	....
.....	.....	....