การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิทยานิพนธ์
ของ
ศุภมาส แสนโคก

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
พฤษภาคม 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิทยานิพนธ์
ของ
ศุภมาส แสนโคก

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
พฤษภาคม 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of Learning Activity Based on Problem Based Learning Cooperated with Web-based Learning to Enhance 10th grade's Computational Thinking Ability

Supamas Sankoke

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

May 2022

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวศุภมาส แสนโคก แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

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

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ)

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

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิร)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

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

ชื่อเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัย ศุภมาส แสนโคก

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยมีความมุ่งหมายคือ 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และ 2) เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับยอดเยี่ยม กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 34 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง 2) บทเรียนบนเว็บจำนวน 6 บทเรียน 3) แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณแบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ และ 4) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ One Sample t-test

ผลการวิจัยปรากฏ ดังนี้

1. การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.20/81.73 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 75/75

2. การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยเท่ากับ 27.88 จากคะแนนเต็ม 32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ

87.13 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ระดับยอดเยี่ยมทั้ง 34 คน และนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ : การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ, ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

TITLE The Development of Learning Activity Based on Problem Based Learning Cooperated with Web-based Learning to Enhance 10th grade's Computational Thinking Ability

AUTHOR Supamas Sankoke

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

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

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2022

ABSTRACT

This research and development aimed 1) to develop the learning activity based on problem based learning cooperated with web-based Learning to Enhance 10th grade's computational thinking ability on momentum and collisions with the efficiency value (E_1/E_2) of 75/75 and 2) to develop computational thinking ability of 10th grade's to pass the excellent level using learning activity based on problem based learning cooperated with web-based Learning on momentum and collisions. The sample consisted of 34 students in 10th grade's at Mahasarakham University Demonstration School (Secondary), obtained using the cluster random sampling technique. The research instruments included 1) 6 plan, 12 hours for learning activity based on problem based learning cooperated with web-based Learning 2) 6 lessons for web-based Learning 3) 2 items computational thinking ability test and 4) 20 items achievement test. The statistics used in analysis comprised percentage, mean, standard deviation, and One sample t-test.

The results of the research were as follows:

1. The efficiency value (E_1/E_2) of the learning activity based on problem based learning cooperated with web-based Learning to Enhance 10th grade's computational thinking ability was 78.20/81.73, which was higher than the

assigned criterion of 75/75.

2. Development of computational thinking ability of students in 10th grade's with the learning activity based on problem based learning cooperated with web-based Learning. The average score of computational thinking ability was 27.88 from a full score of 32, representing 87.13 percent. There were 34 students who passed the criteria of excellent level. The students had scores of computational thinking ability higher than the criterion 75 percent at .01 significant level.

Keyword : Problem based learning cooperated with web based learning,
Computational thinking

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำตลอดจนความช่วยเหลืออื่น ๆ เป็นอย่างดียิ่งจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณวิไล ดอกไม้ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ และทำให้ผู้วิจัยเกิดประสบการณ์ในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. วิทยา วรพันธุ์ รองศาตราจารย์ ดร. สุภกร หาญสูงเนิน ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. รัชนีวรรณ ตั้งภักดี อาจารย์ ดร. ฉันชัย จันทะเสน และอาจารย์ ดุษฎี ศรีสองเมือง ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต ชูกำแพง ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ที่อนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนคณะอาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ทุกท่านและนักเรียนที่เกี่ยวข้อง

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยให้การสนับสนุน คอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ศุภมาส แสนโคก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

หลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง ตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 8

บทเรียนบนเว็บ 22

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 27

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ 33

ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 35

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 53

การหาประสิทธิภาพ 62

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 65

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 72
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 97
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 102
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล 102
ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 102
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 103
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 112
ความมุ่งหมายของการวิจัย 112
สรุปผล 112
อภิปรายผล 113
ข้อเสนอแนะ 117
บรรณานุกรม 118
ภาคผนวก 127
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 128
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและตัวอย่าง แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 143
ภาคผนวก ง ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 162
ภาคผนวก จ หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 178
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างภาพกิจกรรม 184
ภาคผนวก ช ตัวอย่างผลงานนักเรียน 187
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างบทเรียนบนเว็บ 191
ประวัติผู้เขียน 195

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2564 14

ตารางที่ 2 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้หน่วยที่ 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน 17

ตารางที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ 34

ตารางที่ 4 ตัวอย่างสถานการณ์แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (โชติกา สงคราม, 2562) 43

ตารางที่ 5 แบบประเมินตนเอง การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) 44

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (มหาวิทยาลัยเดลาแวร์ (UD), 2018) 45

ตารางที่ 7 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (Pollock ดัดแปลงจากมหาวิทยาลัยเดลาแวร์ (UD), 2019) 48

ตารางที่ 8 ระดับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (Ling, 2018) 49

ตารางที่ 9 ระดับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (มหาวิทยาลัยเดลาแวร์ (UD), 2018) 50

ตารางที่ 10 ระดับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) 50

ตารางที่ 11 ระดับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ศรายุทธ ดวงจันทร์ ดัดแปลงจาก Ling, 2561) 50

ตารางที่ 12 ระดับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (โชติกา สงคราม ดัดแปลงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) 51

ตารางที่ 13 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณดัดแปลงเกณฑ์คะแนนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) 51

ตารางที่ 14 ระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) 53

ตารางที่ 15 อนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยของบลูม (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2544) 58

ตารางที่ 16 แสดงรายละเอียดการแบ่งเนื้อหาการเรียนรู้ 73

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 จำนวน 34 คน 74

ตารางที่ 18 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน กับสาระการเรียนรู้ สถานการณ์ปัญหา และชั่วโมงเรียน 76

ตารางที่ 19 เกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) 88

ตารางที่ 20 ระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) 90

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ระดับ ได้แก่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และวิเคราะห์ 92

ตารางที่ 22 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design 96

ตารางที่ 23 ระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) 97

ตารางที่ 24 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 103

ตารางที่ 25 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 104

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และ ระดับนัยสำคัญทางสถิติในการทดสอบเปรียบเทียบเกณฑ์ร้อยละ 75 กับคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 111

ตารางที่ 27 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 163

ตารางที่ 28 ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) และ ค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 165

ตารางที่ 29 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 167

ตารางที่ 30 ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) และ ค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 168

ตารางที่ 31 ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญของความเหมาะสมระหว่างองค์ประกอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณกับระดับคะแนนต่อเกณฑ์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ 168

ตารางที่ 32 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 170

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบที่ 1 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (Code.org, 2015) 38

ภาพประกอบที่ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบ‘‘Beaver in his canoe’’ (Dolgopolovas, 2016)..... 39

ภาพประกอบที่ 3 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในคิดเชิงคำนวณแบบปรนัย (Gonzalez, 2017).. 41

ภาพประกอบที่ 4 ตัวอย่างการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านการแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยของนักเรียนในระดับยอดเยี่ยม..... 109

ภาพประกอบที่ 5 ตัวอย่างการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านการคิดเชิงนามธรรมของนักเรียนในระดับยอดเยี่ยม..... 109

ภาพประกอบที่ 6 ตัวอย่างการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านการหารูปแบบของนักเรียนในระดับยอดเยี่ยม 110

ภาพประกอบที่ 7 ตัวอย่างการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านการออกแบบขั้นตอนวิธีของนักเรียนในระดับยอดเยี่ยม 110

ภาพประกอบที่ 8 ใบกิจกรรมบทเรียนที่ 1 การนำเสนอสถานการณ์ 134

ภาพประกอบที่ 9 ใบกิจกรรมบทเรียนที่ 1 ขั้นที่ 1 – ขั้นที่ 3..... 135

ภาพประกอบที่ 10 ใบกิจกรรมบทเรียนที่ 1 ขั้นที่ 4 – ขั้นที่ 6 136

ภาพประกอบที่ 11 นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์..... 185

ภาพประกอบที่ 12 นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้..... 185

ภาพประกอบที่ 13 นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการศึกษาค้นคว้า 186

ภาพประกอบที่ 14 นักเรียนนำเสนอขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญของกลุ่มตนเอง 186

ภาพประกอบที่ 15 ตัวอย่างคำตอบแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1 188

ภาพประกอบที่ 16 ตัวอย่างคำตอบแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 2 189

ภาพประกอบที่ 17 ตัวอย่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียน..... 190

ภาพประกอบที่ 18 การระบุความรู้ที่ต้องศึกษาเพื่อนำมาแก้ปัญหา..... 190

ภาพประกอบที่ 19 หน้าเว็บไซต์ผ่านการดูจากไอแพด 192

ภาพประกอบที่ 20 หน้าเว็บไซต์บทเรียน ผ่านการดูจากไอแพด 193

ภาพประกอบที่ 21 หน้าเว็บไซต์แหล่งเรียนรู้ ผ่านการดูจากไอแพด 194

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ในปัจจุบันสังคมโลกก้าวผ่านจากศตวรรษที่ 20 เข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบริบทในด้านต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบทั้งทาง เศรษฐกิจ สังคม เทคโนโลยี สิ่งแวดล้อม และวิทยาศาสตร์ ฯลฯ (Office of Education Council, 2014) การที่เด็ก เยาวชน และพลเมืองไทยจะดำรงชีวิตท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของกระแสโลกาภิวัฒน์ในสังคมได้อย่างประสบความสำเร็จนั้น จำเป็นต้องมีความรู้ และทักษะที่สำคัญในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา (Pheeraphan, 2013) การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญทักษะหนึ่ง คือ การคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking : CT) ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งที่ใช้หรือไม่ใช้คอมพิวเตอร์และใช้หรือไม่ใช้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การคิดเชิงคำนวณเป็นกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดปัญหาและการแก้ปัญหาที่แสดงออกมาเป็นรูปแบบที่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยแนวทางของกระบวนการประมวลผลข้อมูล (Information-Processing) (Wing, 2010) ซึ่งทักษะการคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะพื้นฐานสำหรับทุกคนไม่ใช่แค่นักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ เพราะทักษะการอ่าน เขียนและเลขคณิตนั้นไม่เพียงพอ ควรเพิ่มการคำนวณที่บอกได้ถึงความสามารถในการวิเคราะห์ของเด็กทุกคน (Wing, 2006) เนื่องจากการคิดเชิงคำนวณเป็นการแก้ปัญหาที่มีลักษณะพิเศษคือประยุกต์ใช้หลักการของวิทยาการคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย 1) การแยกย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการแบ่งสถานการณ์เป็นปัญหาย่อยๆ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการกับปัญหา 2) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการพิจารณารายละเอียดที่สำคัญของปัญหา 3) การหารูปแบบ (Pattern Recognition) เป็นการกำหนดรูปแบบที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา และ 4) การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยการคิดเชิงคำนวณสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในศาสตร์อื่น ๆ หรือปัญหาทั่วไปได้อย่างเป็นระบบ มีเหตุผลเป็นขั้นตอน (IPST, 2017) นอกจากนั้นการคิดเชิงคำนวณยังเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยการคิดแบบอัลกอริธึมหรือทักษะของมนุษย์ที่หลากหลายในการแก้ปัญหา เช่น ความคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ และการทำงานเป็นทีม (Grover & Pea, 2013)

จากการสังเกตการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 19 ผ่านทางแอพลิเคชัน Microsoft teams ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 พบว่า นักเรียนสามารถตอบคำถามในส่วนของความรู้ความจำได้ดีและจำสมการได้ แต่นักเรียนไม่สามารถนำองค์ความรู้มาแก้ปัญหาโจทย์สถานการณ์และวิเคราะห์โจทย์อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ เพื่อเป็นการยืนยัน

ปัญหาการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยได้นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัย 2 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การย่อยปัญหา การหารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และ การออกแบบขั้นตอนวิธี มาทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 34 คน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับกำลังพัฒนา ซึ่งเป็นช่วงร้อยละ 25-49 จำนวน 23 คน นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นช่วงร้อยละ 50-74 จำนวน 11 คน ดังนั้น จึงแสดงให้เห็นว่านักเรียนควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ

จากการศึกษาค้นคว้าการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดเชิงคำนวณ พบว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมในลักษณะที่ให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา มีการออกแบบและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองสามารถส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณได้ (Palts & Pedaste, 2020) สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ เนื่องจากเป็นการเรียนรู้แบบ Active Learning ที่เน้นขั้นตอนและวิธีในการแก้ปัญหา (โชติกา สงคราม, 2562) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) หรือ PBL เป็นรูปแบบการสอนที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ดีมากวิธีหนึ่ง คือ ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาและคิดอย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนและได้ลงมือปฏิบัติมากขึ้น ยังมีโอกาสออกไปแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (ภัทราวดี มากมี, 2554) ซึ่งผู้เรียนจะได้เผชิญกับสถานการณ์ที่สัมพันธ์กับเนื้อหาของบทเรียนและสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน และแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดและการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อค้นหาวิธีแก้ปัญหาร่วมกัน (ประสาท เนืองเฉลิม, 2558) ทำให้ผู้เรียนเกิดการสร้างความรู้ โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานคือทรัพยากรการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นแหล่งข้อมูลหรือความรู้ที่สำคัญ ดังนั้นการเตรียมและจัดหาแหล่งทรัพยากรการเรียนรู้ที่หลากหลาย พร้อมทั้งเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องจึงมีความจำเป็นต่อการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (ไพศาล สุวรรณน้อย, 2559)

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านเทคโนโลยีการศึกษา ได้นำอินเตอร์เน็ตมาใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยเฉพาะเทคโนโลยีด้านเว็บ ซึ่งบทเรียนบนเว็บ (Web Based Instruction) เป็นการเรียนรู้ผ่านอินเทอร์เน็ต โดยให้ผู้เรียนมีแพลตฟอร์มที่ยืดหยุ่นและเป็นส่วนตัวในการเรียนรู้ สามารถเรียกได้ว่าเป็นแนวทางที่เป็นนวัตกรรมสำหรับการให้บริการด้านการศึกษาที่ยอดเยี่ยมแก่ผู้เรียนผ่านข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความรู้ ทักษะ และผลลัพธ์อื่น ๆ อย่างต่อเนื่อง (Fazlollahtabar & Muhammadzadeh, 2012) ข้อดีของการจัดการเรียนการสอน

บนเว็บคือนักเรียนสามารถสืบค้นสารสนเทศได้ในลักษณะสื่อหลายมิติที่มีทั้งตัวอักษร ภาพกราฟิกและเสียง ทำให้เกิดความเพลิดเพลินเป็นการเรียนรู้ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล นักเรียนสามารถศึกษาหาความรู้ได้ทุกที่อย่างไม่มีขีดจำกัด จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในวงการศึกษา (กิดานันท์ มะลิทอง, 2543) ซึ่งการจัดการเรียนการสอนบนเว็บสามารถทำได้ใน 3 ลักษณะด้วยกันได้แก่ 1) เว็บช่วยสอนแบบรายวิชาอย่างเดียวเป็นรายวิชาที่มีเครื่องมือและแหล่งที่เข้าไปถึงและเข้าหาได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ตอย่างมากที่สุด ถ้าไม่มีการสื่อสารก็สามารถที่จะไปผ่านระบบคอมพิวเตอร์สื่อสารได้ ลักษณะของเว็บช่วยสอนแบบนี้มีลักษณะเป็นแบบวิทยาเขตมีนักศึกษาจำนวนมากที่เข้ามาใช้จริงแต่จะมีการส่งข้อมูลจากรายวิชาทางไกล 2) เว็บช่วยสอนแบบเว็บสนับสนุนรายวิชา เป็นรายวิชาที่มีลักษณะเป็นรูปธรรมที่มีการพบปะระหว่างครูกับนักเรียนและมีแหล่งเรียนรู้ให้นักเรียน เช่น การกำหนดงานที่ให้ทำบนเว็บ การกำหนดให้อ่าน การสื่อสารผ่านระบบคอมพิวเตอร์ หรือการมีเว็บที่สามารถชี้ตำแหน่งของแหล่งบนพื้นที่ของเว็บไซต์โดยรวมกิจกรรมต่าง ๆ เอาไว้ และ 3) เว็บช่วยสอนแบบศูนย์การศึกษา เป็นชนิดของเว็บไซต์ที่มีวัตถุดิบเครื่องมือ ซึ่งสามารถรวบรวมรายวิชาขนาดใหญ่เข้าไว้ด้วยกันหรือเป็นแหล่งสนับสนุนกิจกรรมทางการศึกษา ซึ่งผู้ที่เข้ามาใช้ก็จะมีสื่อให้บริการ (Parson, 1997) โดยจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า จากงานวิจัยของ อินธิรา ดำรงกุล (2561) ได้พัฒนาบทเรียนบนเว็บด้วยเทคนิคปัญหาเป็นฐาน ส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้ได้คิดแก้ปัญหาทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดบ่อย ๆ จนเกิดทักษะและมีการพัฒนาความสามารถในการคิดมากขึ้น ส่งผลให้สามารถพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ รวมถึงระบบการจัดการเนื้อหาที่สะดวกของบทเรียนบนเว็บทั้งในส่วนของกิจกรรมที่เป็นขั้นตอนและด้านการทำแบบทดสอบที่นักเรียนได้ข้อมูลย้อนกลับทันที การรายงานผลคะแนนที่นักเรียนสามารถประเมินความก้าวหน้าของตนเองได้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและตั้งใจมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของฐารรรฎร เกรัมย์ (2562) ได้พัฒนาบทเรียนบนเว็บโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดแก้ปัญหาและฝึกทำงานกลุ่มจึงทำให้สามารถพัฒนาทักษะทางด้านการคิดได้ และจากการออกแบบบทเรียนบนเว็บเพื่อจัดการ รวบรวม นำเสนอเนื้อหาในรูปแบบไฟล์เอกสาร ไฟล์ภาพ หรือ ไฟล์เคลื่อนไหว รวมทั้งกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นระบบ สามารถพัฒนาทักษะทางการเรียนรู้ของนักเรียนและทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ ซึ่งบทเรียนบนเว็บนั้นเป็นลักษณะของเว็บสนับสนุนรายวิชา เพื่อที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับยอดเยี่ยม

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ผู้วิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอน แบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 สำรวจและศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ระยะนี้เป็นระยะที่ศึกษาข้อมูลหลักสูตรสถานศึกษา ทฤษฎีหลักการ และ ยืนยันปัญหาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยมีขอบเขตดังนี้

1. ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

1.1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 104 คน จาก ห้องเรียนปกติ 3 ห้องเรียน

1.2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 34 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

2.1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดคำนวณที่ใช้ยืนยันปัญหา

2.2. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. ขอบเขตด้านตัวแปร

3.1. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3.2. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ระยะที่ 2 การพัฒนานวัตกรรม

ระยะนี้ผู้วิจัยได้นำผลจากการสังเคราะห์ข้อมูลจากระยะที่ 1 มาดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

1.1. ผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ด้านแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อ ด้านความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมกันจำนวน 5 คน

1.2. กลุ่มทดลอง (Try Out) ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 38 คน

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

2.1. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

2.2. บทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

2.3. แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

2.4. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน

3. ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ คุณภาพความเหมาะสม ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และ ค่าความเชื่อมั่น

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้นวัตกรรม

ระยะนี้เป็นการวิจัย เพื่อเก็บข้อมูลคะแนนใบกิจกรรม แบบทดสอบย่อย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยใช้กระบวนการวิจัยเบื้องต้น (Pre-experimental Research) แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design) ซึ่งมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 34 คน

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย

โมเมนตัม	2	ชั่วโมง
แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	2	ชั่วโมง
การดลและแรงดล	2	ชั่วโมง

กฎทรงโมเมนตัม	2	ชั่วโมง
การชนใน 1 มิติ	2	ชั่วโมง
การชนใน 2 มิติ	2	ชั่วโมง

3. ขอบเขตด้านตัวแปร

3.1. ตัวแปรต้น คือ กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ

3.2. ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. บทเรียนบนเว็บ หมายถึง เป็นการนำบทเรียนบนเว็บผ่านเว็บไซต์ Google site สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนมีลักษณะเป็นเว็บช่วยสอนแบบสนับสนุนรายวิชา ที่มีการพบปะระหว่างครูกับนักเรียนซึ่งมีลักษณะที่นำเสนอเนื้อหาและทรัพยากรทั้งหมดบนเว็บทั้งข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียง โดยมีการกำหนดงานที่ให้ทำบนเว็บและ แบบทดสอบในแต่ละบทเรียน

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาความรู้ที่อยู่ภายใต้กรอบของบทเรียนมาเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ และเป็นตัวกระตุ้นในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผล โดยเน้นให้ผู้เรียนศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง จากนั้นนำมาหาสาเหตุหรือปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา ด้วยการระดมสมองทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยในการคิดแก้ปัญหานั้นครูมีส่วนร่วมน้อยที่สุด ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมี 6 ขั้นตอน ดังนี้

2.1. ขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้อยากเรียนได้และเกิดความสนใจที่ค้นคำตอบ

2.2. ทำความเข้าใจกับปัญหา ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องอธิบายสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

2.3. ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียนดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการหลากหลาย

2.4. สังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน วิเคราะห์อภิปรายผลการศึกษา แล้วสังเคราะห์เป็นความรู้ของกลุ่มตนเอง

2.5. สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่ม

2.6. นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

3. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาความรู้ที่อยู่ภายใต้กรอบของบทเรียนมาเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง จากนั้นนำมาหาสาเหตุหรือปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา ด้วยการระดมสมองทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและเป็นตัวกระตุ้นในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผล ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้นำเสนอเนื้อหา แหล่งข้อมูลผ่านเว็บ Google site ที่แบ่งบทเรียนออกเป็นแต่ละบทเรียน โดยแต่ละบทเรียนมีการออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ศึกษาเนื้อหาในบทเรียนรวมทั้งผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับผู้สอน ตามกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 6 ขั้น ดังนี้

3.1. ขั้นกำหนดปัญหา ครูนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียนบนเว็บ จากนั้นให้นักเรียนทุกคนระบุปัญหาของสถานการณ์ลงที่กระดานสนทนาบนเว็บ

3.2. ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ระดมความคิดช่วยกันและทำความเข้าใจกับปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ข้างต้น ว่าปัญหาที่นักเรียนระบุมาจำเป็นต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้าง จากนั้นให้นักเรียนทุกคนระบุว่าต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องอะไรลงในกระดานสนทนา หากนักเรียนคนไหนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนครูจะแนะนำเพิ่มเติม

3.3. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันดำเนินการศึกษาค้นคว้าความรู้ในแต่ละหัวเรื่องที่เกี่ยวข้อง โดยให้แบ่งหัวข้อในการค้นคว้าภายในกลุ่ม จากแหล่งเรียนรู้ที่ครูได้เตรียมไว้ให้บนเว็บไซต์ ค้นคว้าจากหนังสือเรียนหรือจากอินเทอร์เน็ต เป็นต้น เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามา สรุปบันทึกผ่านเว็บไซต์

3.4. ขั้นสังเคราะห์ความรู้ ให้ทุกกลุ่มนำความรู้ที่ตนเองได้สรุปมาแลกเปลี่ยนความคิดภายในกลุ่ม อภิปรายผลและสังเคราะห์ข้อมูล ว่าข้อมูลที่ได้มาเหมาะสมหรือไม่เพียงใด ถ้ายังไม่พอสมาชิกในกลุ่มต้องช่วยกันค้นคว้าเพิ่มเติม แล้วบันทึกข้อมูลผ่านเว็บไซต์

3.5. ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบ นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลจากการแก้สถานการณ์ของกลุ่มตนเอง และแต่ละกลุ่มเขียนประเมินผลงานตนเองจากการที่ได้แลกเปลี่ยนความคิดกันแล้วบันทึกข้อมูลผ่านเว็บไซต์ ว่าข้อมูลของกลุ่มตนเองนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ เหมือนหรือต่างจากกลุ่มอื่นอย่างไร

3.6. ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน ครูให้แต่ละกลุ่มนำองค์ความรู้ที่ได้ออกมานำเสนอพร้อมกับการนำเสนอผลงาน ในรูปแบบของแผนผังความคิด และให้แต่ละกลุ่มได้ประเมินให้คะแนน

4. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ไขปัญหาในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและแรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม โดยมีองค์ประกอบย่อยที่สำคัญ 4 ประการ ได้แก่

4.1. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) คือ ความสามารถในการแบ่งจำแนกปัญหาออกเป็นส่วนย่อย เพื่อการจัดการได้ง่ายขึ้น

4.2. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) คือ ความสามารถในการมุ่งคิดไปที่ข้อมูลสำคัญของปัญหาหรือวิธีการแก้ปัญหา โดยคัดกรองส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป

4.3. การหารูปแบบ (Pattern recognition) คือ ความสามารถในการพิจารณาหารูปแบบ แนวโน้ม และลักษณะทั่วไปของข้อมูล เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับวิธีการแก้ปัญหา

4.4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) คือ ความสามารถในการคิดค้นและอธิบายขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน

ในงานวิจัยครั้งนี้ วัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยเป็นสถานการณ์ ซึ่งมีข้อคำถามสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ให้นักเรียนทำการทดสอบหลังเรียนจำนวน 2 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคที่ดัดแปลงมาจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ครอบคลุม 4 องค์ประกอบ คือ การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรมและการออกแบบขั้นตอนวิธี ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ ได้อยู่ระหว่าง 0-32 คะแนน จากนั้นนำคะแนนของนักเรียนมาแปลผลเป็นระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็นรายบุคคลมีทั้งหมด 4 ระดับ คือ ยอดเยี่ยม (4 คะแนน) ดี (3 คะแนน) กำลังพัฒนา (2 คะแนน) และ เริ่มต้น (1 คะแนน) โดยในงานวิจัยนี้ได้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาให้ผ่านเกณฑ์ในระดับยอดเยี่ยม ซึ่งพิจารณาได้จากช่วงคะแนนร้อยละ 75-100 ของคะแนนเต็ม

5. ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 หมายถึง ค่าตัวเลขที่บอกถึงประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บที่พัฒนาขึ้นเป็นนวัตกรรม ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

5.1 เกณฑ์ 75 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ ได้แก่ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้ ประเมินจากใบกิจกรรม และแบบทดสอบย่อยท้ายบทเรียน ในทุกบทเรียนสัดส่วน 60 : 40 ตามลำดับ ที่มีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

5.2 เกณฑ์ 75 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ คำนวณได้จากการรวมคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในสัดส่วน 50 : 50 ตามลำดับ ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทุกบทเรียน หาค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมและคิดเป็นร้อยละ 75

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลจากการจัดการเรียนรู้ที่วัดได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ โดยประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ในด้านพุทธิพิสัย ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. บทเรียนบนเว็บ
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ
5. ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ
6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
7. การหาประสิทธิภาพ
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามฝ่ายมัธยม (2563) ได้จัดทำหลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยมีสาระสำคัญดังนี้

1. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงานการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศความหมายของประชากรปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กันความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่างๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลม ฟ้า อากาศ และภูมิอากาศโลกรวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

2. สาระสำคัญวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

2.1. ชีววิทยา

2.1.1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์การแบ่งเซลล์และการหายใจระดับเซลล์

2.1.2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.1.3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.1.4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.1.5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์และแนวทางการแก้ไขปัญหา

2.2. เคมี

2.2.1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุสมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสารแก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.2.2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมีปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมีสมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.2.3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมีการวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณ ปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

2.3. ฟิสิกส์

2.3.1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุงานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.3.2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.3.3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและก าลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้าสนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า และกฎของฟาราเดย์ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.3.4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติและสมการแบร์นูลลีกฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบทฤษฎีอะตอมของโบร์ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสีแรงนิวเคลียร์ปฏิกิริยานิวเคลียร์พลังงานนิวเคลียร์ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2.4. โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ

2.4.1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณีแผนที่และการนำไปใช้ประโยชน์

2.4.2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรการเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

3. รายวิชาฟิสิกส์

การสอนในรายวิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ในภาคเรียนที่ 1 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรียนรายวิชาฟิสิกส์เบื้องต้น (ว 30111) จำนวน 2 หน่วยกิต กำหนดการจัดการเรียนรู้ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 20 สัปดาห์ รวม 80 ชั่วโมง และภาคเรียนที่ 2 เรียนรายวิชาฟิสิกส์ 1 (ว 31211)

จำนวน 2 หน่วยกิต กำหนดการจัดการเรียนรู้ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 20 สัปดาห์ รวม 80 ชั่วโมง โดยเนื้อหาปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2564

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
1	1	บทนำ	1. สืบค้น และอธิบายการค้นหาความรู้ทางฟิสิกส์ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี 2. วัด และรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง
	2	การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง	1. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง ตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
	3	มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	1. ทดลอง และอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน 2. เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ ทดลอง และอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุรวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง 3. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง 4. วิเคราะห์อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน
	4	สมดุลกล	1. อธิบายสมดุลกลของวัตถุโมเมนต์และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
			เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง 2. สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุและผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ
2	1	งานและพลังงาน	1. วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบาย และคำนวณกำลังเฉลี่ย 2. อธิบาย และคำนวณพลังงานจลน์พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์ 3. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล 4. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดโดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล
	2	โมเมนตัม	1. อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม 2. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกัน

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
			ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม
	3	การเคลื่อนที่ 2 มิติ	1. อธิบาย วิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 2. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

จากการวิเคราะห์เนื้อหาและผลการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้เลือกหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 เรื่อง โมเมนตัมและการชน มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เนื่องจากผู้วิจัยพิจารณาความเหมาะสมระหว่างเรื่องที่ใช้สอนกับรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ในหน่วยที่ 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน อีกทั้งได้กำหนดสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนชั่วโมงในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังปรากฏในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้หน่วยที่ 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1	อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม	โมเมนตัม	โมเมนตัม เป็นปริมาณหนึ่งที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้นตามความสัมพันธ์ว่า $\vec{P} = m\vec{v}$	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของโมเมนตัมได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในงานที่ได้รับมอบหมาย	2
2	อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม	แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน “ เมื่อแรงลัพธ์ซึ่งมีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุและขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ” เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{U}$ มีแรงคงที่ $\vec{F}$ มากระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา $\vec{\Delta t}$	1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแรงและโมเมนตัมได้ 2. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแรงและการเปลี่ยนโมเมนตัมได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในงานที่	2

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
			เป็นผลให้วัตถุมีความเร็วเป็น $\vec{V}$ เมื่อใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน จะได้ $\vec{F} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\Delta\vec{t}} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta\vec{t}}$	ได้รับมอบหมาย	
3	อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม	การดลและแรงดล	ถ้าต้องการให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไปค่าหนึ่ง เราอาจทำได้โดยออกแรงที่มีค่ามาก กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้นๆ หรือออกแรงที่มีค่าน้อยแต่กระทำต่อวัตถุเป็นเวลานานก็ได้ นั่นคือทั้งแรงและช่วงเวลา ที่แรงกระทำต่อวัตถุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ ถ้าให้ F เป็นแรงคงที่ที่กระทำต่อวัตถุในช่วง เวลา t ผลคูณของ ผลรวม F กับ t จะเรียกว่า การดล (Impulse) และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ I ส่วนแรง F (Impulsive Force) ที่กระทำเรียกว่า แรงดล ดังนั้นจะเขียนสมการของการดลได้ดังนี้ $I = \vec{F}\Delta\vec{t} = m\vec{v} - m\vec{u}$	1.นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของการดลและแรงดลได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการดลและแรงดลได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในงานที่ได้รับมอบหมาย	2

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
4	ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	กฎทรงโมเมนตัม	เมื่อวัตถุสองก้อนเคลื่อนที่เข้าชนกัน ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่ก้อนหนึ่งวิ่งไปชนอีกก้อนหนึ่งซึ่งอยู่กับที่ หรือก้อนหนึ่งวิ่งไล่ตามอีกก้อนหนึ่งแล้วไปชนกัน หรือต่างเคลื่อนที่เข้าหากันแล้วชนกันขณะที่ชนกันนั้น วัตถุทั้งสองก้อนต่างก็จะออกแรงกระทำซึ่งกันและกันด้วยแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน และในการที่วัตถุสองก้อนชนกัน แต่ละก้อนย่อมจะมีการเปลี่ยนโมเมนตัมในเวลาที่เท่ากัน ในเมื่อแต่ละก้อนออกแรงกระทำเท่ากัน ก็หมายความว่าแต่ละก้อนมีอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเท่ากันในเวลาเดียวกัน กล่าวคือในการชนกันของวัตถุสองก้อน ก้อนหนึ่งจะมีโมเมนตัมลดลง อีกก้อนหนึ่งจะมีโมเมนตัมมากขึ้น โมเมมตัมที่ลดลงของก้อนหนึ่ง จะเป็นโมเมนตัมที่เพิ่มขึ้นของอีกก้อนหนึ่ง ซึ่งแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาของวัตถุย่อมเท่ากันเสมอ แต่มีทิศตรงกันข้าม	1.นักเรียนสามารถอธิบายกฎทรงโมเมนตัมของวัตถุได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดโมเมนตัมและพลังงานจลน์ในการชนวัตถุได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในงานที่ได้รับมอบหมาย	2

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
			ดังนั้น $\overrightarrow{F_1} = \overrightarrow{F_2}$ $\overrightarrow{F_1}\Delta\vec{t} = \overrightarrow{-F_2}\Delta\vec{t}$ จะทำให้ได้กฎทรงโมเมนตัมของวัตถุ ดังนี้ $m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$ $\Sigma\vec{P}$ ก่อนชน = $\Sigma\vec{P}$ หลังชน		
5	ทดลอง อธิบายและคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	การชนใน 1 มิติ	การชนกันใน 1 มิติ หมายถึง การชนที่มีทิศของโมเมนตัมก่อนและหลังการชนอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน มีชนิดของการชน 2 ชนิด คือ 1.การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision) คือ การชนกันของวัตถุที่ชนแล้วไม่ติดกัน ซึ่งการชนแบบนี้เป็นการชนที่ทำให้ โมเมนตัมรวมก่อนชน = โมเมนตัมรวมหลังชน และพลังงานจลน์รวมก่อนชน = พลังงานจลน์รวมหลังชน 2. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic collision) การชน	1.นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นของการชนใน 1 มิติได้ 2.นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆเกี่ยวกับการชนใน 1 มิติได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในงานที่ได้รับมอบหมาย	2

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
			แบบนี้เป็นการชนที่ทำให้โมเมนตัมรวมก่อนชน = โมเมนตัมรวมหลังชนและ พลังงานจลน์รวมก่อนชน ≠ พลังงานจลน์รวมหลังชน		
6	ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	การชนใน 2 มิติ	การชนใน 2 มิติ เป็นการชนกันของวัตถุ 2 ก้อนที่ภายหลังชนกันแล้วแยกไปคนละทาง และไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์ ในการคำนวณใช้หลักเกณฑ์ดังนี้ โมเมนตัมรวมก่อนชนในแนวแกน x = โมเมนตัมรวมหลังชนในแนวแกน x โมเมนตัมรวมก่อนชนในแนวแกน y = โมเมนตัมรวมหลังชนในแนวแกน y พลังงานจลน์รวมก่อนชน = พลังงานจลน์รวมหลังชน ในแนวแกน x $m_1u_1 + 0 = m_1v_1\cos\theta_1 + m_2v_2\cos\theta_2$ ในแนวแกน y $0 = m_1v_1\sin\theta_1 + m_2v_2\sin\theta_2$	1. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบโมเมนตัมรวมในแนวแกน x และโมเมนตัมรวมใน2. แนวแกน y ของการชนใน 2 มิติได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในงานที่ได้รับมอบหมาย	2

บทเรียนบนเว็บ

1. ความหมาย

การใช้เว็บเพื่อการศึกษา เป็นการนำเอาประโยชน์ของเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตมาพัฒนาเพื่อใช้ในการเรียนการสอน มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

ใจทิพย์ ณ สงขลา (2542) ได้ให้ความหมายของบทเรียนบนเว็บว่า เป็นการเรียนการสอนบนเว็บ (Web – Based Instruction) ที่สร้างสิ่งแวดล้อมในมิติที่ช่วยในเรื่องของวันเวลาและระยะทางที่แตกต่างกันของผู้เรียนแต่ละคน โดยเป็นการผนวกคุณสมบัติไฮเปอร์มีเดียเข้ากับคุณสมบัติของระบบเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บ

กิดานันท์ มลิทอง (2543) ได้ให้ความหมายของบทเรียนบนเว็บว่า เป็นการใช้เว็บในการจัดการเรียนรู้ที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยอาจดำเนินการใช้บทเรียนบนเว็บสำหรับการนำเสนอที่อยู่ในลักษณะของสื่อหลายมิติ ที่เป็นไปตามวิชาทั้งหมดของหลักสูตร หรือใช้สำหรับการนำเสนอข้อมูลบางอย่างเพื่อประกอบการสอน ซึ่งบทเรียนบนเว็บนั้นถือเป็นการใช้ประโยชน์ต่างๆ ของการสื่อสารที่มีอยู่ในระบบอินเทอร์เน็ต

ภาสกร เรืองรอง (2544) ได้ให้ความหมายของบทเรียนบนเว็บว่า คือการเรียนการสอนผ่านเว็บ หรือการดำเนินการจัดสภาวการณ์การเรียนการสอน ผ่านทางระบบเครือข่ายโดยมีการกำหนดเงื่อนไขและกิจกรรม

ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2545) ได้ให้ความหมายของบทเรียนบนเว็บว่า เป็นการเรียนเนื้อหาหรือสารสนเทศสำหรับการสอนหรือการอบรม ซึ่งใช้การนำเสนอด้วยตัวอักษร ภาพนิ่ง ผสมผสานกับการใช้ภาพเคลื่อนไหว วีดิทัศน์และเสียง โดยอาศัยเทคโนโลยีของเว็บ (Web technology) ในการถ่ายทอดเนื้อหา รวมทั้งใช้เทคโนโลยีการจัดหลักสูตร (Course management system) ในการบริหารจัดการงานสอนด้านต่าง ๆ

จากการศึกษาความหมายของบทเรียนบนเว็บ สรุปได้ว่า เป็นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ บวกเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และนำมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนโดยอาศัยเทคโนโลยีของเว็บ มีลักษณะเป็นสื่อหลายมิติที่มีทั้งตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวและเสียง สามารถศึกษาหาความรู้ได้ทุกที่อย่างไม่มีขีดจำกัดด้านระยะทางและวันเวลา ซึ่งสามารถนำมาใช้เพียงส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของกระบวนการสอนก็ได้

2. ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบทเรียนบนเว็บ

ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2545) ได้กล่าวถึง ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบทเรียนบนเว็บ ควรประกอบด้วยลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. Anywhere Anytime หมายถึง ผู้เรียนเข้าถึงโอกาสในการเรียนได้อย่างเท่าเทียม โดยสามารถเข้าถึงเนื้อหาได้อย่างสะดวก ไม่มีข้อจำกัดทางด้านสถานที่และเวลา

2. Multimedia หมายถึง การสร้างความคงทนในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการที่เนื้อหาจะผสมผสานด้วยการใช้สื่อประสมและเทคโนโลยีที่หลากหลายเพื่อช่วยด้านการประมวลผลสารสนเทศ

3. Non-linear หมายถึง นักเรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาตามที่ต้องการ ซึ่งผู้สอนต้องทำหน้าที่สร้างความเชื่อมโยงและยืดหยุ่นกับผู้เรียน โดยเป็นลักษณะที่ผู้สอนนำเสนอเนื้อหาแบบไม่เป็นเชิงเส้นตรง

4. Interaction หมายถึง ควรมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้โต้ตอบ (มีปฏิสัมพันธ์) กับเนื้อหาหรือผู้อื่นได้

5. Immediate response หมายถึง ควรมีการออกแบบให้มีการทดสอบ การวัดผล และการประเมินผล ซึ่งให้ผลป้อนกลับโดยทันทีแก่ผู้เรียน ทั้งแบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน

รัตนา อนันต์ชื่น (2551) ได้กล่าวถึง ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบทเรียนบนเว็บว่า เป็นการเรียนการสอนโดยผ่านคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่าย เป็นการผสมผสานกันระหว่างเทคโนโลยีปัจจุบันกับกระบวนการออกแบบการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ ลักษณะการเรียนผู้เรียนจะได้เรียนผ่านจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งระบบการเรียนการสอนลักษณะนี้ ผู้เรียนจะได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ 3 ประการคือ

1. ความสามารถในการจัดสรรเวลาจากลักษณะบทเรียน ผู้สอนจะแบ่งเนื้อหาออกเป็นตอน ๆ เหมาะสมตามวุฒิภาวะทางการรับรู้ของผู้เรียน (Graduate approximation)

2. ความสามารถในการศึกษาด้วยตนเอง (Self-learning) ผู้เรียนสามารถฝึกฝนตนเองในการเข้าเรียนในบทเรียนโดยทำแบบฝึกหัด แบบทดสอบตามความต้องการสามารถทบทวนบทเรียนที่ไม่เข้าใจด้วยตนเอง รวมทั้งสามารถได้โต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ได้ และจากการที่ผู้เรียนทำแบบทดสอบต่าง ๆ ยังทำให้ตนเองสามารถประเมินการเรียนรู้ของตนเองได้ และยังเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความตั้งใจมากขึ้นอีกด้วย

3. ความสามารถในการประเมินตนเอง ผู้เรียน สามารถทำแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนเพื่อประเมินความสามารถและทักษะของตนเองและเลือกระดับของเนื้อหาและกิจกรรมที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมให้เหมาะสมกับตนเองได้

ทิศนา แขมมณี (2561) ได้กล่าวถึง ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบทเรียนบนเว็บเป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการให้ผู้เรียนศึกษาจากบทเรียนสำเร็จรูปด้วยตนเอง ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างไปจากบทเรียนปกติกล่าวก็คือ เป็นบทเรียนที่นำเนื้อหาสาระที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแตกเป็นหน่วยย่อย (Stall steps) เพื่อให้ง่ายแก่ผู้เรียนในการเรียนรู้และนำเสนอแก่ผู้เรียนในลักษณะที่ให้ผู้เรียนสามารถตอบสนองสิ่งที่เรียน และตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเองได้ทันที (Immediately feedback) ว่าผิดหรือถูก ผู้เรียน

สามารถใช้เวลาในการเรียนรู้มากน้อยตามความสามารถ และสามารถตรวจสอบผลการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เพราะบทเรียนจะมีแบบสอบทั้งแบบสอบก่อนการเรียน (Pre-test) และแบบสอบหลังการเรียน (Post-test) ไว้ให้พร้อม

จากการศึกษาลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบทเรียนบนเว็บ สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบทเรียนบนเว็บ เป็นการให้ผู้เรียนศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปด้วยตนเอง ซึ่งเป็นบทเรียนที่นำเนื้อหาสาระที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแตกเป็นหน่วยย่อย และผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. เนื้อหาแบ่งออกเป็นตอน ๆ เหมาะสมตามวุฒิภาวะทางการรับรู้ของผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียกดูเนื้อหาตามความสะดวก

2. มีการนำเสนอเนื้อหา โดยการใช้สื่อประสมเพื่อช่วยในการประมวลผลสารสนเทศของผู้เรียน เพื่อให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ได้ดีขึ้น

3. ควรมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้โต้ตอบ (มีปฏิสัมพันธ์) กับเนื้อหาหรือผู้อื่นได้ คือสามารถโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ได้

4. ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบเพื่อทบทวนการเรียน และสามารถตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเองได้ทันทีว่าผิดหรือถูก นอกจากนี้ยังมีการทำแบบทดสอบการเรียนและหลังเรียนเพื่อประเมินทักษะของตนเอง

3. ประเภทของการเรียนการสอนผ่านเว็บ

Parson (1997) ได้แบ่งประเภทของการเรียนการสอนผ่านเว็บออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1. เว็บช่วยสอนแบบรายวิชาอย่างเดียว (Stand-alone Courses) เป็นเว็บรายวิชาเป็นเว็บที่มีการบรรจุเนื้อหา (Content) หรือเอกสารในรายวิชาเพื่อการสอนเพียงอย่างเดียว มีเครื่องมือและแหล่งที่เข้าไปถึง และเข้าหาได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ลักษณะของการเรียนการสอนผ่านเว็บที่มีลักษณะเป็นแบบวิทยาเขต มีนักศึกษาจำนวนมากที่เข้ามาใช้งานจริง แต่มีลักษณะการสื่อสารส่งข้อมูลระยะไกลและมักจะเป็นการสื่อสารทางเดียว

2. เว็บช่วยสอนแบบเว็บสนับสนุนรายวิชา (Web Supported Courses) เป็นเว็บรายวิชาที่มีลักษณะเป็นรูปธรรมที่มีลักษณะเป็นการสื่อสารสองทางที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน และมีแหล่งทรัพยากรทางการศึกษาให้มาก มีการกำหนดงานให้ทำบนเว็บ การกำหนดให้อ่านมีการร่วมกันอภิปราย การตอบคำถามมีการสื่อสารอื่นๆ ผ่านคอมพิวเตอร์ มีกิจกรรมต่าง ๆ ที่ให้ทำในรายวิชา มีการเชื่อมโยงไปยังแหล่งทรัพยากรอื่น ๆ เป็นต้น

3. เว็บช่วยสอนแบบศูนย์การศึกษา (Web Pedagogical Resources) เป็นเว็บที่มีรายละเอียดทาง การศึกษาการเชื่อมโยงไปยังเว็บอื่นๆ เครื่องมือ วัตถุดิบ และรวมรายวิชาต่างๆ ที่มีอยู่ในสถาบันการศึกษาไว้ด้วยกัน และยังรวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับสถาบันการศึกษาไว้บริการทั้งหมด และ

เป็นแหล่งสนับสนุนกิจกรรมต่างๆ ทางการศึกษา ทั้งทางด้านวิชาการ และไม่ใช่วิชาการโดยการใช้สื่อที่หลากหลาย รวมถึงการสื่อสารระหว่างบุคคลด้วย ซึ่งทั้งนี้ในกระบวนการการเรียนการสอนจะถือเป็นลักษณะที่ 1 และ 2 เป็นการเรียนการสอน ผ่านเว็บที่มีแนวคิดที่ช่วยในการเรียนการสอนในรายวิชา แต่ในขณะที่ลักษณะที่ 3 จะเป็นในรูปของการให้บริการการจัดการในการบริหาร และช่วยสนับสนุนในกิจกรรมการเรียนของสถาบัน โดยมองภาพรวมของการจัดการทั้งสถาบัน

James (1997) ได้แบ่งประเภทของการเรียนการสอนผ่านเว็บออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1.โครงสร้างแบบค้นหา (Eclectic Structures) ลักษณะของโครงสร้างเว็บไซต์แบบนี้ เป็นแหล่งของเว็บไซต์ที่ใช้ในการค้นหาไม่มีการกำหนดขนาด รูปแบบ ไม่มีโครงสร้างที่ผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์กับเว็บลักษณะของเว็บไซต์แบบนี้จะมีแต่การให้ใช้เครื่องมือในการสืบค้นหรือเพื่อบางสิ่งที่ต้องการค้นหาตามที่กำหนดหรือโดยผู้เขียนเว็บไซต์ต้องการ โครงสร้างแบบนี้จะเป็นแบบเปิดให้ผู้เรียนได้เข้ามาค้นคว้าในเนื้อหาในบริบท โดยไม่มีโครงสร้างข้อมูลเฉพาะให้ได้เลือกแต่โครงสร้างแบบนี้จะมีปัญหากับผู้เรียนเพราะผู้เรียนอาจจะไม่สนใจข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง โดยไม่กำหนดแนวทางในการสืบค้น

2.โครงสร้างแบบสารานุกรม (Encyclopaedic Structures) ถ้าเราควบคุมของสร้างของเว็บที่เราสร้างขึ้นเองได้ เราก็จะใช้โครงสร้างข้อมูลในแบบต้นไม้ในการเข้าสู่ข้อมูล ซึ่งเหมือนกับหนังสือที่มีเนื้อหาและมีการจัดเป็นบทเป็นตอน ซึ่งจะกำหนดให้ผู้เรียนหรือผู้ใช้ได้ผ่านเข้าไปหาข้อมูลหรือเครื่องมือที่อยู่ในพื้นที่ของเว็บหรืออยู่ภายในและ นอกเว็บ เว็บไซต์จำนวนมากมีโครงสร้างในลักษณะดังกล่าวนี้ โดยเฉพาะเว็บไซต์ทางการศึกษาที่ไม่ได้กำหนดทางการค้า องค์กร ซึ่งอาจจะต้องมีลักษณะที่ดูมีมากกว่านี้ แต่ในเว็บไซต์ทางการศึกษาต้องรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน กลวิธีด้านโครงสร้างจึงมีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

3. โครงสร้างแบบการเรียนการสอน (Pedagogic Structures) มีรูปแบบโครงสร้างหลายอย่างในการนำมาสอนตามต้องการ ทั้งหมดเป็นที่รู้จักดีในบทบาทของการออกแบบทางการศึกษาสำหรับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือเครื่องมือมัลติมีเดีย ซึ่งความจริงมีหลักการแตกต่างกันระหว่างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับเว็บช่วยสอนนั้นคือความสามารถของ HTML ในการที่จะจัดทำในแบบไฮเปอร์เท็กซ์กับการเข้าถึงข้อมูลหน้าจอโดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2544) การจัดการเรียนการสอนบนเว็บสามารถทำได้ใน 3 ลักษณะด้วยกันได้แก่

1. การจัดการสอนบนเว็บ โดยที่ไม่ต้องมีการเข้าชั้นเรียน
2. การสอนบนเว็บส่วนใหญ่ในขณะที่ยังมีการนัดหมายมาเข้าชั้นเรียนบ้าง
3. การจัดการสอนบนเว็บเพื่อเสริมการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ

จากการศึกษาประเภทของการเรียนการสอนผ่านเว็บ ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยอ้างอิงจาก Parson (1997) โดยมี 3 ลักษณะ ได้แก่ เว็บช่วยสอนแบบรายวิชาอย่างเดียว เว็บช่วยสอนแบบเว็บสนับสนุนรายวิชา และ เว็บช่วยสอนแบบเว็บสนับสนุนรายวิชา

4. ประเภทของการเรียนการสอนผ่านเว็บโดย google sites

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนผ่านเว็บโดย google sites ดังนี้

ลัดดาวรรณ ศรีฉิม (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเว็บ ด้วยโปรแกรม Google Site ตามแนวทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ เรื่อง หลักการทำโครงงานคอมพิวเตอร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในลักษณะให้นักเรียนเข้าไปเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเว็บ ด้วยโปรแกรม Google site ภายในคาบเรียน โดยบนเว็บไซต์ประกอบไปด้วย คลิปวีดีโอประกอบการเรียน ใบงาน และ แบบทดสอบ ซึ่งครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำ ชี้แนะ เมื่อนักเรียนเกิดปัญหาและต้องการความช่วยเหลือ ซึ่งสอดคล้องกับการสอนผ่านเว็บในลักษณะเว็บช่วยสอนแบบสนับสนุนรายวิชา (Parson, 1997) ที่มีลักษณะเป็นการสื่อสารสองทางที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน และมีการเตรียมแหล่งทรัพยากรไว้

ลุตฟี หะยีมะสา (2562) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเว็บ Google site รายวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี ในลักษณะที่ให้นักเรียนเข้าสู่บทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่าน Google site และทำกิจกรรมบนเว็บไซต์ภายในคาบเรียน โดยครูมีการอธิบายและสาธิตการใช้เครื่องมือของโปรแกรม จากนั้นจึงให้นักเรียนเปิดดูวิดีโอที่คุณครูได้เตรียมไว้พร้อมให้นักเรียนส่งใบงานบนเว็บไซต์และทำการทดสอบหลังเรียนในแต่ละคาบ ซึ่งสอดคล้องกับการสอนผ่านเว็บในลักษณะเว็บช่วยสอนแบบสนับสนุนรายวิชา (Parson, 1997) ที่มีลักษณะเป็นการสื่อสารสองทางที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน และมีการเตรียมแหล่งทรัพยากรไว้

ปัทวรรณ ประทุมดี (2564) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง การเคลื่อนที่ 2 มิติ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในลักษณะที่ Out Class Activites (ที่บ้านหรือนอกห้องเรียน) ผู้สอนให้นักเรียนศึกษาผ่านเว็บไซต์ด้วยตนเอง ซึ่งในเว็บไซต์ประกอบไปด้วยเอกสารการเรียน รวมถึงตัวอย่าง ประเด็นปัญหา กำหนดสถานการณ์ต่างๆ โดยให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาผ่านเว็บไซต์ก่อนเข้าชั้นเรียน ซึ่งสอดคล้องกับการสอนผ่านเว็บในลักษณะเว็บช่วยสอนแบบรายวิชาเดียว (Parson, 1997) ที่มีลักษณะบรรจุเอกสารในรายวิชาและไม่ได้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียนขณะเข้าเว็บไซต์

จากการศึกษาประเภทของการเรียนการสอนผ่านเว็บโดย google sites พบว่า มีลักษณะเว็บช่วยสอนแบบเว็บสนับสนุนรายวิชาและเว็บช่วยสอนแบบรายวิชาอย่างเดียว ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ลักษณะเว็บช่วยสอนแบบเว็บสนับสนุนรายวิชา อ้างอิงจาก Parson (1997) โดยเป็นลักษณะที่มีการพบปะกันระหว่างครูกับนักเรียน ซึ่งมีการจัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ไว้ให้นักเรียน เช่น การกำหนดกิจกรรมที่ให้ทำบนเว็บ การมีแหล่งเรียนรู้ และทรัพยากร

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

1. ความหมาย

Barrows และ Tamblyn (1980) ได้อธิบายความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานวา เป็นกระบวนการเรียนที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากกระบวนการที่ใช้จัดการ ทำความเข้าใจและแก้ปัญหาด้วยตนเอง เป็นการเรียนที่เป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่มุ่งความเข้าใจหรือแก้ปัญหา ปัญหาที่ได้ประสบครั้งแรกในกระบวนการเรียนใช้เป็นจุดรวมหรือเป็นสิ่งกระตุ้นเพื่อการประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาหรือทักษะการให้เหตุผล และเพื่อค้นหาหรือศึกษาความรู้ต่างๆ ที่ต้องการทำความเข้าใจกลไกการทำงานที่รับผิดชอบต่อปัญหาและหาวิธีการแก้ปัญหา

Silver (2004) ได้อธิบายความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ว่าเป็นการเรียนที่เน้นปัญหาเป็นฐานหมายถึงวิธีการสอนที่ผู้เรียนเรียนรู้ ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา มีการทำงานเป็นกลุ่มโดยสมาชิกในกลุ่มช่วยกันระบุประเด็นที่ควรไปศึกษาค้นคว้าเพื่อแก้ปัญหา ผู้เรียนมีการเรียนรู้ด้วยตนเองและประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเองมาใช้แก้ปัญหา โดยมีผู้สอนเป็นผู้ให้ความสะดวกในการเรียนรู้

ทิศนา แขมมณี (2545) ได้อธิบายความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนกำหนดสถานการณ์โดยมีเครื่องมือคือปัญหา ที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยการกำหนดปัญหานั้นจะเป็นการนำผู้เรียนไปเผชิญกับสถานการณ์จริงหรือเป็นสถานการณ์ที่ได้กำหนดขึ้นมาก็ได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะเป็นการฝึกทักษะกระบวนการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ส่งผลให้ผู้เรียนได้เข้าใจปัญหาได้อย่างชัดเจนด้วยตนเอง

จากการศึกษาความหมายของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสรุปได้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และหาวิธีแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดความเข้าใจในปัญหาได้อย่างชัดเจน โดยในการคิดแก้ปัญหานั้นผู้สอนเป็นผู้ให้ความสะดวกและมีส่วนร่วมน้อยที่สุด

2. ลักษณะของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2.1. ลักษณะที่สำคัญของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Barrows and Tamblyn (1980) ได้สรุปลักษณะของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ดังนี้

1. ในขั้นของการเรียนรู้จะเริ่มต้นจากการนำเสนอปัญหาให้นักเรียน

2. ปัญหาที่ใช้จะเป็นปัญหาที่สามารถพบได้ในชีวิตจริง

3. ในการแก้ปัญหานักเรียนจะทำงานเป็นกลุ่มโดยสามารถแสดงความสามารถในการให้เหตุผล การประยุกต์ใช้ความรู้และการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างอิสระและเหมาะสมกับขั้นตอนของการเรียนรู้ในแต่ละขั้น

4. เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวทางในการกำหนดกระบวนการทำงานเพื่อแก้ปัญหา

5. ความรู้และทักษะของนักเรียนจะเกิดหลังการแก้ปัญหาหรือการทำงานที่ใช้ความรู้และทักษะเหล่านั้น

6. การเรียนรู้จะประกอบด้วยการทำงานในการแก้ปัญหาและการศึกษาด้วยตนเองโดยมีลักษณะที่บูรณาการทั้งความรู้และทักษะกระบวนการเข้าด้วยกัน

Hung (2008) ได้สรุปลักษณะของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

1. เป็นปัญหาที่เน้นให้ผู้เรียนได้เผชิญกับการจำลองสถานการณ์ที่แท้จริง หรือได้เกิดข้อขัดแย้งจากโครงสร้างที่เป็นปัญหา ผู้เรียนจะเกิดทักษะการเรียนรู้และความรู้ในเนื้อหาวิชานั้น ๆ คือมีการจัดการแก้ไขปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนตามหัวข้อของปัญหาเพื่อให้มีความสัมพันธ์กัน องค์ความรู้ต่าง ๆ จะเกิดขึ้นจากการที่ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นและถูกนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

2. ผู้เรียนมีศูนย์กลางเพราะผู้สอนไม่สามารถกำหนดสิ่งที่จะเรียนรู้ได้

3. นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองเป็นรายบุคคลและได้ร่วมกันรับผิดชอบงานภายในกลุ่มเพื่อเป็นการสร้างการเรียนรู้ในประเด็นปัญหาและผ่านกระบวนการประเมินของตนเองและเพื่อนในกลุ่ม

4. มันเป็นการได้สะท้อนไปในตัวของผู้เรียนว่ามีความเข้าใจมากเพียงใดและจะปรับเปลี่ยนวิธีการอย่างไรในวิธีการเรียน

5. ผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก ไม่ใช่ผู้ถ่ายทอดความรู้ คอยให้การสนับสนุนอำนวยความสะดวกในขั้นตอนกระบวนการกลุ่ม ใช้คำถามกระตุ้นและตรวจสอบความรู้ของผู้เรียนแทนที่จะเป็นการป้อนเนื้อหาให้และตอบคำถามโดยตรง

มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2545) ได้สรุปลักษณะของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

1. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริง

2. เป็นการเรียนรู้โดยใช้กลุ่มผู้เรียนที่มีขนาดเล็ก

3. ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือเป็นผู้ให้คำแนะนำ

4. นำปัญหามาใช้เป็นตัวกระตุ้น

5. ลักษณะปัญหาที่นำมาใช้กำหนดสถานกานณ์ควรมีลักษณะคลุมเครือ ไม่ชัดเจน ซึ่งปัญหานั้นไม่จำเป็นต้องมีคำตอบเดียว แต่อาจมีคำตอบได้หลายหลายคำตอบหรือแก้ไขปัญหาได้หลายทาง

6. เมื่อผู้สอนกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาแล้ว จากนั้นผู้เรียนต้องเป็นคนแก้ปัญหาโดยการดำเนินการค้นคว้าหาข้อมูลใหม่ๆ ด้วยตนเอง

7. เมื่อผู้เรียนดำเนินการแก้ปัญหาได้เสร็จสิ้น ผู้สอนทำการประเมินผลจากสภาพจริงโดยดูจากความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรม

2.2. ลักษณะของปัญหาในการจัดการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐาน

Center for Problem-Based Learning at Samford University (2005) ได้เสนอลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. เป็นปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง

2. เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์และมีความซับซ้อน

3. เป็นปัญหาที่สามารถสร้างสมมติฐานได้หลากหลาย

4. เป็นปัญหาที่สมาชิกในกลุ่มต้องใช้ความพยายามในการแก้ปัญหาเป็นอย่างมาก

5. เป็นปัญหาที่มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่ต้องการ

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ (2550) กล่าวถึงลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานว่าปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุดคือ เนื่องจากเป็นสิ่งกระตุ้นที่จะทำให้เกิดกระบวนการการเรียนรู้ โดยลักษณะสำคัญของปัญหามีดังนี้

1. ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด ต้องเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงโดยเกิดจากประสบการณ์ของผู้เรียนเองหรือเป็นสิ่งที่ผู้เรียนอาจมีโอกาสเผชิญกับปัญหานั้นได้

2. ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด ต้องเป็นปัญหาที่สามารถพบได้บ่อย มีความสำคัญ และเมื่อนักเรียนดำเนินการศึกษาต้องมีข้อมูลประกอบเพียงพอสำหรับการค้นคว้า

3. ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด ต้องเป็นปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบที่ชัดเจนหรือคำตอบที่ตายตัว และต้องเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน ทำให้ผู้เรียนเกิดความคลุมเครือหรือเกิดความสงสัย

4. ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด ต้องเป็นปัญหาที่มาจากประเด็นขัดแย้งหรือข้อถกเถียงในสังคมที่ยังไม่สามารถสรุปคำตอบได้

5. ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด ต้องเป็นปัญหาที่อยู่ในความสนใจ โดยปัญหานั้นเป็นสิ่งที่อยากรู้ แต่ยังไม่รู้

6. ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด ต้องเป็นปัญหาที่สร้างความเดือดร้อนเสียหาย เกิดโทษภัย และเป็นสิ่งที่ไม่ดี ดังนั้นจึงต้องทำงานเป็นกระบวนการกลุ่มเนื่องจากใช้ข้อมูลที่ศึกษาจคนเดียวอาจจะทำให้ตอบปัญหาได้ผิดพลาด

7. ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด เป็นปัญหาที่มีการยอมรับและสรุปแล้วว่าว่าจริง ถูกต้อง แต่ผู้เรียนนั้นไม่เชื่อว่าเป็นจริงหรือผู้เรียนรู้สึกไม่สอดคล้องกับสิ่งที่คิดไว้

8. ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด เป็นปัญหาที่อาจมีคำตอบหรือกระบวนการในการแสวงหาคำตอบได้อย่างมากมายโดยที่ผู้สอนไม่จำกัดว่ามีเพียงตำตอบเดียว ส่งผลให้ครอบคลุมการเรียนรู้ที่กว้างขวางและเนื้อหาที่หลากหลาย

9. ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด เป็นปัญหาที่มีความยากง่ายเหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียน

10. ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด เป็นปัญหาที่ยังไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที ซึ่งผู้เรียนจะต้องดำเนินการสำรวจค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล หรือทำการปฏิบัติการทดลองก่อนจึงจะพบคำตอบ โดยผู้เรียนนั้นจะไม่สามารถที่จะคาดเดาหรือทำนายกระบวนการแก้ปัญหาได้ง่ายๆ ว่าต้องใช้ความรู้ในเรื่องอะไร ผลเป็นอย่างไร ใช้กระบวนการและวิธีใดในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์

11. ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด ต้องเป็นปัญหาที่ส่งเสริมผู้เรียนให้มีความรู้ในด้านเนื้อหาทักษะที่สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษา

ธนวัฒน์ สุวรรณจรัส (2546) ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหาที่ดีดังนี้

1. เป็นปัญหาที่ไม่ค่อยชัดเจน สร้างให้เกิดคำถามในใจแก่นักเรียน
2. เป็นปัญหาที่ต้องการทักษะและความรู้ใหม่มาแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ
3. สามารถนำพานักเรียนไปสู่จุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ได้
4. สัมพันธ์กับนักเรียนที่สามารถพบได้ในชีวิตจริง
5. สัมพันธ์กับพื้นฐานของนักเรียนอย่างเหมาะสม

จากการศึกษาลักษณะของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เป็นการสร้างสถานการณ์ปัญหาให้ผู้เรียนได้เผชิญ โดยปัญหานั้นสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาที่เรียนและปัญหาต้องมีความไม่สมบูรณ์เพื่อให้ผู้เรียนต้องการสำรวจค้นคว้าและการรวบรวมข้อมูล แสวงหาความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการกลุ่ม ซึ่งผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก

3. กระบวนการการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Duch (1996) กล่าวถึงขั้นตอนการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. นำเสนอด้วยปัญหา หมายถึง ผู้สอนนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ โดยปัญหาอาจมาจากกรณีตัวอย่าง เทป โทรทัศน์ รายงานการค้นคว้า โดยที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันรวบรวมความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนได้กำหนดให้

2. สร้างประเด็นการเรียนในระหว่างการอภิปรายภายในกลุ่ม หมายถึง ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งประเด็นจากปัญหาหรือสถานการณ์โดยเป็นการระบุว่าสิ่งใดที่รู้และสิ่งใดที่ยังไม่รู้ คำถามอะไรที่ควรไปดำเนินการหาความรู้เพิ่มเติม

3. จัดลำดับความสำคัญของประเด็นการเรียน หมายถึง ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจัดลำดับความสำคัญของประเด็นที่ได้ระบุไว้ จากนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการมอบหมายงานภายในกลุ่มให้ศึกษาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เป็นกลุ่มหรือรายบุคคล

4. สรุปความรู้ที่ได้เรียน หมายถึง เมื่อผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้แสวงหาความรู้เพิ่มเติมแล้ว จากนั้นดำเนินการนำความรู้ใหม่ที่ได้รวบรวมมาสรุปและผสมผสานกับความรู้เดิมที่มีอยู่นำไปแก้ปัญหาและสรุปความรู้ที่ได้เป็นความรู้ใหม่ หากผู้เรียนยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ผู้เรียนร่วมกันระบุประเด็นปัญหาใหม่และหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่างๆ จนกว่าจะหาข้อมูลครบถ้วนต่อการแก้ปัญหา

Othman (2013) เสนอขั้นตอนของการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหาเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดอยู่ 3 ประการด้วยตนเองคือ การคิดแสดงความจริง การจัดการความคิด และการแสดง

2. ขั้นทำงานเดี่ยว เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้ด้วยการอ่าน การสังเกต การรวบรวมข้อมูลสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานั้น และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อหาแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

3. ขั้นทำงานกลุ่ม เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องทำงานร่วมกับผู้อื่น โดยมีการแลกเปลี่ยนแนวคิดหรือวิธีการในการแก้สถานการณ์ปัญหาของตนเองให้แก่ผู้อื่น พร้อมทั้งร่วมกันหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหานั้นด้วย

4. ขั้นนำเสนอ อภิปราย และสรุปผล เป็นขั้นของการแสดงผลลัพธ์ของการแก้สถานการณ์ปัญหา และร่วมกันแสดงความคิดเห็นและสะท้อนต่อผลลัพธ์เหล่านั้น เพื่อหาข้อสรุปของการแก้สถานการณ์ปัญหานั้น

5. ขั้นให้งาน/แบบฝึกหัด เป็นขั้นของการฝึกฝนสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้มาจากสถานการณ์ปัญหาก่อนหน้า เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ (2550) ได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา หมายถึง เป็นขั้นที่ผู้สอนจากสถานการณ์ต่างๆกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหาสามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้อยากเรียนได้และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา หมายถึง ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องอธิบายสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า หมายถึง ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียนและดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การทดลอง การสืบเสาะหาความรู้ เป็นต้น

ขั้นที่ 4 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ หมายถึง ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเองและประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบ หมายถึง ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำการสรุปผลงานของกลุ่มตนเองจากนั้นจึงประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร โดยผู้เรียนต้องพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ จากนั้นทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน หมายถึง ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกล่มรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

สำนักวิจัย มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย (2553) ได้กำหนดขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 6 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดปัญหา ในขั้นตอนการกำหนดปัญหา ผู้สอนแบ่งกลุ่มนักศึกษาเพื่อร่วมกันระบุปัญหาจากโจทย์ที่ได้รับมอบหมายให้มีความชัดเจน

2. การระดมสมอง ในขั้นตอนการระดมสมอง จากกลุ่มนักศึกษาที่แบ่งไว้ในขั้นตอนที่ 1 จะเริ่มเข้าใจปัญหาให้มากขึ้นโดยการแตกปัญหาออกเป็นประเด็นย่อยๆ เชื่อมโยงปัญหาโดยใช้ความรู้เดิมก่อน

3. การวิเคราะห์ปัญหา ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา เริ่มต้นจากการให้กลุ่มนักศึกษาวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้เหตุผล ซึ่งให้กลุ่มนักศึกษากำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพื่อค้นหาข้อมูลที่จะอธิบายผลการวิเคราะห์ที่ตั้งไว้ นักศึกษาสามารถบอกได้ว่าความรู้ส่วนใดรู้แล้ว ส่วนใดต้องกลับไปทบทวน ส่วนใดยังไม่รู้หรือจำเป็นต้องไปค้นคว้าเพิ่มเติม

4. การวางแผนการศึกษาค้นคว้า ในขั้นตอนการวางแผนการศึกษาค้นคว้า นักศึกษาได้วางแผนการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลความรู้ จากแหล่งต่างๆ การจัดสรรแบ่งงานกันของนักศึกษาในกลุ่ม

5. การสร้างประเด็นการเรียนรู้และประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา ในขั้นตอนการสร้างประเด็นการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา โดยกลุ่มนักศึกษานำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาซึ่งเป็น ความรู้ใหม่ เป็น input ของการแก้ปัญหาซึ่งคาดว่าส่วนหนึ่งจะประกอบด้วยแนวคิด หลักการ หรือทฤษฎีที่ต้องการให้นักศึกษาได้เรียนรู้ในหน่วยการสอนนั้นๆ รวมทั้งคำตอบบางส่วนที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ในขั้นตอนนี้ผู้สอนมีบทบาทที่ต้องศึกษาแหล่งข้อมูลต่างๆ ก่อนมอบหมายให้นักศึกษาไปค้นคว้าแล้วตรวจสอบข้อมูลที่นักศึกษาได้รวบรวมมาว่า สอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการให้นักศึกษาเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาและเพียงพอสำหรับการแก้ปัญหาแล้วหรือยัง) กลุ่มนักศึกษาทำการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประยุกต์ใช้ข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ จนได้ผลลัพธ์ซึ่งเป็นคำตอบของปัญหา

6. การสรุปผลและรายงานผล เป็นสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้และนำแนวคิด หลักการ หรือทฤษฎีที่นักศึกษาศึกษามาจากขั้นตอนที่ผ่านมาพร้อมนำเสนอผลการแก้ปัญหา

จากการศึกษากระบวนการการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ผู้วิจัยได้เลือกกระบวนการการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ (2550) ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ และ ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและบทเรียนบนเว็บ ผู้วิจัยได้ทำตารางสรุปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บตามบริบทของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ดังนี้

ตารางที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ

ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา	**กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ**
1. ขั้นกำหนดปัญหา	ครูนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียนบนเว็บ จากนั้นให้นักเรียนทุกคนระบุปัญหาของสถานการณ์ลงที่กระดานสนทนาบนเว็บ
2. ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา	ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ระดมความคิดช่วยกันและทำความเข้าใจกับปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ข้างต้น ว่าปัญหาที่นักเรียนระบุมาจำเป็นต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้าง จากนั้นให้นักเรียนทุกคนระบุว่าต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องอะไรลงในกระดานสนทนา หากนักเรียนคนไหนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนครูจะแนะนำเพิ่มเติม
3. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า	ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันดำเนินการศึกษาค้นคว้าความรู้ในแต่ละหัวเรื่องที่เกี่ยวข้อง โดยให้แบ่งหัวข้อในการค้นคว้าภายในกลุ่ม ซึ่งครูได้จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ให้ภายในเว็บไซต์ เพื่อนักเรียนสามารถเรียนรู้และนำไปหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามา สรุปบันทึกผ่านเว็บไซต์
4. ขั้นสังเคราะห์ความรู้	ให้ทุกกลุ่มนำความรู้ที่ตนเองได้สรุปมาแลกเปลี่ยนความคิดภายในกลุ่ม อภิปรายผลและสังเคราะห์ข้อมูล ว่าข้อมูลที่ได้มาเหมาะสมหรือไม่เพียงใด ถ้ายังไม่พอสมาชิกในกลุ่มต้องช่วยกันค้นคว้าเพิ่มเติมแล้วบันทึกข้อมูลผ่านเว็บไซต์
5. ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบ	นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลจากการแก้สถานการณ์ของกลุ่มตนเอง และแต่ละกลุ่มเขียนประเมินผลงานตนเองจากการที่ได้แลกเปลี่ยนความคิดกันแล้วบันทึกข้อมูลผ่านเว็บไซต์ ว่าข้อมูลของกลุ่มตนเองนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ เหมือนหรือต่างจากกลุ่มอื่นอย่างไร
6. ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน	ครูให้แต่ละกลุ่มนำองค์ความรู้ที่ได้ออกมานำเสนอพร้อมกับการนำเสนอผลงาน ในรูปแบบของแผนผังความคิด และให้แต่ละกลุ่มได้ประเมินให้คะแนน

ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

1. ความหมาย

Wing (2006) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณว่า เป็นการคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา การออกแบบระบบ และการทำความเข้าใจในการทำงาน โดยใช้แนวคิดพื้นฐานของวิทยาการคอมพิวเตอร์ ซึ่งการคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะพื้นฐานสำหรับทุกคน ไม่ใช่แค่สำหรับนักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์เท่านั้น เพราะทักษะการอ่าน เขียนและเลขคณิตนั่นไม่เพียงพอ ควรเพิ่มการคำนวณที่บอกได้ถึงความสามารถในการวิเคราะห์ของเด็กทุกคน

สมาคมครูวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science Teachers Association : CSTA) และ สมาคมเทคโนโลยีการศึกษานานาชาติ (International Society for Technology in Education : ISTE) (2011) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณว่า เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่มีลักษณะเหล่านี้ จัดระบบและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล นำเสนอข้อมูลผ่านกระบวนการคิดเชิงนามธรรม แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ระบุ วิเคราะห์ และดำเนินการแก้ปัญหา โดยใช้ขั้นตอนและทรัพยากรอย่างประหยัดและให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด และประยุกต์ใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่เคยใช้ไปสู่ปัญหารูปแบบต่าง ๆ

Aho (2012) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณว่า เป็นกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดปัญหา เพื่อให้สามารถแสดงวิธีแก้ปัญหาหรือออกแบบการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

Grover (2013) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณว่า การคิดเชิงคำนวณเกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหา การออกแบบระบบและการเข้าใจพฤติกรรมมนุษย์โดยเป็นการวาดภาพแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ สาระสำคัญของแนวคิดเชิงคำนวณ คือคิดแก้ไขปัญหาแบบวิทยาศาสตร์เมื่อเผชิญหน้ากับปัญหา

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2563) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณว่า เป็นวิธีการคิดและแก้ปัญหาเชิงวิเคราะห์ เพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและมีลำดับวิธีคิดได้ ที่สามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งเรียกว่าอัลกอริทึม เพื่อช่วยให้ได้รูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลอย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาความหมายของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสามารถสรุปได้ดังนี้ เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นแก้ปัญหาเชิงวิเคราะห์ เป็นระบบ เป็นขั้นตอน มีวิธีดำเนินการและลำดับวิธีคิด สามารถประยุกต์ใช้กระบวนการที่เคยใช้แก้ปัญหาแล้วไปใช้กับรูปแบบต่างๆอย่างหลากหลาย

2. องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

องค์กร Code.org (2015) ได้กำหนดองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณไว้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การแยกส่วนย่อยปัญหา (Decompose) เป็นกระบวนการในการแยกปัญหาออกเป็นส่วนย่อย

2. ความสัมพันธ์ของรูปแบบ (Pattern Matching) เป็นการสังเกตและค้นหาความคล้ายคลึงกันระหว่างสิ่งต่าง ๆ

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการดึงความแตกต่างเฉพาะของปัญหาออกมา จากนั้นพิจารณารูปแบบของปัญหาเพื่อให้สามารถนำวิธีแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้ได้กับปัญหาอื่นอย่างหลากหลาย

4. ขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการหากระบวนการและขั้นตอนที่ทำให้งานสำเร็จลุล่วงหรือแก้ปัญหาของงานได้

บัญญพนต์ พูลสวัสดิ์ (2016) ได้กำหนดองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณไว้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การแยกส่วนย่อยปัญหา (Decomposition) คือ การลงลึกเพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบย่อยเพื่อศึกษาความซับซ้อนของผลลัพธ์หรือปัญหาไปสู่ส่วนประกอบย่อยเพื่อปรับปรุงให้ดีขึ้น

2. การพิจารณารูปแบบ (Pattern Recognition) การมองหารูปแบบของปัญหา (Pattern) ที่เกิดขึ้นซ้ำเพื่อนำมาประเมินสถานการณ์

3. การคิดเชิงนามธรรม (Pattern Generalization and Abstraction) การมองภาพรวมเพื่อนิยามสิ่งที่เป็นรายละเอียดปลีกย่อยแบบมุมกว้าง

4. การออกแบบอัลกอรึทึม (Algorithm Design) การออกแบบลำดับการทำงานที่สามารถแก้ปัญหา เพื่อออกแบบแนวทางการปรับปรุงให้เกิดผลลัพธ์ตามที่กำหนด

หน่วยศึกษานิเทศก์และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2561) ได้กำหนดองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณไว้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการย่อยปัญหาหรือระบบที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนเล็กๆ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการและแก้ปัญหา จะเข้าใจได้ง่ายกว่าวิเคราะห์จากระบบใหญ่ที่ซับซ้อน

2. การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) เมื่อเราย่อยปัญหาออกเป็นส่วนเล็กๆ ขั้นตอนต่อไปคือการหารูปแบบหรือลักษณะที่เหมือนกันของปัญหาเล็กๆ ที่ถูกย่อยออกมา

3. ความคิดด้านนามธรรม (Abstraction การมุ่งความคิดไปที่ข้อมูลสำคัญหรือโครงสร้างหลัก คัดกรองให้เหลือแต่ลักษณะเฉพาะ และคัดกรองส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป เพื่อให้จดจ่อเฉพาะสิ่งที่เราต้องการจะทำ

4. การออกแบบอัลกอริทึ่ม (Algorithm Design) เป็นรูปแบบที่สำคัญที่สุด คือการพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นเป็นตอน การออกแบบลำดับการทำงานที่สามารถระบุปัญหาหรือสร้างหลักเกณฑ์ขึ้นมาเพื่อดำเนินตามทีละขั้นตอนในการแก้ไขปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2563) ได้กำหนดองค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณไว้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การแบ่งปัญหาใหญ่เป็นปัญหาย่อย (Decomposition) เป็นการแตกปัญหาที่ซับซ้อนให้เป็นปัญหาย่อยที่มีขนาดเล็กลงและซับซ้อนน้อยลง เพื่อช่วยให้การวิเคราะห์และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาทำได้ง่ายขึ้น

2. การพิจารณารูปแบบ (Pattern Recognition) เป็นการวิเคราะห์หาความเหมือนหรือคล้ายคลึงกันระหว่างปัญหาย่อยที่แตกออกมา หรือความคล้ายคลึงกับปัญหาอื่นๆ ที่มีผู้ออกแบบวิธีการแก้ไขไว้ก่อนแล้ว

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการแยกรายละเอียดที่สำคัญและจำเป็นต่อการแก้ปัญหาออกจากรายละเอียดที่ไม่จำเป็น ซึ่งรวมไปถึงการแทนกลุ่มของปัญหา ขั้นตอน หรือกระบวนการที่มีรายละเอียดปลีกย่อยหลายขั้นตอนด้วยขั้นตอนใหม่เพียงขั้นตอนเดียว

4. การออกแบบอัลกอรึทึม (Algorithm) เป็นการพัฒนากระบวนการหาคำตอบให้เป็นขั้นตอนที่บุคคลหรือคอมพิวเตอร์สามารถนำไปปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาได้

จากการศึกษาองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณ สรุปได้ว่า องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณประกอบไปด้วย

1. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) คือ ความสามารถในการแบ่งจำแนกปัญหาออกเป็นส่วนย่อย เพื่อการจัดการได้ง่ายขึ้น

2. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) คือ ความสามารถในการมุ่งคิดไปที่ข้อมูลสำคัญของปัญหาหรือวิธีการแก้ปัญหา โดยคัดกรองส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป

3. การหารูปแบบ (Pattern recognition) คือ ความสามารถในการพิจารณาหารูปแบบ แนวโน้ม และลักษณะทั่วไปของข้อมูล เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับวิธีการแก้ปัญหา

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) คือ ความสามารถในการคิดค้นและอธิบายขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน

3. การวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

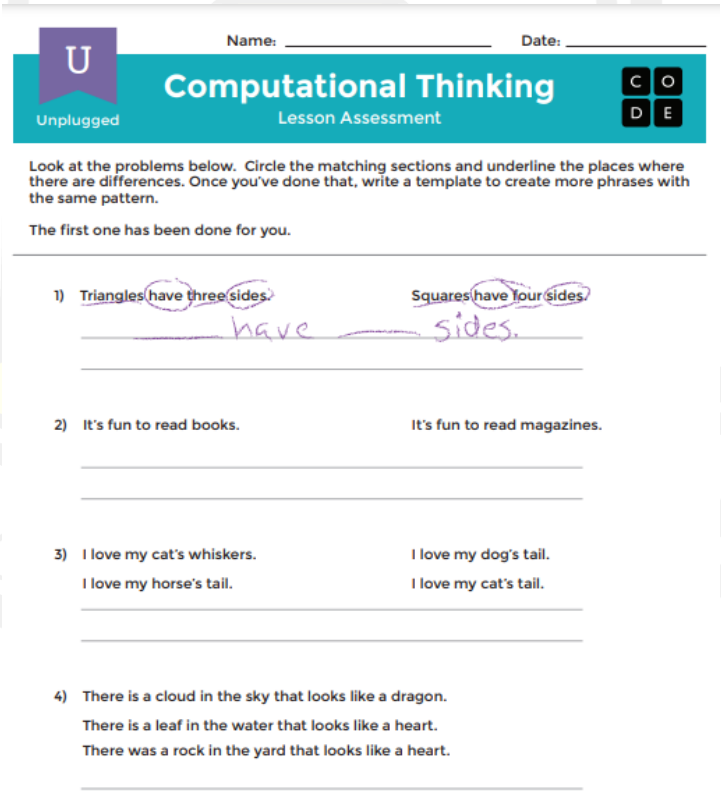
องค์กร Code.org (2015) ได้แสดงตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นแบบวัดรูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเขียนตอบแบบอัตนัย แสดงตัวอย่างดังภาพประกอบที่ 1 ตัวอย่างแบบทดสอบดังกล่าวมีคำสั่งให้นักเรียนวงกลมส่วนย่อยของประโยคที่มีความเหมือนกันและขีดเส้นใต้ส่วนย่อยของประโยคที่แตกต่างกัน จากนั้นใช้รูปแบบของโครงสร้างคำดังกล่าวเพื่อเขียนประโยคขึ้นมาใหม่ ซึ่งสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

1. การแยกส่วนย่อยปัญหา (Decompose) เป็นกระบวนการที่ให้นักเรียนแยกสิ่งที่มีความเหมือนและความต่างจากประโยคที่โจทย์กำหนดให้

2. ความสัมพันธ์ของรูปแบบ (Pattern Matching) เป็นการสังเกตและค้นหาความเหมือนกันและแตกต่างกันของประโยค

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการดึงความแตกต่างและความเหมือนของประโยคออกมา จากนั้นพิจารณารูปแบบของประโยคเพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับปัญหาประโยคอื่นๆได้

4. ขั้นตอนวิธี (Algorithm) เป็นการใช้รูปแบบของประโยคที่ได้พิจารณามาสร้างประโยคใหม่ทำให้งานสำเร็จลุล่วงได้



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.

4) There is a cloud in the sky that looks like a dragon.
There is a leaf in the water that looks like a heart.
There was a rock in the yard that looks like a heart.

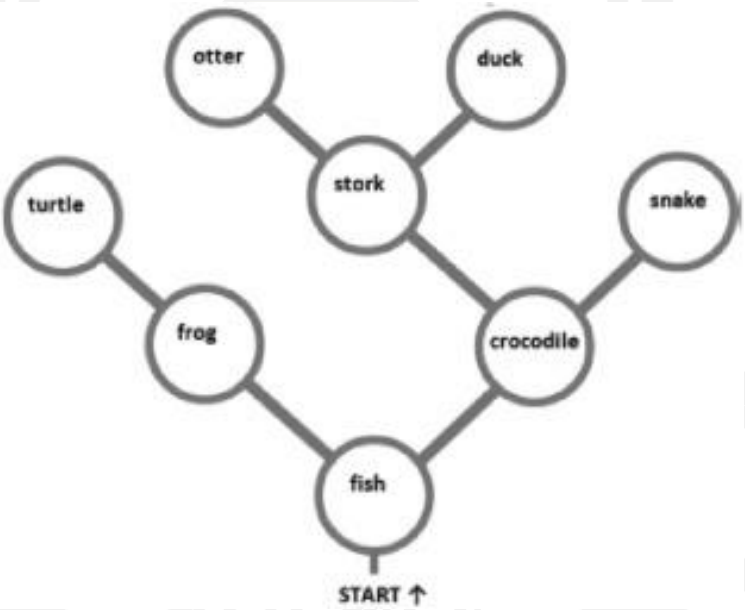
ภาพประกอบที่ 1 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (Code.org, 2015)

Dolgopolovas (2016) ได้แสดงตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นแบบวัดรูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choices) โดยแบบทดสอบวัดบางองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเท่านั้น โดยแสดงตัวอย่างแบบทดสอบ ‘‘Beaver in his canoe’’ ได้ดังนี้

สถานการณ์ : บีเวอร์พายเรือแคนูในแม่น้ำ ซึ่งแม่น้ำมีทะเลสาบเล็กๆ ที่ถูกเชื่อมต่อไว้ ดังภาพประกอบที่ 2 บีเวอร์ชอบทะเลสาบและได้คิดหาขั้นตอนเพื่อให้แน่ใจว่าเขาจะไปถึงทุกทะเลสาบ เขารู้ว่าในแต่ละทะเลสาบมีแม่น้ำสูงสุดเพียงสองสายที่เชื่อมต่อได้ หากบีเวอร์มาถึงทะเลสาบและต้องการพายเรือไปต่อ เขาจะต้องตัดสินใจว่าจะใช้แม่น้ำใดตามเงื่อนไขต่อไปนี้

1. หากมีแม่น้ำสองสายที่บีเวอร์ไม่เคยเห็น ให้พายเรือไปตามแม่น้ำที่อยู่ทางซ้ายมือ
2. หากมีแม่น้ำเพียงสายเดียวที่บีเวอร์ยังไม่เคยเห็น ให้บีเวอร์พายเรือไปตามแม่น้ำสายนั้น
3. ถ้าบีเวอร์เคยพายเรือผ่านแม่น้ำทุกสายที่อยู่รอบทะเลสาบเล็กๆแล้ว ให้บีเวอร์พายเรือแคนูในทะเลสาบที่เขาอยู่กลับไปยังทะเลสาบก่อนหน้า

บีเวอร์จะหยุดการพายเรือแคนูถ้าเขาเห็นทุกอย่างและกลับมาที่จุดเริ่มต้น โดยในแต่ละทะเลสาบ บีเวอร์เจะพบเห็นสัตว์ที่แตกต่างกัน ดังภาพประกอบที่ 2 และบีเวอร์จะจดชื่อสัตว์เมื่อเขาเห็นสัตว์นั้นเป็นครั้งแรก ตลอดเส้นทางจนกว่าจะครบทุกทะเลสาบ



ภาพประกอบที่ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบ‘‘Beaver in his canoe’’ (Dolgopolovas, 2016)

คำถาม : ข้อใดเป็นลำดับสัตว์ที่บีเวอร์จะเขียนบันทึกลงไปในการเดินทางครั้งนี้

a. ปลา กบ จระเข้ เต่า นกกระสา งู นาก เป็ด

b. ปลา จระเข้ งู นกกระสา เป็ด นาก กบ เต่า

c. ปลา กบ เต่า จระเข้ นกกระสา นาก เป็ด งู

d. ปลากบเต่า

จากภาพประกอบที่ 2 สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

1. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการเข้าใจระบบจริง โดยใช้โครงสร้างของต้นไม้ทวิภาคแทนลักษณะของทะเลสาบและนน้ำ

2. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการตรวจสอบเงื่อนไขที่กำหนดให้จากนั้นนำไปใช้แก้ปัญหาโครงสร้างต้นไม้แต่ละส่วน

3. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) ในแบบทดสอบนี้ไม่ใช่ตัวอย่างที่ให้นักเรียนพัฒนาขั้นตอนวิธีแต่เป็นการเลือกคำตอบที่ถูกต้อง โดยเป็นการแสดงถึงความเข้าใจและลำดับขั้นตอนเพื่อที่จะทำให้งานสำเร็จ

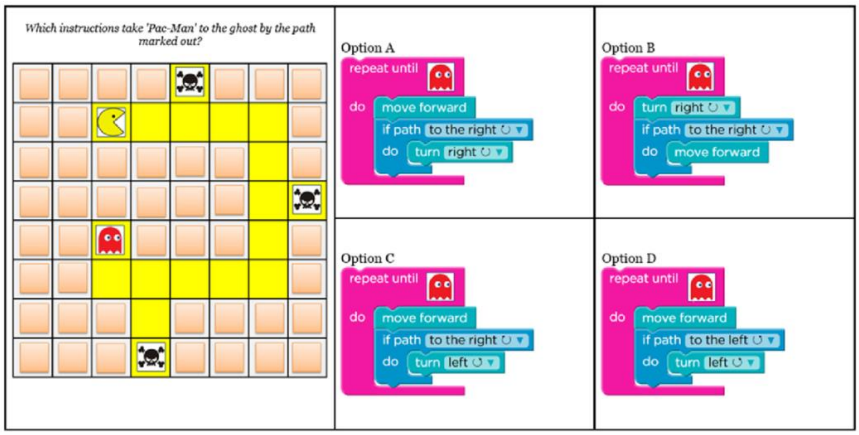
Gonzalez (2016) ได้แสดงตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นแบบวัดรูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choices) แสดงตัวอย่างดังภาพประกอบที่ 3 ตัวอย่างแบบทดสอบมีคำสั่งว่า ชุดคำสั่งใดที่สามารถนำแพ็คแมนไปสู่ผีได้ตามเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้ได้ ซึ่งสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

1. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ของแพ็คแมนไปสู่การกินผี

2. การหารูปแบบ (Pattern Recognition) เป็นการหารูปแบบการเคลื่อนที่ของแพ็คแมนภายในเส้นทางที่กำหนดได้

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการมุ่งความสนใจไปที่ลักษณะการแก้ปัญหากล่าวคือสนใจเฉพาะเส้นทางที่ถูกกำหนดไว้เท่านั้น เพื่อนำไปสู่ชุดคำสั่งของเส้นทางดังกล่าว

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) เป็นการพิจารณาขั้นตอนวิธีที่สามารถแพ็คแมนจะเดินทางไปกินผีได้



ภาพประกอบที่ 3 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในคิดเชิงคำนวณแบบปรนัย (Gonzalez, 2017)

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้แสดงตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นแบบวัดรูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเขียนตอบแบบอัตนัย โดยตัวอย่างแบบทดสอบเป็นสถานการณ์ ซึ่งสถานการณ์ประกอบด้วย 4 คำถามย่อย สอดคล้องกับองค์ประกอบย่อยของการคิดเชิงคำนวณ โดยแสดงตัวอย่างแบบทดสอบ ได้ดังนี้

สถานการณ์ : นิสาตื่นแต่เช้าและวางแผนจะทำกิจกรรมเพื่อสังคม 3 กิจกรรมในสถานที่ 3 แห่ง คือ 1) เก็บขยะที่สถานีรถไฟ 2) ร้องเพลงที่บ้านพักคนชรา และ 3) เป็นพยาบาลอาสาที่โรงพยาบาล แต่นึกขึ้นได้ว่าต้องไปซื้ออุปกรณ์ที่ศึกษาภัณฑ์เพื่อนำมาทำโครงงานในวันพรุ่งนี้ด้วย นิสาจึงต้องวางแผนการเดินทางจากบ้านออกไปทำทุกอย่างให้กลับมาบ้านทันในเวลา 18.00 น. โดยนิสาเริ่มออกเดินทางจากบ้านเวลา 08.00 น. สมมติว่าการทำกิจกรรมเพื่อสังคมในแต่ละสถานที่ใช้เวลาเท่ากันคือ 2 ชั่วโมงในขณะที่การเลือกซื้ออุปกรณ์ที่ศึกษาภัณฑ์นิสาใช้เวลา 30 นาทีและนิสาเลือกทำกิจกรรมใดก่อนก็ได้มีข้อมูลของระยะทางระหว่างสองสถานที่ ดังนี้

ระยะทางจากบ้านถึงสถานีรถไฟ (A) 2.0 กิโลเมตร

ระยะทางจากบ้านถึงบ้านพักคนชรา (B) 2.6 กิโลเมตร

ระยะทางจากบ้านถึงโรงพยาบาล (C) 1.8 กิโลเมตร

ระยะทางจากบ้านถึงศึกษาภัณฑ์ (D) 2.8 กิโลเมตร

ระยะทางจากสถานีรถไฟ (A) ถึงบ้านพักคนชรา (B) 1.9 กิโลเมตร

ระยะทางจากสถานีรถไฟ (A) ถึง โรงพยาบาล (C) 1.7 กิโลเมตร

ระยะทางจากสถานีรถไฟ (A) ถึงศึกษาภัณฑ์ (D) 1.3 กิโลเมตร

ระยะทางจากบ้านพักคนชรา (B) ถึงโรงพยาบาล (C) 3.2 กิโลเมตร

ระยะทางจากบ้านพักคนชรา (B) ถึงศึกษาภัณฑ์ (D) 2.0 กิโลเมตร

ระยะทางจากโรงพยาบาล (C) ถึงศึกษาภัณฑ์ (D) 3.0 กิโลเมตร

กำหนดให้โดยเฉลี่ยแล้วในทุก ๆ ระยะทางการเดินทาง 100 เมตร นิสาใช้เวลาในการเดินทาง 2 นาทีรวมเวลาที่รถติดแล้ว ให้นักเรียนช่วยนิสาวางแผนการเดินทางไปทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงแสดงการคำนวณการใช้เวลาในการทำกิจกรรมและเวลาในการเดินทางระหว่างคู่ของสถานที่ ในสถานการณ์ข้างต้น

2. จงหารูปแบบเส้นทางการเดินทางไปสถานที่ต่าง ๆ ของนิสาที่ให้ผลลัพธ์เหมือนกับเส้นทางต่อไปนี้ (ผลลัพธ์เหมือนกัน หมายถึง ใช้เวลาในการเดินทางและทำกิจกรรมเท่ากัน)

ก. บ้าน⟶โรงพยาบาล⟶สถานีรถไฟ⟶ศึกษาภัณฑ์⟶บ้านพักคนชรา⟶บ้าน

ข. บ้าน⟶สถานีรถไฟ⟶ศึกษาภัณฑ์⟶บ้านพักคนชรา⟶โรงพยาบาล⟶บ้าน

ค. บ้าน⟶ศึกษาภัณฑ์⟶บ้านพักคนชรา⟶สถานีรถไฟ⟶โรงพยาบาล⟶บ้าน

3. ให้นักเรียนเขียนแผนผังแสดงตำแหน่งสถานที่ต่าง ๆ ที่นิสาเดินทาง พร้อมแสดงลำดับเส้นทางที่นิสาใช้และระบุระยะทางในการเดินทางไปทำกิจกรรมระหว่างสถานที่ต่าง ๆ เพื่อที่นิสาจะได้กลับมาบ้านทันเวลา 18.00 น.

4. จงอธิบายขั้นตอนที่นักเรียนวิเคราะห์ โดยสามารถช่วยให้นิสาทำกิจกรรมครบทุกกิจกรรมและกลับบ้านทันเวลา 18.00 น.

จากตัวอย่างแบบทดสอบสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

1. การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (Decomposition) เป็นการวิเคราะห์สถานการณ์ของนิสา ซึ่งต้องทำการวางแผนการเดินทาง ด้วยการคำนวณการใช้เวลาในการทำกิจกรรมและเวลาในการเดินทางระหว่างคู่ของสถานที่

2. การหารูปแบบ (Pattern Recognition) เป็นการหารูปแบบเส้นทางการเดินทางไปสถานที่ต่างๆของนิสา ดังเส้นทางที่กำหนดให้

3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการมุ่งความสนใจไปที่ลักษณะการแก้ปัญหาเพื่อที่จะให้นิสากลับบ้านได้ทันเวลา โดยเขียนแผนผังแสดงลำดับเส้นทางและระยะทาง

4. การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) เป็นการพิจารณาขั้นตอนวิธีที่สามารถช่วยให้นิสาทำกิจกรรมได้ครบและกลับบ้านทันเวลา

โชติกา สงคราม (2562) ได้แสดงตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นแบบวัดรูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเขียนตอบแบบอัตนัย โดยตัวอย่างแบบทดสอบเป็น

สถานการณ์ ซึ่งสถานการณ์ประกอบด้วย 5 คำถามย่อย สอดคล้องกับองค์ประกอบย่อยของการคิดเชิงคำนวณ โดยแสดงตัวอย่างแบบทดสอบ ได้ดังนี้

สถานการณ์ : น้อยหน่าซื้อสลากกินแบ่งรัฐบาลหนึ่งฉบับ ราคาฉบับละ 40 บาท เขาซื้อเกือบทุกงวดแต่เขาไม่เคยถูกสักที เขาจึงคิดใคร่ครวญว่า “เขาควรจะซื้อต่อหรือไม่” เขาจึงศึกษาข้อมูลรางวัลต่างๆ ต่อชุด ดังนี้

ตารางที่ 4 ตัวอย่างสถานการณ์แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (โชติกา สงคราม, 2562)

รางวัล	จำนวนรางวัล	เงินรางวัล
รางวัลที่ 1	1 รางวัล	รางวัลละ 2000000 บาท
รางวัลที่ 2	5 รางวัล	รางวัลละ 100000 บาท
รางวัลที่ 3	10 รางวัล	รางวัลละ 40000 บาท
รางวัลที่ 4	50 รางวัล	รางวัลละ 20000 บาท
รางวัลที่ 5	100 รางวัล	รางวัลละ 10000 บาท
รางวัลข้างเคียงรางวัลที่ 1	2 รางวัล	รางวัลละ 50000 บาท
รางวัลเลขท้าย 3 ตัว เสี่ยง 4 ครั้ง	4000 รางวัล	รางวัลละ 2000 บาท
รางวัลเลขท่ย 2 ตัว เสี่ยง 1 ครั้ง	10000 รางวัล	รางวัลละ 1000 บาท

จากข้อมูลที่น้อยหน่าได้ศึกษา หากนักเรียนเป็นน้อยหน่านักเรียนจะซื้อสลากกินแบ่งรัฐบาลต่อหรือไม่ เพราะเหตุใด

1. จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนคิดว่า “สิ่งใดคือประเด็นปัญหา/ประเด็นที่น่าสนใจ
2. จากข้อ 1 นักเรียนมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างไร (เขียนเป็นข้อๆ พอสังเขป)
3. นักเรียนต้องใช้ข้อมูลใดบ้างในการแก้ปัญหานั้นๆ
4. แต่ละขั้นตอนย่อย ให้นักเรียนเขียนสาระสำคัญที่แสดงถึงวิธีการแก้ปัญหา
5. ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหา ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด

จากตัวอย่างแบบทดสอบสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ดังนี้

1. การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย (Decomposition) จากคำถามข้อที่ 1 นักเรียนต้องสามารถระบุประเด็นปัญหาหรือประเด็นที่น่าสนใจจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

2. การพิจารณารูปแบบของปัญหา (Pattern Recognition) จากคำถามข้อที่ 2 นักเรียนสามารถเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหา (พอสังเขป) ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดได้ ซึ่งต้องอธิบายรายละเอียดของแต่ละประเด็นย่อยได้ถูกต้อง

3. การพิจารณาสาระสำคัญของปัญหา (Abstraction) จากคำถามข้อที่ 4 นักเรียนต้องระบุสาระสำคัญและอธิบายขยายความในส่วนของขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหา (ปัญหาย่อยที่ได้ระบุไว้)

4. การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithms) จากคำถามข้อที่ 5 นักเรียนสามารถเขียนขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาได้ครบถ้วน แสดงถึงรายละเอียดของการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนได้

จากการศึกษาการวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ สรุปได้ว่า มีรูปแบบของแบบทดสอบ 2 แบบ คือ 1) รูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเขียนตอบแบบอัตนัย ประกอบไปด้วยโจทย์หรือสถานการณ์ โดยมีข้อคำถามที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ และ 2) รูปแบบการสอบข้อเขียน ประเภทการเลือกตอบ ประกอบไปด้วยโจทย์หรือสถานการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณในรูปแบบที่เลือกคำตอบที่แสดงถึงความเข้าใจและลำดับขั้นตอนต่างๆที่จะนำไปสู่การทำให้งานสำเร็จ โดยแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็นได้ทั้งลักษณะอิงเนื้อหาและไม่อิงเนื้อหา

4. เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

Gonzalez (2016) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ว่าเป็นสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบ 0-1 หรือ ตอบผิดได้ 0 คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน โดยให้คะแนนเพียงสองค่าในแต่ละข้อคำถาม เป็นการให้คะแนนในแบบวัดที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบประเภทการเลือกตอบ (Multiple Choices)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ว่าเป็นการประเมินตนเองโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริค 4 ระดับ คือ เริ่มต้น กำลังพัฒนา ดี และยอดเยี่ยม ซึ่งแบ่งตามกระบวนการย่อยของการแยกส่วนประกอบได้เป็น 3 ด้าน คือ 1) เข้าใจความต้องการของปัญหาและอธิบายปัญหา 2) การแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย 3) ความสำเร็จในการแก้ปัญหา ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แบบประเมินตนเอง การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

รายการ	**ผลการวัดและประเมิน**			
	เริ่มต้น (1)	**กำลังพัฒนา (2)**	**ดี (3)**	**ยอดเยี่ยม (4)**
เข้าใจความต้องการของปัญหาและอธิบายปัญหา	ไม่เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและไม่สามารถอธิบายได้	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและอธิบายปัญหาได้แต่ไม่ครบทุกประเด็น	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรและอธิบายปัญหาได้ครบทุกประเด็นแต่ไม่สามารถแยกส่วนประกอบของปัญหาได้	เข้าใจว่าโจทย์ต้องการอะไรอธิบายปัญหาได้และวิเคราะห์แยกส่วนประกอบของปัญหา

ตารางที่ 5 (ต่อ)

รายการ	ผลการวัดและประเมิน			
	เริ่มต้น (1)	กำลังพัฒนา (2)	ดี (3)	ยอดเยี่ยม (4)
การแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	ไม่สามารถแตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ ยังไม่ละเอียด ละออ พอหรือไม่ครบทุกประเด็น	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ครบทุกประเด็น	แตกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ และสามารถเชื่อมโยงแต่ละส่วนเข้าด้วยกันได้
ความสำเร็จในการแก้ปัญหา	ไม่สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้	สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้บางส่วน	สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้ส่วนใหญ่	สามารถอธิบายแนวทางการแก้ปัญหาได้ครบถ้วน

มหาวิทยาลัยเดลาแวร์ (UD) (2018) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ว่าเป็นการประเมินตนเองโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริค 4 ระดับ ซึ่งแบ่งตามองค์ประกอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ คือ 1) การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย 2) การออกแบบอัลกอริทึม 3) การพิจารณาสาระสำคัญของปัญหา และ 4) การคิดเชิงนามธรรม ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (มหาวิทยาลัยเดลาแวร์ (UD), 2018)

รายการ	ระดับคะแนน			
	ดีมาก	กำลังพัฒนา		เริ่มต้น
	4	3	2	1
การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	แบ่งปัญหาที่ซับซ้อนออกเป็นปัญหาย่อยได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายในการแก้ปัญหา และเมื่อรวมกันแล้ว	แบ่งปัญหาที่ซับซ้อนเป็นปัญหาย่อยได้อย่างชัดเจนแต่ขาดประสิทธิ ภาพ	แบ่งปัญหาที่ซับซ้อนเป็นปัญหาย่อยได้แต่ไม่ครบทุกประเด็น	ไม่สามารถแบ่งปัญหาที่ซับซ้อนเป็นปัญหาย่อยได้

ตารางที่ 6 (ต่อ)

รายการ	ระดับคะแนน			
	ดีมาก	กำลังพัฒนา		เริ่มต้น
	4	3	2	1
	แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ			
การออกแบบอัลกอริทึม	สร้างลำดับขั้นตอนที่มีเหตุผล มีประสิทธิภาพ และอธิบายไว้อย่างดีหรือมีคำแนะนำในการแก้ปัญหาที่นำไปสู่การบรรลุเป้าหมาย	สร้างลำดับขั้นตอนที่มีการอธิบายอย่างดี (เช่น ชัดเจน แม่นยำ) และแก้ปัญหาหรือบรรลุเป้าหมายแต่ขั้นตอนไม่มีประสิทธิภาพ เช่น ไม่อยู่ในลำดับที่เหมาะสม ซ้ำซ้อน หรือไม่จำเป็น	สร้างลำดับขั้นตอนที่แก้ปัญหาหรือบรรลุเป้าหมายแต่อธิบายขั้นตอนได้ไม่ดี (เช่น คลุมเครือ)	ไม่สามารถสร้างลำดับขั้นตอนที่แก้ปัญหาหรือบรรลุเป้าหมาย
การพิจารณาสาระสำคัญของปัญหา	พิจารณาสาระสำคัญของปัญหาและอธิบายอย่างละเอียดเพื่อให้สามารถวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ของปัญหาได้	พิจารณาสาระสำคัญของปัญหาและอธิบายอย่างละเอียดเพื่อให้สามารถวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ของปัญหาได้แต่ยังไม่ครบทุกประเด็น	พิจารณาสาระสำคัญของปัญหาได้แต่ไม่สามารถอธิบายอย่างละเอียดเพื่อให้สามารถวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ของปัญหาได้	ไม่สามารถพิจารณาสาระสำคัญของปัญหาและอธิบายอย่างละเอียดเพื่อให้สามารถวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ของปัญหาได้

ตารางที่ 6 (ต่อ)

รายการ	ระดับคะแนน			
	ดีมาก	กำลังพัฒนา		เริ่มต้น
	4	3	2	1
การคิดเชิงนามธรรม	สร้างกระบวนการที่แม่นยำแต่เรียบง่ายเพื่อแก้ปัญหาหรือบรรลุเป้าหมายเลือกลักษณะสำคัญโดยกรองข้อมูลที่ไม่จำเป็นออก สามารถใช้แก้ปัญหาหรือเป้าหมายอื่นๆ ได้	สร้างกระบวนการที่แม่นยำแต่เรียบง่ายเพื่อแก้ปัญหาหรือบรรลุเป้าหมายเลือกลักษณะสำคัญโดยกรองข้อมูลที่ไม่จำเป็นออก แต่ไม่สามารถใช้แก้ปัญหาหรือเป้าหมายอื่นได้	สร้างกระบวนการที่แม่นยำแต่เรียบง่ายเพื่อแก้ปัญหาหรือบรรลุเป้าหมาย แต่ไม่สามารถเลือกลักษณะสำคัญทั้งหมดได้โดยการกรองข้อมูลที่ไม่จำเป็นออก และไม่สามารถใช้แก้ปัญหาหรือเป้าหมายอื่นได้	สร้างกระบวนการที่ไม่ถูกต้อง ไม่เรียบง่ายเพียงพอ หรือไม่สามารถแก้ปัญหาหรือบรรลุเป้าหมายได้

Pollock (2019) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณดัดแปลงจากมหาวิทยาลัยเดลาแวร์ (UD) (2018) ว่าเป็นการประเมินโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริค 4 ระดับ ซึ่งแบ่งตามองค์ประกอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ คือ 1) การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย 2) การพิจารณาสาระสำคัญของปัญหา 3) การคิดเชิงนามธรรม และ 4) การออกแบบอัลกอริทึม ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (Pollock ดัดแปลงจาก มหาวิทยาลัยเดลาแวร์ (UD), 2019)

รายการ	**ระดับคะแนน**			
	ดีมาก	**กำลังพัฒนา**		**เริ่มต้น**
	4	**3**	**2**	**1**
การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	สามารถแยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้อย่างชัดเจนและเกี่ยวข้องกัน เมื่อนำปัญหามาเชื่อมโยงกันแล้วสามารถนำไปแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ	สามารถแยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้อย่างชัดเจนและเกี่ยวข้องกันแต่ไม่มีประสิทธิภาพ	สามารถแยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้แต่ไม่ชัดเจนและไม่เกี่ยวข้องกัน	ไม่สามารถแยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้
การพิจารณาสาระสำคัญของปัญหา	สามารถวิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดรูปแบบและความสัมพันธ์ที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างละเอียด	สามารถวิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดรูปแบบที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างละเอียด แต่ไม่ครบถ้วน	สามารถวิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดรูปแบบที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาแต่ไม่สามารถอธิบายอย่างละเอียด	ไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดรูปแบบที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้
การคิดเชิงนามธรรม	พิจารณาข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นออกจากกันได้อย่างถูกต้องและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาใน	พิจารณาข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นออกจากกันได้อย่างถูกต้องและไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาใน	พิจารณาข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นออกจากกันได้ไม่ครบทุกประเด็นและไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาใน	ไม่สามารถพิจารณาข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นออกจากกันได้และไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาใน

ตารางที่ 7 (ต่อ)

รายการ	**ระดับคะแนน**			
	ดีมาก	**กำลังพัฒนา**		**เริ่มต้น**
	4	**3**	**2**	**1**
	ลักษณะอื่นๆได้	ลักษณะอื่นๆได้	ลักษณะอื่นๆได้	ลักษณะอื่นๆได้
การออกแบบอัลกอริทึม	สามารถออกแบบขั้นตอนเพื่อนำไปแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและบรรลุเป้าหมาย	สามารถออกแบบขั้นตอนเพื่อนำไปแก้ปัญหาได้แต่ขั้นตอนไม่มีประสิทธิภาพ	สามารถออกแบบขั้นตอนเพื่อนำไปแก้ปัญหาได้อย่างคลุมเครือ	ไม่สามารถออกแบบขั้นตอนเพื่อนำไปแก้ปัญหาได้

Ling (2018) ได้ออกแบบการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี ค่อนข้างดี พอใช้ ค่อนข้างต่ำ และปรับปรุง โดยสามารถแปลความหมายแต่ละระดับได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ระดับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (Ling, 2018)

ระดับคุณภาพ	**ความหมาย**
6	ดีมาก
5	ดี
4	ค่อนข้างดี
3	พอใช้
2	ค่อนข้างต่ำ
1	ปรับปรุง

มหาวิทยาลัยเดลาแวร์ (UD) (2018) ได้ออกแบบการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ดีมาก กำลังพัฒนา และ เริ่มต้น โดยสามารถแปลความหมายแต่ละระดับได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ระดับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (มหาวิทยาลัยเดลาแวร์ (UD), 2018)

ระดับคุณภาพ	ความหมาย
4	ดีมาก
3	กำลังพัฒนา
2	กำลังพัฒนา
1	เริ่มต้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้ออกแบบการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ยอดเยี่ยม ดี กำลังพัฒนา และ เริ่มต้น โดยสามารถแปลความหมายแต่ละระดับได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ระดับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

ระดับคุณภาพ	ความหมาย
4	ยอดเยี่ยม
3	ดี
2	กำลังพัฒนา
1	เริ่มต้น

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้ออกแบบการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณออกเป็นช่วงคะแนนร้อยละ 6 ระดับ โดยดัดแปลงจาก Ling (2018) สามารถแปลความหมายแต่ละระดับได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ระดับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ศรายุทธ ดวงจันทร์ ดัดแปลงจาก Ling, 2561)

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

โชติกา สงคราม (2562) ได้ออกแบบการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณออกเป็นช่วงคะแนน 4 ระดับ โดยดัดแปลงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) สามารถแปลความหมายแต่ละระดับได้ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ระดับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (โชติกา สงคราม ดัดแปลงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

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

จากการศึกษาสรุปได้ว่า เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบหลัก คือ การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย การพิจารณารูปแบบของปัญหา การพิจารณาสาระสำคัญของปัญหาหรือวิธีการแก้ปัญหา และ การออกแบบอัลกอริทึม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดัดแปลงเกณฑ์คะแนนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) โดยวัดจากพฤติกรรมดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 13 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณดัดแปลงเกณฑ์คะแนนจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560)

องค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ	เกณฑ์การให้คะแนน			
	4	3	2	1
การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้องครบถ้วนทั้งหมด	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้

ตารางที่ 13 (ต่อ)

องค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ	เกณฑ์การให้คะแนน			
	4	3	2	1
การคิดเชิงนามธรรม	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ถูกต้องครบถ้วนทั้งหมด	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้
การหารูปแบบ	เขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์	แก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วนโดยบางส่วนที่ไม่ถูกคือตัวแปรบางตัวสลับที่กัน ตัวแปรบางตัวขาดหายไป ตัวแปรบางตัวเพิ่มขึ้นมาในสมการทำให้เสียเวลาในการแก้ปัญหา	เขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้	ไม่สามารถเขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการ
การออกแบบขั้นตอนวิธี	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและแสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบและระบุ	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบได้ไม่	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการแสดงวิธีการคำนวณและระบุหน่วยเพื่อนำไปสู่คำตอบได้ไม่	ไม่สามารถนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการ แสดงวิธีการคำนวณและระบุหน่วยเพื่อนำไปสู่

ตารางที่ 13 (ต่อ)

องค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ	เกณฑ์การให้คะแนน			
	4	3	2	1
	หน่วยที่ถูกต้องได้	ถูกต้องหรือนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้และวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่ระบุหน่วย	ถูกต้อง	คำตอบได้

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดการแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยดัดแปลงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) เนื่องจากมีช่วงระดับการแปลผลคะแนนที่เหมาะสมและเป็นสถาบันที่น่าเชื่อถือ โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ยอดเยี่ยม ดี กำลังพัฒนา และ เริ่มต้น ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

ช่วงคะแนน (ร้อยละของคะแนนเต็ม)	ความหมาย
75-100	ยอดเยี่ยม
50-74	ดี
25-50	กำลังพัฒนา
ต่ำกว่า 25	เริ่มต้น

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมาย

Eysenck (1972) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าหมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียน โดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวของบุคคลใช้ความสามารถทางสติปัญญาหรือความสามารถทางด้านร่างกาย ทดสอบได้จากการสังเกต การตรวจการบ้านหรือเกรดของการเรียน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง จากที่ไม่เคยกระทำหรือกระทำน้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอน และเป็นพฤติกรรมที่วัดได้

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองของนักเรียนที่ได้จากการเรียนรู้การศึกษาค้นคว้า อบรม การสั่งสอน หรือได้จากประสบการณ์ที่ได้รับจากทางโรงเรียน บ้าน และแหล่งอื่น ๆ

ปราณี กองจินดา (2549) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความสามารถหรือลสำเร็จที่ได้จากกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนและประสบการณ์ ทั้งทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และ ทักษะพิสัย ซึ่งสามารถวัดได้จากการทดสอบด้วยวิธีการต่างๆ

พิมพ์ประภา อรัญมิตร (2552) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความรู้ความสามารถที่แสดงถึงความสำเร็จที่ได้จากการเรียนการสอนในวิชาต่าง ๆ ซึ่งสามารถวัดเป็นคะแนนได้จากแบบทดสอบทางภาคทฤษฎีหรือภาคปฏิบัติหรือทั้งสองอย่าง

จากการศึกษาความหมายผลสัมฤทธิ์ในการเรียน สรุปได้ว่า ผลสำเร็จที่ได้จากกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชานั้นๆ โดยวัดออกมาเป็น 3 ด้าน คือ พุทธิพิสัย จิตพิสัย และ ทักษะพิสัยซึ่งสามารถวัดได้จากการทดสอบทั้งทางภาคทฤษฎีหรือภาคปฏิบัติ

2. พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ได้กล่าวถึงการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการของเบนจามินบลูม (Bengamin S.Bloom) และคณะ เมื่อปีค.ศ.1956 ที่มีชื่อว่า อนุกรมวิธานของบลูม (Blooms' Taxonomy) ซึ่งก็คือการจัดจำแนกการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) สำหรับด้านพุทธิพิสัยนั้น บลูมได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ระดับที่ 1 ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge)เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนสามารถตอบเกี่ยวกับสาระหรือข้อเท็จจริง คำนิยาม ชื่อ สูตรต่าง ๆ หลักเกณฑ์ ทฤษฎี การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมว่าใช้ความสามารถในการจำและระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือเคยพบมาแล้วมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากความจำ เช่น

- สิ่งแวดล้อมหมายถึงอะไร
- ระบบสุริยะประกอบด้วยอะไรบ้าง
- โมเลกุลคืออะไร

2. ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ (Comprehension) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้ทั้งด้านความหมายความสัมพันธ์ และความรู้ที่เป็นโครงข่ายระหว่างแนวคิด (Network of Concepts) ทั้งหมดที่เรียน การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมหรือใช้ความสามารถในการอธิบาย บรรยาย แปลความหมาย ขยายความ สรุปอ้างอิงจากข้อมูล (Data) ที่ผ่านการประมวลเป็นสารสนเทศ (Information) แล้ว เช่น กราฟ แผนภูมิ ตาราง ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- เพราะเหตุใดในทะเลทรายจึงมีพืชดำรงชีวิตอยู่ได้น้อย
- ทำไมดวงจันทร์จึงมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละคืน
- เพราะเหตุใดจึงต้องสร้างเขื่อนให้ฐานเขื่อนมีความกว้างกว่าสันเขื่อน

3. ระดับที่ 3 ระดับการนำไปใช้ (Application)เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการหาคำตอบและแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการนำเอาข้อเท็จจริง (Fact) ความคิด (Idea) หลักการ (Principle) กฎ (Law) วิธีการ หรือสูตรต่าง ๆ มาใช้ในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการนำไปใช้ เช่น

- ถ้าอุ่นแกงไปเรื่อย ๆ จะเกิดอะไรขึ้นบ้าง
- ในการทำน้ำเชื่อม ถ้าอยากให้น้ำตาลทรายทั้งหมดละลายได้เร็วขึ้นจะทำอย่างไรได้บ้าง
- เราจะวัดความสูงของต้นไม้ได้อย่างไร

4. ระดับที่ 4 ระดับการวิเคราะห์ (Analyzation) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณและลึกซึ้ง เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลที่มีอยู่ได้โดยตรง มี 2 ลักษณะ คือ

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้ได้ข้อสรุปและหลักการที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้

4.2 วิเคราะห์ข้อสรุป ข้ออ้างอิง หรือหลักการต่าง ๆ เพื่อหาหลักฐานที่สนับสนุนหรือปฏิเสธข้อความนั้นการประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวให้กระจายออกเป็นส่วนย่อย ๆ จนกระทั่งมองเห็นความสำคัญ หาความสัมพันธ์และหลักการของเรื่องนั้นมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- การทดลองนี้ นักเรียนต้องควบคุมอะไรให้คงที่บ้าง
- ดาวศุกร์และโลกมีอะไรเหมือนกันและแตกต่างกันบ้าง
- ถ้าน้ำมันปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติหมดไปจากโลก จะส่งผลต่อมนุษย์อย่างไรบ้าง

5. ระดับที่ 5 ระดับการสังเคราะห์ (Synthesis)เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนสามารถคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ ทำนายสถานการณ์ในอนาคต คิดวิธีแก้ไขปัญหา การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกันหรือสร้างรูปแบบหรือแนวคิดใหม่ หรือการปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้นมาตอบคำถาม ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสังเคราะห์ เช่น

- เราจะวางแผนการบันทึกจำนวนแมลงที่บินเข้าและออกจากสวนได้อย่างไร

- ถ้าต้องอธิบายเรื่องความหนาแน่นให้น้องชั้น ป.4 เข้าใจ จะมีวิธีการอย่างไรบ้าง

- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่ง จะทำให้เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

6. ระดับที่ 6 ระดับการประเมินผล (Evaluation)เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนต้องใช้การตัดสินคุณค่า โดยต้องมีการตั้งเกณฑ์ในการประเมินและแสดงความเห็นในเรื่องนั้น ๆ ได้ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินโดยใช้เหตุผลมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินผล เช่น

- นักเรียนคิดว่าเหตุผลของนักดาราศาสตร์ในการตัดสินให้ดาวพลูโตเป็นดาวเคราะห์แคระในระบบสุริยะเพียงพอแล้วหรือไม่ เพราะเหตุใด

- นักเรียนคิดว่าการค้นพบทฤษฎีสัมพัทธ์ภาพของไอน์สไตน์มีประโยชน์หรือไม่ เพราะเหตุใด

- หากประเทศไทยจะประกาศให้การโคลนเป็นเรื่องที่ทำได้โดยถูกกฎหมาย นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด

Anderson (2001 อ้างใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) นักจิตวิทยาซึ่งเป็นลูกศิษย์ของบลูม ได้ทบทวนและปรับปรุงอนุกรมวิธานของ Bloom โดยใช้ชื่อว่า อนุกรมวิธานการเรียน การสอน และการประเมิน หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูม (Revised Bloom’s Taxonomy) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูมให้เป็นพลวัตมากยิ่งขึ้นโดยการเปลี่ยนแต่ละระดับของบลูมจากคำนามให้เป็นคำกิริยาเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิพิสัยซึ่งได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ระดับที่ 1 ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถจดจำหรือย้อนระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้แล้วสามารถนำความรู้ที่อยู่ในความทรงจำออกมาได้ ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากการจำ เช่น

- แรงใดบ้างจัดเป็นแรงไม่สัมผัส

- อะตอมคืออะไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง

- สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นอย่างไร

2. ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบาย สื่อสาร หรือแสดงให้เห็นความเข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ที่ได้เรียนซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการ ต่าง ๆ เช่น อธิบาย จำแนก เปรียบเทียบ สร้างแผนภูมิหรือแผนผังตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- แรงสัมผัสและแรงไม่สัมผัสเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร

- แผนภูมิแสดงความสูงของพืชแต่ละชนิดในหนึ่งสัปดาห์สามารถอธิบายเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้ว่าอย่างไร

- เพราะเหตุใดนักบินอวกาศจึงต้องสวมชุดอวกาศเมื่อออกไปปฏิบัติภารกิจภายนอกยานอวกาศ

3. ระดับที่ 3 ประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถลงมือทำหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประยุกต์ใช้ เช่น

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าแกงที่กำลังเดือดได้รับพลังงานความร้อนมากขึ้น

- ถ้านำพืชแต่ละชนิดไปวางไว้ในที่ที่ไม่มีแสงแดดส่องถึง พืชแต่ละชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร

- จะเลือกใช้วัสดุชนิดใดมาสร้างเสื้อกันฝน เพราะเหตุใด

4. ระดับที่ 4 วิเคราะห์ (Analyze) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถแจกแจง แยกแยะสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ออกเป็นองค์ประกอบหรือส่วนย่อย ๆ และพิจารณาความเกี่ยวข้องกันของส่วนย่อยแต่ละส่วน รวมถึงพิจารณาความเกี่ยวข้องของแต่ละส่วนย่อยกับสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ที่ได้แยกแยะออกมาตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- ปากใบมีความสำคัญอย่างไรต่อการทำหน้าที่ของใบพืช

- การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสารมีผลต่อการเกิดลมอย่างไร

- ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็งขั้วโลก และแต่ละปัจจัยมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

5. ระดับที่ 5 ประเมินค่า (Evaluate) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีวิพากษ์ (Criticize) ตรวจสอบ (Checking) ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินค่า เช่น

- แบบจำลองใดที่อธิบายเกี่ยวกับระบบสุริยะได้ครบถ้วนและใกล้เคียงกับข้อเท็จจริงมากที่สุด

- ถ้าต้องอธิบายเรื่องความหนาแน่นให้น้องชั้น ป.4 เข้าใจ จะมีวิธีการอย่างไรบ้าง

- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่ง จะทำให้เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

6. ระดับที่ 6 สร้างสรรค์ (Create) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถการนำส่วนย่อยต่าง ๆ หรือองค์ประกอบย่อย เข้ามาเชื่อมโยงกันเป็นภาพรวมของสิ่งของวัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยผ่านการออกแบบ การวางแผน การสร้าง การผลิต การก่อให้เกิด (Generating) ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสร้างสรรค์ เช่น

- เสนอแนวทางอื่น ๆ ที่จะทำให้ประเทศไทยมีพลังงานไว้ใช้ผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของคนทั้งประเทศ

- นักเรียนเห็นด้วยกับการนำเทคโนโลยีตัดต่อพันธุกรรมมาใช้กับผลผลิตทางการเกษตรหรือไม่ เพราะเหตุใด

- เพราะเหตุใดหมาป่าจึงไม่สามารถทำลายบ้านของหมูตัวที่ 3 ได้

- ถ้าสามารถเปลี่ยนตอนจบของนิทานเรื่องนี้ นักเรียนจะเปลี่ยนตอนจบของนิทานเรื่องนี้ให้เป็นอย่างไร

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2544) กล่าวถึง คำกริยาที่ใช้ในอนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยของบลูมมีรายละเอียดดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 อนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยของบลูม (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2544)

ระดับพุทธิพิสัย	ความหมาย	คำกริยาที่บ่งบอกถึงการกระทำ
จำได้	ความสามารถในการจำความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มา	นิยาม, จับคู่, เลือก, จำแนก, บอกคุณลักษณะ, บอกชื่อ, ให้แสดงรายชื่อ, บอกความสัมพันธ์
เข้าใจ	ความสามารถในการแปลความ ขยายความ และเข้าใจในสิ่งที่ได้เรียนรู้มา	แปลความหมาย, เปลี่ยนแปลงใหม่, แสดง, ยกตัวอย่าง, อธิบาย, อ้างอิง, แปลความหมาย, สรุป, บอก, รายงาน, บรรยาย, กำหนดขอบเขต
ประยุกต์	ความสามารถในการใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้มาเป็นวัตถุดิบก่อให้เกิดสิ่งใหม่	ประยุกต์ใช้, จัดกระทำใหม่, แก้ปัญหา, จัดกลุ่ม, นำไปใช้, เลือก, ทำโครงร่าง, ฝึกหัด, คำนวณ

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ระดับพุทธิพิสัย	ความหมาย	คำกริยาที่บ่งบอกถึงการกระทำ
วิเคราะห์	ความสามารถในการแยกความรู้ออกเป็นส่วนแล้วทำความเข้าใจในแต่ละส่วนว่าสัมพันธ์คือแตกต่างกันอย่างไร	จำแนก, จัดกลุ่ม, เปรียบเทียบ, สรุปย่อ, บอกความแตกต่าง, อธิบาย, วิเคราะห์, แยกส่วน, ทดสอบ, สำรวจ, ตั้งคำถาม, ตรวจสอบ, อภิปราย
สังเคราะห์	ความสามารถในการรวมความรู้ต่าง ๆ หรือประสบการณ์ต่าง ๆ ให้เกิดเป็นสิ่งแปลกใหม่	การออกแบบ, วางแผน, การแก้ปัญหา, การผลิต, การสร้างสูตร
ประเมินค่า	ความสามารถในการตัดสินคุณค่าอย่างมีเหตุมีผล	ตั้งราคา, ตัดสินคุณค่า, พิจารณา, สรุป, ประเมิน, ให้น้ำหนัก, กำหนดเกณฑ์, การเปรียบเทียบ, แก้ไข, ปรับปรุง, ให้คะแนน

จากการศึกษาพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดได้จากพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ด้าน คือ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า และ อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจากบลูมแบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้ จดจำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ โดยในงานวิจัยนี้วัดผลด้านพุทธิพิสัยในระดับจำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และวิเคราะห์

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1. ความหมาย

ล้วน สายยศ (2538) กล่าวถึงความหมายแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนหลังจากเรียนไปแล้ว

สมนึก ภัททิยธนี (2546) กล่างถึงความหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็นแบบทดสอบสมรรถภาพทางสมองต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2549) กล่าวถึงความหมายแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็นแบบทดสอบที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดผลการเรียนรู้ด้านเนื้อหาวิชาและทักษะต่างๆ ของแต่ละวิชาโดยเฉพาะสาขาวิชาที่จัดสอนในระดับต่างๆของแต่ละโรงเรียน ลักษณะของแบบทดสอบมีทั้งที่เป็นข้อเขียนและที่เป็นภาคปฏิบัติจริง

ชวาล แพรัตกุล (2552) กล่าวถึงความหมายแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้วซึ่งมักเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอ

บุญชม ศรีสะอาด (2556) กล่าวถึงความหมายแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระและตามจุดประสงค์ของวิชา หรือเนื้อหาที่สอบนั้น โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่างๆ ที่เรียนในโรงเรียน วทยาลัย มหาวิทยาลัย หรือ สถาบันการศึกษาต่างๆ

จากการศึกษาความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ใช้วัดผลการเรียนรู้ด้านเนื้อหาวิชาและทักษะต่างๆ ของแต่ละวิชาโดยเฉพาะ ตามเนื้อหาสาระและตามจุดประสงค์ของวิชา

3.2. ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมนึก ภัททิยธนี (2546) ได้กล่าวถึงการแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ครูสร้างขึ้น ที่นิยมใช้ มี 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด (True-false Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์และถูกต้อง แล้วให้เติมคำหรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้นเพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ (Short Answer Test) ข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตแบสั้นๆ มีการเขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบที่ต้องการโดยการตอบอย่างสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่วา แต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะจับคู่กับคำ

หรือข้อคามใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในส่วนของตอนเลือกนี้จะประกอบด้วย ตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง มีคำถามให้นักเรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่นๆ

ชวาล แพรัตกุล (2552) ได้กล่าวถึงการจำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้น เป็นข้อคำถามที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียน เป็นการทดสอบว่านักเรียนมีความรู้มากแค่ไหน บกพร่องในส่วนใดจะได้สอนซ่อมเสริม หรือเป็นการวัดเพื่อดูความพร้อมที่จะเรียนในเนื้อหาใหม่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของครู

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาหรือจากครูที่สอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้ง จนมีคุณภาพดีจึงสร้างเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบนั้น สามารถใช้หลักและเปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใดๆ ก็ได้ จะใช้วัดความงอกงามของเด็กแต่ละวัยในแต่ละกลุ่มแต่ละภาคก็ได้ จะใช้สำหรับครูวินิจฉัยผลสัมฤทธิ์ระหว่างวิชาต่างๆ ในเด็กแต่ละคนก็ได้ ข้อสอบมาตรฐานนอกจากจะมีคุณภาพของแบบทดสอบสูงแล้วยังมีมาตรฐานในด้านวิธีการดำเนินการสอบด้วย

บุญชม ศรีสะอาด (2556) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์ สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดี เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐาน ซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้นเมื่อ

เปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่าง ๆที่เรียนตามโรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัยหรือสถาบันการศึกษาต่าง ๆ

จากการศึกษาประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า สามารถแบ่งออกได้หลายประเภทตามเกณฑ์การจำแนก หากแบ่งตามการสร้างจะได้แบบทดสอบของครูและแบบทดสอบมาตรฐาน โดยแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นจะแบ่งได้เป็น 6 แบบ คือ ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียงข้อสอบแบบกาถูก-ผิด ข้อสอบแบบเติมคำ ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ ข้อสอบแบบจับคู่และข้อสอบแบบเลือกตอบ และหากแบ่งตามลักษณะการประเมินจะจำแนกได้เป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์ เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้ว่ามีความรู้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ แบบทดสอบอิงกลุ่มเป็นแบบทดสอบวัดความรู้ของแต่ละบุคคลว่ามีความรู้อยู่ระดับใดเมื่อเทียบกับบุคคลอื่น

การหาประสิทธิภาพ

1. ความหมาย

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2528) กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของบทเรียนว่า การสร้างชุดการสอนก่อนนำไปใช้จริงควรมีการทดลองแก้ไขปรับปรุงให้ได้มาตรฐาน โดยเป็นการนำชุดการสอนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้จริง โดยเสนอแนวทางในการหาประสิทธิภาพโดยยึดสมรรถฐาน คือ เกณฑ์ 90/90 โดยมีสูตรดังนี้

1. การหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

$$E_1 = \frac{\Sigma X}{\frac{N}{A}} \times 100$$

เมื่อ E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ

ΣX หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบฝึกหัดหรือการประกอบกิจกรรมการเรียนระหว่างเรียน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหรือการประกอบกิจกรรมการเรียนระหว่างเรียน

2. การหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma Y}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ΣY หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

เผชิญ กิจระการ (2544) กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของบทเรียนว่า เป็นความสามารถของบทเรียนในการสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ถึงระดับเกณฑ์ที่คาดหวัง ประสิทธิภาพที่วัดออกมาจะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การทำแบบฝึกหัดหรือกระบวนการปฏิสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ การทำแบบทดสอบเมื่อจบบทเรียน แสดงค่าตัวเลข 2 ตัว เช่น E_1/ E_2 = 80/ 80, E_1/ E_2 = 85/ 85, E_1/ E_2 = 90/ 90 เป็นต้น โดยตัวแรก (E_1) คือ เปอร์เซ็นต์ของผู้ทำแบบทดสอบถูกต้อง ถือเป็นประสิทธิภาพของประบวนการ และตัวที่สอง (E_2) คือ เปอร์เซ็นต์ของผู้ทำแบบทดสอบถูกต้อง ถือเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของบทเรียนว่า เป็นการทดสอบประสิทธิภาพ (Developmental Testing) เป็นกระบวนการควบคุมและประกันคุณภาพ เพื่อให้แน่ใจว่าต้นแบบชิ้นงานของผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพจริง ก่อนที่จะนำไปเผยแพร่หรือใช้จริง รวมถึงการผลิตสื่อและชุดการสอนที่เป็นต้นแบบชิ้นงานใหม่เช่นเดียวกัน จำเป็นที่ต้องผ่านการทดสอบประสิทธิภาพก่อนที่จะให้ครูนำไปใช้กับนักเรียน โดยดำเนินการตามกระบวนการ 2 ขั้นตอน คือ การทดลองใช้เบื้องต้น (Tryout) และการทดลองใช้จริง (Trial Run) ซึ่งมีวิธีการทดสอบประสิทธิภาพโดยการใช้สูตร E1/ E2 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการ (Process-E1) และทดสอบประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (Product-E2)

1. การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดลอบประสิทธิภาพใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2. การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพและปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วย ทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์การเรียนที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาคการศึกษาเป็นอย่างน้อย เพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่และผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

จากการศึกษาความหมายของประสิทธิภาพ สรุปได้ว่า การหาประสิทธิภาพเป็น การหาความสามารถของบทเรียนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ถึงระดับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยแสดงค่า 2 ตัว คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

2. การกำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพ

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2546) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การกำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพว่า การกำหนดค่าการหาประสิทธิภาพเป็น E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งการที่กำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 มีค่าเท่าใดนั้น ผู้ที่สอนเป็นผู้พิจารณาโดยเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำ มักจะตั้งค่าไว้เป็น 80/80 , 85/85 และ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้เช่น 75/75 เป็นต้น

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การกำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพว่า การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียวเพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้ เช่น เมื่อมีการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว ตั้งเกณฑ์ไว้ 60/60 แบบกลุ่ม ตั้งไว้ 70/70 ส่วนแบบสนาม ตั้งไว้ 80/80 ถือว่า เป็นการตั้งเกณฑ์ที่ไม่ถูกต้องอนึ่ง เนื่องจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้เป็นเกณฑ์ต่ำสุด ดังนั้นหากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อนต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ก็ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ลักษณะ คือพฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ, E_1) และ พฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์, E_2) การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง คือ การประเมินพฤติกรรมย่อยๆ หลายๆ อย่างเรียกว่า กระบวนการ (process) การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย คือ การประเมินผลลัพธ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในเนื้อหาแต่ละหน่วย โดยพิจารณาผลการสอบหลังเรียน เกณฑ์ประสิทธิภาพมีหลายเกณฑ์ เช่น 75/75 80/80 85/85 90/90 และ 95/95 ผู้วิจัยต้องพิจารณาตั้งตามความเหมาะสม โดยปกติเนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งเกณฑ์ไว้สูงสุดที่ 80/80 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ทางด้านทักษะหรือเจตคติที่จำเป็นจะต้องใช้ระยะค่อนข้างยาวนาน ที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะหรือเปลี่ยนแปลงเจตคติได้ จะต้องใช้เวลาไปฝึกฝนและพัฒนา ไม่สามารถทำให้ถึงเกณฑ์ระดับสูงได้ในห้องเรียนหรือในขณะที่เรียนจึงอนุโลมให้ตั้งต่ำลง เช่น 75/75 เป็นต้น แต่ไม่ต่ำกว่า 75/75 เพราะเป็นระดับความพอใจต่ำสุด จึงไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำกว่านี้

จากการศึกษาการกำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพสรุปได้ดังนี้

1. เนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ความจำ จะตั้งเกณฑ์ไว้ที่ 80/80 85/85 หรือ 90/90

2. เนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ทางด้านทักษะหรือเจตคติที่จำเป็นจะต้องใช้ระยะค่อนข้างยาวนาน ที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะหรือเปลี่ยนแปลงเจตคติได้ ตั้งต่ำกว่า เช่น 75/75

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยาก และซับซ้อน ผู้วิจัยจึงได้ตั้งเกณฑ์ของประสิทธิภาพของการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เท่ากับ 75/75 หมายถึง ค่าตัวเลขที่บอกถึงประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เมื่อนำไปใช้แล้วทำให้นักเรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดตามเกณฑ์ 75/75 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทุกบทเรียน หาค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมและคิดเป็นร้อยละ 75

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเป็นฐาน

พิชิตทอง ครองพลขวา (2559) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความใฝ่รู้ใฝ่เรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และความใฝ่รู้ใฝ่เรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่4 โรงเรียนผดุงนารี จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 83 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 5 แผน รวม 15 ชั่วโมง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความยากง่าย (p) ระว่าง 0.21 - 0.75 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.22 - 0.77 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88 แบบวัดความใฝ่รู้ใฝ่เรียน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ (r) อยู่ระหว่าง 0.34 – 0.80 และความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94 แบบสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีของ Weir และแบบสังเกตพฤติกรรมความใฝ่รู้ใฝ่เรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน คือค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ Wilcoxon Rank Test ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้ 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ที่ 1-5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความใฝ่รู้ใฝ่เรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์มีพฤติกรรม

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ระหว่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1-5 อยู่ในระดับสูง และ 4) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีพฤติกรรมความใฝ่รู้ใฝ่เรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ที่ 1-5 อยู่ในระดับสูง

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2563) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกวิชาฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกวิชาฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบแผนการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุม และทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (Pretest-Posttest Control Group Design) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น 35 คน และ กลุ่มควบคุม 30 คน ที่มีการสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่า t ผลการวิจัย พบว่า 1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกวิชาฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ จัดเตรียมความพร้อมร่วมพิจารณาปัญหา วิเคราะห์วางแผนแก้ปัญหา นำเสนอแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และประเมินผล ผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า 1.รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก 2.ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง มีทักษะการแก้ปัญหา และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Argaw (2016) ได้ศึกษาผลของการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ต่อแรงจูงใจของนักเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้ 1) เพื่อศึกษาผลของการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน 2) เพื่อศึกษาผลของการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ต่อแรงจูงใจของนักเรียนในการเรียนรู้ฟิสิกส์ 3) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างทางเพศในทักษะการแก้ปัญหาและแรงจูงใจในการเรียนฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนเกรด 12 จำนวน 81 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะการแก้ปัญหาของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ 2) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแรงจูงใจของนักเรียนในการเรียนรู้ฟิสิกส์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 3) ไม่มีความแตกต่างทางเพศในทักษะการแก้ปัญหา 4)

ไม่มีความแตกต่างทางเพศในแรงจูงใจในการเรียนรู้ฟิสิกส์ และ 5) PBL เป็นวิธีการสอนที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับการสอนฟิสิกส์ เมื่อเทียบกับวิธีการสอนทั่วไป เนื่องจากนักเรียนในกลุ่มทดลองทำได้ดีกว่านักเรียนในกลุ่มเปรียบเทียบ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเป็นฐาน สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นรูปแบบการสอนที่มีลักษณะให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา โดยเป็นการเน้นขั้นตอนและกระบวนการคิด พบว่า สามารถเสริมสร้างให้นักเรียนเกิดทักษะในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ โดยเป็นรูปแบบที่ไม่มีความแตกต่างทางเพศในทักษะการแก้ปัญหา และเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการสอนในวิชาฟิสิกส์

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนบนเว็บ

อินธิรา ดำรงกุล (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนบนเว็บด้วยเทคนิคปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การออกแบบฐานข้อมูล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาบทเรียนบนเว็บด้วยเทคนิคปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การออกแบบฐานข้อมูล ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพ 2) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน 3) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บที่พัฒนาด้วยเทคนิคปัญหาเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเว็บด้วยเทคนิคปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การออกแบบฐานข้อมูล กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหนองเรือวิทยา อำเภอหนองเรือ จังหวัดขอนแก่น จำนวน 100 คน แบ่งเป็นกลุ่มนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จำนวน 50 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ 1) บทเรียนบนเว็บที่พัฒนาด้วยเทคนิคปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่องการออกแบบฐานข้อมูล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) แบบประเมินคุณภาพบทเรียนบนเว็บ 3) แบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การออกแบบฐานข้อมูล 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้บนเว็บที่พัฒนาขึ้น สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การหาประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์เมกุยแกนส์ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test (Independent Sample) ผลการวิจัยการพัฒนาบทเรียนบนเว็บด้วยเทคนิคปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การออกแบบฐานข้อมูล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยบทเรียนที่พัฒนาขึ้นเป็นบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ สามารถดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและนำเสนอเนื้อหาความรู้ในเรื่อง การออกแบบฐานข้อมูล ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้น 1) บทเรียนบนเว็บ

ที่พัฒนาด้วยเทคนิคปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์เมกุยแกนส์ เท่ากับ 1.08 2) นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเว็บที่พัฒนาด้วยเทคนิคปัญหาเป็นฐาน พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) บทเรียนบนเว็บที่พัฒนาด้วยเทคนิคปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทำให้กลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และ 4) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนผ่านเว็บเพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์เรื่อง การออกแบบฐานข้อมูล อยู่ในระดับมากที่สุด

ไกยสิทธิ์ อภิระติง (2562) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนออนไลน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง การแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศรีวิชัยวิทยา จังหวัดนครปฐม การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนออนไลน์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศรีวิชัยวิทยา 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 39 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ บทเรียนออนไลน์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสถิติที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนออนไลน์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศรีวิชัยวิทยา มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.48/81.37 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนออนไลน์ที่พัฒนาขึ้น โดยรวมอยู่ในระดับมาก

Radha (2020) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ด้วย E-Learning ในช่วงล็อกดาวน์ของ Covid-19 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการ E-Learning ของนักเรียนที่คุ้นเคยกับเทคโนโลยีบนเว็บ นอกจากนี้ยังช่วยค้นหาแนวทางแก้ไขเพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นถูกนำมาใช้ในการศึกษานี้ และขนาดกลุ่มตัวอย่างคือ 175 ทั่วโลก ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความสนใจในการเรียนรู้ด้วย E-Learning และผลการปฏิบัติงาน สรุปได้ว่า

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า E-learning ได้รับความนิยมจากนักศึกษาทั่วโลกเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะช่วง Lockdown อันเนื่องมาจากการระบาดของ COVID-19

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนบนเว็บ สรุปได้ว่า บทเรียนบนเว็บเป็นแพลตฟอร์มที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในช่วงของสถานการณ์ COVID-19 ที่มีการจัดการเรียนการสอนที่ไม่แน่นอน เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนการสอนยึดตามสถานการณ์จริงของโรงเรียนเป็นหลัก และเมื่อทำการพัฒนาบทเรียนบนเว็บเว็บร่วมกับเทคนิคปัญหาเป็นฐาน พบว่า สามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ได้ศึกษาผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.ศึกษาระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์และ 2.เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ กลุ่มเป้าหมายการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคการศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 34 คน การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีรูปแบบการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง มีการเก็บข้อมูลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบทีเทียบกับเกณฑ์และสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนอยู่ในระดับดี 2.นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โชติกา สงคราม (2562) ได้ศึกษาการวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้เข้าร่วมวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 42 คน ของโรงเรียนเนินมะปรางศึกษาวิทยา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง ความน่าจะเป็น จำนวน 4 แผน 2) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ 3) ใบกิจกรรม และ 4) แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัย

พบว่า 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหา ขั้นที่ 2 การทำความเข้าใจกับปัญหา ขั้นที่ 3 การดำเนินการศึกษาค้นคว้า ขั้นที่ 4 การสังเคราะห์ความรู้ ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปผลและประเมินค่าของคำตอบ ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน พบว่า สิ่งที่ควรเน้นคือ ครูควรเริ่มต้นด้วยการทบทวนหลักการเขียนอัลกอริทึมก่อน เพื่อให้นักเรียนมีพื้นฐานที่ดีและสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง และ ควรเตรียมการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติม เช่น การพิจารณาสาระสำคัญ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ละเข้าใจมากขึ้น 2) นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับยอดเยี่ยม กล่าวคือ นักเรียนร้อยละ 78.57 สามารถแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ นักเรียนร้อยละ 83.33 และสามารถพิจารณารูปแบบของปัญหาได้ นักเรียนร้อยละ 57.46 สามารถพิจารณาสาระสำคัญของปัญหาได้ และนักเรียนร้อยละ 52.38 สามารถออกแบบอัลกอริทึมได้

ชววรรณ แปงการิยา (2563) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยกลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 28 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ใบกิจกรรม และแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบบแยกประเด็น ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับยอดเยี่ยม หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เมื่อพิจารณาความสามารถในองค์ประกอบย่อยของการคิดเชิงคำนวณ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย การพิจารณารูปแบบของปัญหาหรือวิธีการแก้ปัญหา และการพิจารณาสาระสำคัญของปัญหาอยู่ในระดับยอดเยี่ยม สำหรับความสามารถในการออกแบบอัลกอริทึมของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี

Leonard (2016) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 124 คน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบหุ่นยนต์และเกมมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมการสอนทางคอมพิวเตอร์ แสดงให้เห็นว่าการคิดเชิงคำนวณควรส่งเสริมด้วยกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนได้แก้ปัญหาผ่านการออกแบบ และสร้างชิ้นงานขึ้นมา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ สรุปได้ว่าความสามารถในการคิดเชิงคำนวณจะถูกพัฒนาได้เมื่อจัดรูปแบบกิจกรรมในลักษณะที่ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหา มีการออกแบบและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง เช่น ปัญหาเป็นฐาน สะเต็ม

ศึกษา หรือ การเล่นเกม เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and development) เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอนแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 สำรวจและศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

ระยะที่ 2 การพัฒนานวัตกรรม

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้นวัตกรรม

ระยะที่ 1 สำรวจและศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 104 คน จากห้องเรียนปกติ 3 ห้องเรียน

2. กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 จำนวน 34 คน

3. วิธีดำเนินการ

3.1. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้ทราบถึงตัวชี้วัด คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อกำหนดเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ โดยมีการแบ่งเนื้อหาดังนี้

ตารางที่ 16 แสดงรายละเอียดการแบ่งเนื้อหาการเรียนรู้

เนื้อหา	จำนวนชั่วโมง
โมเมนตัม	2
แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	2
การดลและแรงดล	2
กฎทรงโมเมนตัม	2
การชนใน 1 มิติ	2
การชนใน 2 มิติ	2

3.2. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่างๆ

3.3. ศึกษาบริบทของสังคมโลกในปัจจุบัน และแนวโน้มในอนาคต ว่าเป็นสังคมรูปแบบใด เพื่อที่จะพัฒนาผู้เรียนให้สามารถดำรงอยู่ในสังคมโลกปัจจุบันได้

4. การสังเคราะห์ข้อมูลและสรุปข้อมูล พบว่า ในปัจจุบันสังคมโลกเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 จึงจำเป็นต้องเตรียมทักษะสำคัญในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลากับนักเรียน โดยการพัฒนาทักษะที่สำคัญทักษะหนึ่งในศตวรรษที่ 21 คือ การคิดเชิงคำนวณ ที่เป็นทักษะพื้นฐานสำหรับทุกคนโดยเป็นกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา จากการสังเกตการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ พบว่า นักเรียนสามารถตอบคำถามในส่วนของความรู้ความจำได้ดีและจำสมการได้ แต่นักเรียนไม่สามารถนำองค์ความรู้มาแก้ปัญหาโจทย์สถานการณ์และวิเคราะห์โจทย์อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ เพื่อเป็นการยืนยันปัญหาการคิดเชิงคำนวณ ผู้วิจัยได้นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัย 2 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การย่อยปัญหา การหารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรม และ การออกแบบขั้นตอนวิธี มาทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 34 คน ปรากฏผลดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 จำนวน 34 คน

เลขที่	ร้อยละ	ความหมาย	เลขที่	ร้อยละ	ความหมาย
1	54.17	ดี	18	25	เริ่มต้น
2	45.83	กำลังพัฒนา	19	50	ดี
3	41.67	กำลังพัฒนา	20	29.17	กำลังพัฒนา
4	41.67	กำลังพัฒนา	21	45.83	กำลังพัฒนา
5	37.5	กำลังพัฒนา	22	70.83	ดี
6	50	ดี	23	54.16	ดี
7	54.17	ดี	24	41.66	กำลังพัฒนา
8	29.16	กำลังพัฒนา	25	45.83	กำลังพัฒนา
9	45.83	กำลังพัฒนา	26	33.33	กำลังพัฒนา
10	50	ดี	27	62.5	ดี
11	58.33	ดี	28	33.33	กำลังพัฒนา
12	37.5	กำลังพัฒนา	29	37.5	กำลังพัฒนา
13	45.83	กำลังพัฒนา	30	45.83	กำลังพัฒนา
14	33.33	กำลังพัฒนา	31	41.66	กำลังพัฒนา
15	66.67	ดี	32	37.5	กำลังพัฒนา
16	41.67	กำลังพัฒนา	33	58.33	ดี
17	45.83	กำลังพัฒนา	34	29.16	กำลังพัฒนา

จากตารางที่ 17 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับกำลังพัฒนา ซึ่งเป็นช่วงร้อยละ 25-49 จำนวน 23 คน นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นช่วงร้อยละ 50-74 จำนวน 11 คนดังตารางที่ 17 ดังนั้น จึงแสดงให้เห็นว่านักเรียนควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ ดังกล่าว ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมในลักษณะที่ให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา มีการออกแบบและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองสามารถส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณได้ (Palts & Pedaste, 2020) ผู้วิจัยจึงทำการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ ซึ่งบทเรียนบนเว็บนั้นเป็นลักษณะของเว็บสนับสนุนรายวิชา เพื่อที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน

ระยะที่ 2 การพัฒนานวัตกรรม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1.1. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.2. ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

1.3. ศึกษาเนื้อหาในรายฟิสิกส์ ในเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ 1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องโมเมนตัมและการชน ซึ่งใช้เฉพาะโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เท่านั้น เพื่อวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สถานการณ์ปัญหา และจำนวนชั่วโมงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อนำมาแบ่งเนื้อหา ดังรายละเอียดตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สาระการเรียนรู้ สถานการณ์ปัญหา และชั่วโมงเรียน

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา	เวลา (ชั่วโมง)
อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม	โมเมนตัม	โมเมนตัม เป็นปริมาณหนึ่งที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้น ตามความสัมพันธ์ว่า $\vec{P} = m\vec{v}$	กำหนดสถานการณ์ ในเช้าวันหนึ่ง สภ.ได้รับแจ้งมีอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์และรถยนต์หักหลบรถเก๋งที่กลับรถตัดหน้าทำให้รถจักรยานยนต์และรถยนต์เบรคกะทันหัน ซึ่งรถยนต์เบรคอย่างรวดเร็วจึงเกิดรถสะบัดพุ่งชนราวสะพาน เมื่อไปจุดเกิดเหตุพบนาย A (นามสมมุติ) อายุ 40 ปี ที่ เป็นคนขับรถยนต์ยืนรอให้การกับตำรวจ โดยรถยนต์มีรอยบุบที่ฝั่งด้านขวาและนาย B (นามสมมุติ) อายุ 28 ปี ที่เป็นคนขับรถจักรยานยนต์ ซึ่งเบรคทันจึงมีสภาพรถปกติ เมื่อได้รับข้อมูลมาว่ารถทั้งสองคันขับมาด้วยความเร็วเท่ากันคือ 20 เมตร/วินาที รถยนต์มีมวล 2000 กิโลกรัม และ รถจักรยานยนต์มีมวล 110 กิโลกรัม จากอุบัติเหตุนี้รถทั้งสองคันขับด้วยความเร็วเท่ากันเหตุใดรถยนต์จึงเสียหายหนักกว่า	2
อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมข	แรงและการ	จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน “ เมื่อแรงลัพธ์ซึ่งมีขนาดไม่เป็นศูนย์มา	กำหนดให้นักเรียนเป็นพนักงานขายรถยนต์ที่โชว์รูมแห่งหนึ่งซึ่งทำหน้าที่หลัก ๆ เช่น การเสนอขายรถยนต์ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า ดูแลให้คำแนะนำ	2

ตารางที่ 18 (ต่อ)

<table>
<tr><th>ผลการเรียนรู้</th><th>สาระการเรียนรู้</th><th>สาระสำคัญ</th><th>สถานการณ์ปัญหา</th><th>เวลา (ชั่วโมง)</th></tr>
<tr>
<td>องวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม</td>
<td>เปลี่ยนโมเมนตัม</td>
<td>กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุและขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์และแปรผกผันกับมวลของวัตถุ” เมื่อพิจารณาวัตถุมวล m กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $\vec{U}$ มีแรงคงที่ $\vec{F}$ มากระทำต่อวัตถุในช่วงเวลา $\vec{\Delta t}$ เป็นผลให้วัตถุมีความเร็วเป็น $\vec{V}$ เมื่อใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน จะได้
$$\vec{F} = \frac{m\vec{v} - m\vec{u}}{\vec{\Delta t}} = \frac{\vec{\Delta P}}{\vec{\Delta t}}$$</td>
<td>เกี่ยวกับสินค้าและบริการ เป็นต้น อยู่มาวันหนึ่งมีลูกค้ามาติดต่อขอดูรถยนต์ซึ่งต้องการรถยนต์ที่เมื่อวิ่งด้วยความเร็วคงที่ 90 กิโลเมตร/ชั่วโมง แต่สามารถบังคับรถให้หยุดได้ภายในเวลา 5 วินาที โดยโชว์รูมมีรายละเอียดรถยนต์แต่ละรุ่นดังนี้
<table>
<tr><th>รุ่น</th><th>มวลรถยนต์ (Kg)</th><th>แรงในการหยุดรถ (N)</th></tr>
<tr><td>A</td><td>1,320</td><td>6,450</td></tr>
<tr><td>B</td><td>1,450</td><td>6,041</td></tr>
<tr><td>C</td><td>1,500</td><td>6,250</td></tr>
<tr><td>D</td><td>1,780</td><td>7,420</td></tr>
<tr><td>E</td><td>1,480</td><td>7,400</td></tr>
</table>
</td>
<td>2</td>
</tr>
</table>

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา	เวลา (ชั่วโมง)
อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม	การดลและแรงดล	ถ้าต้องการให้โมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนไปค่าหนึ่ง เราอาจทำได้โดยออกแรงที่มีค่ามาก กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้นๆ หรือออกแรงที่มีค่าน้อยแต่กระทำต่อวัตถุเป็นเวลานานก็ได้นั่นคือทั้งแรงและช่วงเวลา ที่แรงกระทำต่อวัตถุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ ถ้าให้ F เป็นแรงคงที่ที่กระทำต่อวัตถุในช่วง เวลา t ผลคูณของผลรวม F กับ t จะเรียกว่า การดล (Impulse) และเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ I ส่วนแรง F (Impulsive Force) ที่กระทำ	กำหนดสถานการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นที่หมู่บ้านแห่งหนึ่งส่งผลให้หมู่บ้านนี้ถูกตัดขาดจากโลกภายนอก ดังนั้น จึงต้องทำการขนส่งถุงยังชีพที่มีเสบียงต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ด้วยการขนส่งทางอากาศ และในการขนส่งห้ามให้เกิดความเสียหายแก่ถุงยังชีพ โดยการปฏิบัติภารกิจในครั้งนี้ทีมของนักเรียนได้รับมอบหมายในการทำภารกิจ เมื่อกำหนดให้ไข่ไก่แทนถุงยังชีพ และความสูงของการขนส่งทางอากาศคือตึก 1 ชั้น ซึ่งมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการทำภารกิจประกอบไปด้วย 1. กระดาษ A 4 จำนวน 1 แผ่น 2. แก้วพลาสติก จำนวน 1 ใบ 3. ถุงพลาสติก จำนวน 1 ใบ 4. หลอดพลาสติก จำนวน 5 หลอด 6. ไม้ไอติม จำนวน 5 ไม้ 7. ไม้ลูกชิ้น จำนวน 1 คู่ 8. หนังยาง จำนวน 5 เส้น 9. เชือก จำนวน 1 เส้น 10. เทปกาว จำนวน 1 ม้วน	2

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา	เวลา (ชั่วโมง)
		เรียกว่า แรงดล ดังนั้นจะเขียนสมการของการดลได้ดังนี้ $I = \vec{F}\Delta\vec{t} = m\vec{v} - m\vec{u}$		
ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	กฎทรงโมเมนตัม	เมื่อวัตถุสองก้อนเคลื่อนที่เข้าชนกัน ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่ก้อนหนึ่งวิ่งไปชนอีกก้อนหนึ่งซึ่งอยู่กับที่ หรือก้อนหนึ่งวิ่งไล่ตามอีกก้อนหนึ่งแล้วไปชนกัน หรือต่างเคลื่อนที่เข้าหากันแล้วชนกัน ขณะที่ชนกันนั้น วัตถุทั้งสองก้อนต่างก็จะออกแรงกระทำซึ่งกันและกันด้วยแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน และในการที่วัตถุสองก้อนชนกัน แต่ละก้อน	กำหนดสถานการณ์การทำงานของปืน ปืนเป็นอาวุธที่ทรงประสิทธิภาพ เพราะเพียงแค่มีลูกตะกั่วเล็ก ๆ ที่เรียกว่ากระสุนกับกระบอกปืนมาทำงานร่วมกัน ก็มีอำนาจทำลายล้าง ซึ่งอาจทำให้มนุษย์หรือสัตว์ที่ถูกปืนยิง เกิดการบาดเจ็บ พิการ หรือแม้แต่เสียชีวิตได้เลยทีเดียว โดยหากเรายิงปืนออกไปจะรู้สึกเหมือนมีแรงสะท้อนกลับมา ในกรณีการทำงานของปืน วัตถุที่หนึ่งจะหมายถึงนกหรือเข็มแทงชนวนซึ่งเป็นส่วนที่ถูกปล่อยไปกระทบกับชนวนท้ายกระสุนปืนที่เป็นวัตถุที่สอง เมื่อเหนี่ยวไกปืน เข็มแทงชนวนกับกระสุนปืนจะกระทบกัน และเกิดแรงซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน คือ ทุก ๆ แรงกิริยา จะมีแรงปฏิกิริยาในปริมาณที่เท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้ามกระทำกลับมา หรือ แรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา เขียนเป็นสมการได้ว่า F12 = -F21 นั่นหมายความว่าเมื่อเข็มแทงชนวนกระทบกับกระสุนปืน กระสุนปืนจะพุ่งออกจากปากกระบอกปืนไปข้างหน้า ขณะที่กระบอกปืนจะเคลื่อนที่ถอยหลังในตรงกันข้ามกับทิศทางของกระสุนปืน	2

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา	เวลา (ชั่วโมง)
		ย่อมจะมีการเปลี่ยนโมเมนตัมในเวลาที่เท่ากัน ในเมื่อแต่ละก้อนออกแรงกระทำเท่ากัน ก็หมายความว่าแต่ละก้อนมีอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมเท่ากันในเวลาเดียวกัน กล่าวคือในการชนกันของวัตถุสองก้อน ก้อนหนึ่งจะมีโมเมนตัมลดลง อีกก้อนหนึ่งจะมีโมเมนตัมมากขึ้น โมเมมตัมที่ลดลงของก้อนหนึ่ง จะเป็นโมเมนตัมที่เพิ่มขึ้นของอีกก้อนหนึ่ง ซึ่งแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาของวัตถุย่อมเท่ากันเสมอ แต่มีทิศตรงกันข้ามดังนั้น	และนั่นเป็นสาเหตุที่ทำให้เรารู้สึกว่ามีแรงสะท้อนกลับมา หากเราทราบว่า กระสุนปืนมีมวล 0.0021 กิโลกรัม กระบอกปืนมีมวล 1.269 กิโลกรัม และความเร็วของกระสุนปืนที่ยิงออกไปเท่ากับ 390 เมตร/วินาที ความเร็วของกระบอกปืนที่เคลื่อนที่เข้าหาตัวเราจะมากหรือน้อยกว่าความเร็วของกระสุนปืน	2

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา	เวลา (ชั่วโมง)
		$\overrightarrow{F_1} = \overrightarrow{F_2}$ $\overrightarrow{F_1}\Delta\vec{t} = \overrightarrow{-F_2}\Delta\vec{t}$ จะทำให้ได้กฎทรงโมเมนตัมของวัตถุ ดังนี้ $m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$ $\Sigma\vec{P}$ ก่อนชน = $\Sigma\vec{P}$ หลังชน		2
ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกัน	การชนใน 1 มิติ	การชนกันใน 1 มิติ หมายถึง การชนที่มีทิศของโมเมนตัมก่อนและหลังการชนอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน มีชนิดของการชน 2 ชนิด คือ 1.การชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision) คือ การชนกันของวัตถุที่ชนแล้วไม่ติดกัน ซึ่งการชนแบบ	กำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนเป็นเจ้าหน้าที่พิสูจน์หลักฐาน ได้รับการแจ้งเหตุว่าเกิดอุบัติเหตุมีรถยนต์ของมานะมวล 2000 กิโลกรัม ขับพุ่งเข้าชนกับรถยนต์ของพิพิมมวล 3000 กิโลกรัม ซึ่งจอดเทียบฟุตบาตอยู่นิ่ง โดยภายหลังการชนพบว่ารถทั้งสองคันนี้ติดกันและไถลไปได้ไกล 5 เมตร แล้วหยุด เมื่อมาถึงที่เกิดเหตุพิพิมได้แจ้งว่ามานะขับรถเร็วมากน่าจะเกินกว่าที่กฎหมายกำหนดไว้จนทำให้เกิดอุบัติเหตุในครั้งนี้ (กฎหมายกำหนดคือไม่เกิน 90 กิโลเมตร/ชั่วโมง) ในขณะที่มานะได้ปฏิเสธและบอกว่าตนขับรถมาด้วยความเร็วไม่มาก แต่เพราะมีสุนัขวิ่งตัดหน้ารถจึงทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น ดังนั้น เจ้าหน้าที่พิสูจน์หลักฐาน จึงได้รับภารกิจในการ	2

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา	เวลา (ชั่วโมง)
ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม		นี้เป็นการชนที่ทำให้โมเมนตัมรวมก่อนชน = โมเมนตัมรวมหลังชน และ พลังงานจลน์รวมก่อนชน = พลังงานจลน์รวมหลังชน 2. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น (Inelastic collision) การชนแบบนี้เป็นการชนที่ทำให้โมเมนตัมรวมก่อนชน = โมเมนตัมรวมหลังชน และ พลังงานจลน์รวมก่อนชน ≠ พลังงานจลน์รวมหลังชน	พิสูจน์หาความจริงในเรื่องนี้ เมื่อได้รับข้อมูลมาว่าถนนมีความเสียดทาน 8000 นิวตัน และ ความเร็วหลังชนของรถทั้งสอง 4 เมตรต่อวินาที	2
ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ	การชนใน 2 มิติ	การชนใน 2 มิติ เป็นการชนกันของวัตถุ 2 ก้อนที่ภายหลังชนกันแล้วแยกไปคนละทาง และไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์ ในการ	กำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนเป็นเจ้าหน้าที่พิสูจน์หลักฐาน อยู่มาวันหนึ่งได้รับแจ้งเหตุว่ามีอุบัติเหตุรถชนกันเกิดขึ้นที่บริเวณเขื่อนลำตะคองขณะที่ฝนกำลังตก พบว่าเป็นรถตู้คันหนึ่งมีมวล 3 ตัน วิ่งเข้ามาชนรถกระบะมวล 2 ตันที่จอดอยู่ ซึ่งภายหลังการชนทำให้รถตู้และรถกระบะเบี่ยงเบนไปจากแนวเดิมและทำมุม 90 องศา ส่งผลให้ผู้โดยสารบนรถตู้ได้รับบาดเจ็บทุกคน มีผู้โดยสารคนหนึ่งแจ้งว่า	2

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	สถานการณ์ปัญหา	เวลา (ชั่วโมง)
ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม		คำนวณใช้หลักเกณฑ์ดังนี้ โมเมนตัมรวมก่อนชนในแนวแกน x = โมเมนตัมรวมหลังชนในแนวแกน x โมเมนตัมรวมก่อนชนในแนวแกน y = โมเมนตัมรวมหลังชนในแนวแกน y พลังงานจลน์รวมก่อนชน = พลังงานจลน์รวมหลังชน ในแนวแกน x $m_1u_1 + 0 = m_1v_1\cos\theta_1 + m_2v_2\cos\theta_2$ ในแนวแกน y $0 = m_1v_1\sin\theta_1 + m_2v_2\sin\theta_2$	คนขับรถตู้ขับรถเร็วมากแม้ฝนจะตกหนักและผู้โดยสารทุกคนก็ได้เตือนให้ขับช้าลงแต่คนขับรถตู้ก็ไม่ฟังจนทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น ทำให้ผู้โดยสารคาดว่าคนขับรถตู้ขับรถเกินกว่าที่กฎหมายกำหนดไว้ (กฎหมายกำหนดคือไม่เกิน 90 กิโลเมตร/ชั่วโมง) ในขณะที่คนขับรถตู้นั้นได้ปฏิเสธทุกอย่างที่กล่าวมา ดังนั้น เจ้าหน้าที่พิสูจน์หลักฐาน จึงได้รับภารกิจในการพิสูจน์หาความจริงในเรื่องนี้ เมื่อได้รับข้อมูลมาว่าความเร็วหลังชนเท่ากันคือ 20 เมตรต่อวินาที	2

1.4. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 6 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง

1.5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบพิจารณา และข้อเสนอแนะ แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข ได้แก่ การปรับรูปประโยคในสถานการณ์ปัญหา จากนั้นนำแผนที่ได้ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ดังนี้

1) ผศ.ดร. วิทยา วรพันธุ์ วุฒิการศึกษา ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) ตำแหน่งประธานหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

2) รศ.ดร. สุภกร หาญสูงเนิน วุฒิการศึกษา ปร.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า) ตำแหน่งอาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

3) อาจารย์ ดร. ฉันชัย จันทะเสน วุฒิการศึกษา ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) ตำแหน่ง อาจารย์ฟิสิกส์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

1.7. ผู้เชี่ยวชาญประเมินโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามแบบประเมินของลิเคอร์ท (Likert) เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก
ระดับ 4 หมายถึง มีคุณภาพดี
ระดับ 3 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้
ระดับ 2 หมายถึง ต้องปรับปรุง
ระดับ 1 หมายถึง ใช้ไม่ได้

1.8. นำผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพ (Rating scale) ซึ่งมี 5 ระดับ ระดับของลิเคอร์ท (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพระดับดี
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพระดับพอใช้
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยค่าความเหมาะสมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน ถือว่าเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมิน

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด จำนวน 3 ท่าน เป็นดังนี้

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม มีค่าเฉลี่ย 4.61 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก (S.D. = 0.38)

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม มีค่าเฉลี่ย 4.55 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก (S.D. = 0.44)

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การดลและแรงดล มีค่าเฉลี่ย 4.49 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก (S.D. = 0.41)

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎทรงโมเมนตัม มีค่าเฉลี่ย 4.69 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก (S.D. = 0.49)

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การชนใน 1 มิติ มีค่าเฉลี่ย 4.67 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก (S.D. = 0.53)

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง การชนใน 2 มิติ มีค่าเฉลี่ย 4.69 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก (S.D. = 0.49)

1.9. นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข ได้แก่ การปรับเวลาในขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับกิจกรรม แล้วไปทดลองสอน (Try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามฝ่ายมัธยม จำนวน 38 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้

2. บทเรียนบนเว็บในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 บทเรียน

2.1. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้ทราบถึงผลการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้

2.2. ศึกษาผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เพื่อให้ทราบถึงผลการเรียนรู้

2.3. ศึกษาเนื้อหาในรายฟิสิกส์ ในเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ 1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องโมเมนตัมและการชน ซึ่งใช้เฉพาะโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(ฝ่ายมัธยม) เท่านั้น เพื่อวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สถานการณ์ปัญหา และจำนวนชั่วโมงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และศึกษาการออกแบบบทเรียนบนเว็บ

2.4. สร้างบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 6 บทเรียน

2.5. นำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบ พิจารณา และข้อเสนอแนะ แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข ได้แก่ การเพิ่มคู่มือการใช้เว็บไซต์ จากนั้นนำบทเรียนบนเว็บที่ได้ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อทั้ง 3 ท่าน ดังนี้

1) ผศ.ดร. รัชนีวรรณ ตั้งภักดี วุฒิการศึกษา ค.ด. (เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา) ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีและการสื่อสาร คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อ

2) ผศ.ดร. วิทยา วรพันธุ์ วุฒิการศึกษา ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) ตำแหน่งประธานหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อ

3) อาจารย์ ดุษฎี ศรีสองเมือง วุฒิการศึกษา วท.บ. (วิทยาการคอมพิวเตอร์) ตำแหน่งอาจารย์หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อ

2.6. ผู้เชี่ยวชาญประเมินโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามแบบประเมินของลิเคอร์ท (Likert) เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก
ระดับ 4 หมายถึง มีคุณภาพดี
ระดับ 3 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้
ระดับ 2 หมายถึง ต้องปรับปรุง
ระดับ 1 หมายถึง ใช้ไม่ได้

2.7. นำผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนบนเว็บจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพ (Rating scale) ซึ่งมี 5 ระดับ ระดับของลิเคอร์ท (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพระดับดี
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพระดับพอใช้
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยค่าความเหมาะสมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน ถือว่าเป็นบทเรียนบนเว็บที่นำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดจำนวน 3 ท่าน เป็นดังนี้

บทเรียนที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม มีค่าเฉลี่ย 4.30 หมายถึง มีคุณภาพดี (S.D. = 0.91)

บทเรียนที่ 2 เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม มีค่าเฉลี่ย 4.33 หมายถึง มีคุณภาพดี (S.D. = 0.94)

บทเรียนที่ 3 เรื่อง การดลและแรงดล มีค่าเฉลี่ย 4.42 หมายถึง มีคุณภาพดี (S.D. = 1)

บทเรียนที่ 4 เรื่อง กฎทรงโมเมนตัม มีค่าเฉลี่ย 4.42 หมายถึง มีคุณภาพดี (S.D. = 1)

บทเรียนที่ 5 เรื่อง การชนใน 1 มิติ มีค่าเฉลี่ย 4.42 หมายถึง มีคุณภาพดี (S.D. = 1)

บทเรียนที่ 6 เรื่อง การชนใน 2 มิติ มีค่าเฉลี่ย 4.42 หมายถึง มีคุณภาพดี (S.D. = 1)

2.8. นำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บมาปรับปรุงแก้ไข ได้แก่ ปรับแก้คู่มือการใช้เว็บไซต์และเพิ่มสื่อการเรียนรู้ในการทำปฏิบัติการ แล้วไปทดลองสอน (Try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามฝ่ายมัธยม จำนวน 38 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนบนเว็บ

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งวัดหลังจากสิ้นสุดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนบนเว็บ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

3.1. ศึกษาทฤษฎี หลักการ แนวคิดและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ให้ครอบคลุม 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การย่อยปัญหา การคิดเชิงนามธรรม การหารูปแบบ และ การออกแบบขั้นตอนวิธี

3.2. สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 4 ข้อ ใช้จริง 2 ข้อ โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยเป็นสถานการณ์ปัญหาในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ซึ่งมีข้อคำถามสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคที่ดัดแปลงมาจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ดังตารางที่ 19 ครอบคลุม 4 องค์ประกอบ คือ การแยกส่วนประกอบและการย่อยปัญหา การหารูปแบบ การคิดเชิงนามธรรมและการออกแบบขั้นตอนวิธี แปลผลเป็นระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็น

รายบุคคลทั้งหมด 4 ระดับ คือ ยอดเยี่ยม ดี กำลังพัฒนา และ เริ่มต้น ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ คือ 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ ทำให้คะแนนที่ได้อยู่ระหว่าง 0-32 คะแนน

ตารางที่ 19 เกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

องค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ	**เกณฑ์การให้คะแนน**			
	4	**3**	**2**	**1**
การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้องครบถ้วนทั้งหมด	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้
การคิดเชิงนามธรรม	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ถูกต้องครบถ้วนทั้งหมด	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้
การหารูปแบบ	เขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์	เขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน โดย	เขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้	ไม่สามารถเขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการ

ตารางที่ 19 (ต่อ)

องค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ	เกณฑ์การให้คะแนน			
	4	3	2	1
		โดยบางส่วนที่ไม่ถูกคือตัวแปรบางตัวสลับที่กัน ตัวแปรบางตัวขาดหายไป ตัวแปรบางตัวเพิ่มขึ้นมาในสมการทำให้เสียเวลาในการแก้ปัญหา		
การออกแบบขั้นตอนวิธี	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและแสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบและระบุหน่วยที่ถูกต้องได้	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบได้ไม่ถูกต้องหรือนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้และวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบได้ถูกต้อง แต่ไม่ระบุหน่วย	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการ แสดงวิธีการคำนวณและระบุหน่วยเพื่อนำไปสู่คำตอบได้ไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการ แสดงวิธีการคำนวณและระบุหน่วยเพื่อนำไปสู่คำตอบได้

จากตารางที่ 19 ผู้วิจัยนี้ได้กำหนดการแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ โดยดัดแปลงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) เนื่องจากมีช่วงระดับการแปลผลคะแนนที่เหมาะสมและเป็นสถาบันที่น่าเชื่อถือ โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ยอดเยี่ยม ดี กำลังพัฒนา และ เริ่มต้น ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

ช่วงคะแนน (ร้อยละของคะแนนเต็ม)	ความหมาย
75-100	ยอดเยี่ยม
50-74	ดี
25-50	กำลังพัฒนา
ต่ำกว่า 25	เริ่มต้น

3.3. นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม และ ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ ได้แก่ โจทย์ในสถานการณ์ยากไปให้ปรับระดับความยากลง

3.4. นำแบบทดสอบที่ได้ปรับปรุงและแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้อง จำนวน 3 ท่าน

1) ผศ.ดร. วิทยา วรพันธุ์ วุฒิการศึกษา ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) ตำแหน่งประธานหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

2) รศ.ดร. สุภกร หาญสูงเนิน วุฒิการศึกษา ปร.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า) ตำแหน่งอาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

3) อาจารย์ ดร. ฉันชัย จันทะเสน วุฒิการศึกษา ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) ตำแหน่ง อาจารย์ฟิสิกส์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

3.5. เกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้อง

3.6. นำการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 - 1.00 ไว้ใช้ ซึ่งข้อสอบมีทั้งหมด 4 ข้อ เมื่อพิจารณาความสอดคล้องแล้วพบว่าทุกข้อสามารถวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณได้ เป็นดังนี้

ข้อ 1 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1

ข้อ 2 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1

ข้อ 3 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1

3.7. นำแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ได้แก่ ปรับประโยคในสถานการณ์ให้ชัดเจนขึ้นว่าสถานการณ์ต้องการทราบอะไร

3.8. นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงแล้ว พิมพ์เป็นแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณแล้วนำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 38 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

3.9. นำผลการทดสอบมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) เป็นรายข้อ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20-1.00 ไว้ใช้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556) พบว่าว่ามีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.33 – 0.69 และค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.23 – 0.32 ซึ่งได้ข้อสอบที่เข้าเกณฑ์จำนวน 4 ข้อ แล้วเลือกแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณมา 2 ข้อ ข้อ 1 มีค่าความยาก (p) เท่ากับ 0.33 และ ค่าอำนาจจำแนก (B) เท่ากับ 0.28 และข้อ 2 มีค่าความยาก (p) 0.64 และ ค่าอำนาจจำแนก (B) เท่ากับ 0.24

3.10. นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 2 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิธีของครอนบาคในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ค่าความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556) ผลการคำนวณพบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84

3.11. นำแบบทดสอบมาปรับปรุงแล้วมาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

4. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ใช้จริง 20 ข้อ ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

4.1 ศึกษา หลักการ เอกสารการวัดและประเมินผล กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.2 ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4.3 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์และกำหนดจำนวนข้อสอบ ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์จำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ระดับ ได้แก่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และวิเคราะห์

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวนข้อจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้(ข้อ)								รวม	
		จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
โมเมนตัม	นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของโมเมนตัมได้	2	1	-	-	-	-	-	-	2	1
	นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมได้	-	-	-	-	4	2	-	-	4	2
แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของแรงและโมเมนตัมได้	-	-	2	1	-	-	-	-	2	1
	นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแรงและการเปลี่ยนโมเมนตัมได้	-	-	-	-	6	3	-	-	6	3
การดลและแรงดล	นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของการดลและแรงดลได้	2	1	-	-	-	-	-	-	2	1
	นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการดลและแรงดลได้	-	-	-	-	6	3	-	-	6	3

ตารางที่ 21 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์	จำนวนข้อจำแนกตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้(ข้อ)								รวม	
		จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์			
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
กฎทรงโมเมนตัม	นักเรียนสามารถอธิบายกฎทรงโมเมนตัมของวัตถุได้	2	1	-	-	-	-	-	-	2	1
	นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดโมเมนตัมและพลังงานจลน์ในการชนวัตถุได้	-	-	-	-	4	2	-	-	4	2
การชนใน 1 มิติ	นักเรียนสามารถเปรียบเทียบการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่นของการชนใน 1 มิติได้	-	-	-	-	-	-	2	1	2	1
	นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆเกี่ยวกับการชนใน 1 มิติได้	-	-	-	-	4	2	-	-	4	2
การชนใน 2 มิติ	นักเรียนสามารถเปรียบเทียบโมเมนตัมรวมในแนวแกน x และโมเมนตัมรวมในแนวแกน y ของการชนใน 2 มิติได้	-	-	-	-	-	-	2	1	2	1
	นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆเกี่ยวกับการชนใน 2 มิติได้	-	-	-	-	4	2	-	-	4	2
รวม		6	3	2	1	28	14	4	2	40	20

4.4. สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ใช้จริง 20 ข้อ ตามที่กำหนดไว้

4.5. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ของแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำแบบทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ โจทย์ยากใช้เวลาคิดแต่ละข้อค่อนข้างนานจึงต้องทำการออกแบบเวลาให้เหมาะสม และ ปรับเปลี่ยนคำที่ใช้ในข้อคำถามให้เป็นวัตถุจริง เช่น เปลี่ยนจากคำว่า วัตถุ เป็นคำว่า รถยนต์ เป็นต้น

4.6. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่สร้างขึ้นพร้อมแบบประเมิน เสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพและความถูกต้อง ประกอบด้วย

1) ผศ.ดร. วิทยา วรพันธุ์ วุฒิการศึกษา ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) ตำแหน่งประธานหลักสูตรการศึกษาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

2) รศ.ดร. สุภกร หาญสูงเนิน วุฒิการศึกษา ปร.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า) ตำแหน่งอาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

3) อาจารย์ ดร. ฉันชัย จันทะเสน วุฒิการศึกษา ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) ตำแหน่ง อาจารย์ฟิสิกส์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

4.7. เกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

ให้คะแนน	+1	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง
ให้คะแนน	0	เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง
ให้คะแนน	-1	เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้อง

4.8. นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์กับจุดประสงค์ของพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ พบว่ามีข้อสอบที่มีค่า IOC ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้จำนวน 40 ข้อ

4.9. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ หน่วยของตัวแปรให้เขียนหน่วยเป็นภาษาอังกฤษเหมือนกันทุกข้อโดยทำการแก้ข้อที่เขียนหน่วยเป็นภาษาไทย

4.10. นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 38 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความยากง่ายของแบบทดสอบ

4.11. นำผลการทดสอบมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (B-index) เป็นรายข้อ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-1.00 ไว้ใช้ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556) พบว่าว่ามีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.45 – 0.84 และค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.11 – 0.58 ซึ่งได้ข้อสอบที่เข้าเกณฑ์จำนวน 35 ข้อ แล้วเลือกแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์มา 20 ข้อ

4.12. นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 20 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้วิธีการของโลเวท (Lovett Method) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.80

4.13. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์มาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้นวัตกรรม

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวน 104 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนวิชาฟิสิกส์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 จำนวน 34 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 บทเรียน บทเรียนละ 2 ชั่วโมง

3.2. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน บทเรียนละ 2 ชั่วโมง

3.3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนเป็นแบบทดสอบอัตนัย 2 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคที่ดัดแปลงมาจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560)

3.4. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน เป็นแบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยใช้กระบวนการวิจัยเบื้องต้น (Pre-experimental Research) แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design)

ตารางที่ 22 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
E	-	X	O

เมื่อ E หมายถึง กลุ่มทดลอง

X หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ

O หมายถึง การทดสอบหลังเรียน

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

1. ปฐมนิเทศชี้แจงข้อตกลงในการเรียนการสอน รายละเอียดขั้นตอน และวิธีปฏิบัติในการเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลอง

2. นำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 6 แผนที่ทดลองใช้และผ่านการประเมินและตรวจสอบแล้ว มาใช้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7

3. เมื่อดำเนินการเรียนครบทุกแผนแล้ว จากนั้นดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ แบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ จำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

4. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อสรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมายต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 โดยใช้สูตร E_1/E_2 (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต, 2528) โดยการหาเกณฑ์ 75 ตัวแรก หรือ ประสิทธิภาพด้านกระบวนการได้จากคะแนนใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อยหลังเรียนแต่ละบทเรียน ในสัดส่วน 60 : 40 ตามลำดับและการหาเกณฑ์ 75 ตัวหลัง หรือประสิทธิภาพ

ด้านผลลัพธ์ ได้จากการรวมคะแนนแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในสัดส่วน 50 : 50 ตามลำดับ

5.2. วิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บมาเทียบเกณฑ์ที่ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) และสถิติทดสอบสมมติฐาน One sample t-test เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ (ดัดแปลงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

ช่วงคะแนน (ร้อยละของคะแนนเต็ม)	ความหมาย
75-100	ยอดเยี่ยม
50-74	ดี
25-50	กำลังพัฒนา
ต่ำกว่า 25	เริ่มต้น

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1. ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

$$P = \frac{f}{N}\ x\ 100$$

เมื่อ P แทนร้อยละ

F แทนความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทนจำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2. ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทนค่าเฉลี่ย

∑ X แทนผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

n แทนจำนวนคนในกลุ่ม

1.3. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ S.D. แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทนคะแนนแต่ละตัว

n แทนจำนวนคะแนนในกลุ่ม

∑ แทนผลรวม

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1. แบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

2.1.1. หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validly) ของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทนดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทนผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

n แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.1.2. การวิเคราะห์หาค่าความยากของแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณโดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

$$p = \frac{S_H + S_L - (2nX_{min})}{2n(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ p แทนค่าความยากง่ายของข้อสอบ

S_H แทนเป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทนเป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทนจำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

X_{max} แทนคะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} แทนคะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2.1.3. การวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณโดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

$$D=\frac{S_H-S_L}{n(X_{max}-X_{min})}$$

เมื่อ D แทนค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

S_H แทนเป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

S_L แทนเป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

n แทนจำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ

X_{max} แทนคะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{min} แทนคะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2.1.4. การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยวิธีของครอนบาค (Cronbach) ในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556)

$$\alpha=\frac{k}{k-1}\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

เมื่อ α แทนความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา

S_i^2 แทนความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_t^2 แทนความแปรปรวนของคะแนนรวม

k แทนจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

2.2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

2.2.1. หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบทดสอบโดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทนดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทนผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

n แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2.2. การวิเคราะห์หาค่าความยากของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ประสาท เนืองเฉลิม, 2556)

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

เมื่อ P แทนค่าความยากของข้อสอบ

R แทนจำนวนคนตอบถูก

N แทนจำนวนคนทั้งหมด

2.2.3. การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน โดยใช้วิธีของเบรนแนน (Brennan) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

$$B = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2}$$

เมื่อ B แทนค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

U แทนจำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์) ตอบถูก

L แทนจำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์) ตอบถูก

n_1 แทนจำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)

n_2 แทนจำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)

2.2.4. การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ โดยใช้วิธีการของโลเวท (Lovett Method) (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum x - \sum x^2}{(k-1)\sum (x-c)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทนค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

x แทนคะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน

k แทนจำนวนข้อสอบทั้งฉบับ

c แทนคะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ

3. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้

3.1. ประสิทธิภาพของสื่อการสอนหรือนวัตกรรมทางการศึกษา (E_1/E_2)

3.1.1. สูตรการหาประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E_1) (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต, 2528) มีดังนี้

$$E1 = \frac{\sum\left(\frac{X}{A}\right)}{N} \times 100$$

เมื่อ E1 แทนประสิทธิภาพด้านกระบวนการ

X แทนคะแนนที่ได้จากใบกิจกรรมและการทดสอบย่อยท้ายบทเรียนของนักเรียนแต่ละคน

N แทนจำนวนนักเรียนทั้งหมด

A แทนคะแนนเต็มที่ได้จากใบกิจกรรมและการทดสอบย่อยท้ายบทเรียนรวมกัน

3.1.2. สูตรการหาประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E_2) (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต, 2528) มีดังนี้

$$E2=\frac{\sum\left(\frac{Y}{B}\right)}{N}\times 100$$

เมื่อ E_2 แทนประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์

Y แทนคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนแต่ละคน

N แทนจำนวนนักเรียนทั้งหมด

B แทนคะแนนเต็มของแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์หลังเรียน

4 สถิติทดสอบสมมติฐาน

4.1 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ โดยใช้สถิติ One Sample t-test เป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 1 กลุ่ม (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561)

$$t=\frac{\bar{X}-\mu}{S/\sqrt{n}},\ df = n-1$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบที

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

μ แทนคะแนนร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มจากแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N	แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\overline{X}$	แทน คะแนนเฉลี่ย
S.D.	แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน สถิติทดสอบที่ใช้ในการพิจารณา t-test
E_1	แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ
E_2	แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
df	แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
*	แทน ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

ตอนที่ 2 การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชนให้ผ่านเกณฑ์ในระดับยอดเยี่ยม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเกณฑ์ 75 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ ได้แก่ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้ ประเมินจากใบกิจกรรม และแบบทดสอบย่อยท้ายบทเรียน ในทุกบทเรียนสัดส่วน 60 : 40 ตามลำดับ ที่มีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 เกณฑ์ 75 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ คำนวณได้จากการรวมคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในสัดส่วน 50 : 50 ตามลำดับ ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบหลังจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทุกบทเรียน หาค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมและคิดเป็นร้อยละ 75 ผลปรากฏดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คะแนน	**ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)**		**ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)**		**E_1/E_2**
	ใบกิจกรรม (90 คะแนน)	**แบบทดสอบย่อย (60 คะแนน)**	**ผลสัมฤทธิ์ (20 คะแนน)**	**แบบวัดการคิดเชิงคำนวณ (32 คะแนน)**	
สัดส่วน	60%	40%	50%	50%	78.20/81.73
รวม	2509.00	1479.00	519.00	948.00	
เฉลี่ย	73.79	43.50	15.26	27.88	
S.D.	2.63	3.17	1.71	2.23	
ร้อยละ	49.20	29.00	38.16	43.57	
รวมร้อยละ	78.20		81.73		

จากตารางที่ 24 พบว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 78.20 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 81.73 ดังนั้น กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เท่ากับ 78.20/81.73 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75

ตอนที่ 2 การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับยอดเยี่ยม

ผู้วิจัยวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยเป็นสถานการณ์ มีข้อคำถามสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ให้นักเรียนทำแบบวัดหลังเรียนครบทุกบทเรียน 2 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคที่ดัดแปลงมาจาก สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ครอบคลุม 4 องค์ประกอบ คือ ด้านที่ 1 การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย ด้านที่ 2 การคิดเชิงนามธรรม ด้านที่ 3 การหารูปแบบ และ ด้านที่ 4 การออกแบบขั้นตอนวิธี โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละองค์ประกอบ คือ 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ ทำให้คะแนนที่ได้อยู่ระหว่าง 0-32 คะแนน จากนั้นนำคะแนนของนักเรียนมาแปลผลเป็นระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเป็นรายบุคคลทั้งหมด 4 ระดับ คือ ยอดเยี่ยม ดี กำลังพัฒนา และเริ่มต้น ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

เลขที่	คะแนนรายด้าน								รวมคะแนน	ร้อยละ	ระดับความสามารถ
	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย (4 คะแนน)		การคิดเชิงนามธรรม (4 คะแนน)		การหารูปแบบ (4 คะแนน)		การออกแบบขั้นตอน (4คะแนน)				
	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2			
1	4	3	3	3	4	4	4	3	28	87.50	ยอดเยี่ยม
2	3	3	3	3	3	4	3	3	25	78.13	ยอดเยี่ยม

ตารางที่ 25 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนรายด้าน								รวมคะแนน	ร้อยละ	ระดับความสามารถ
	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย (4 คะแนน)		การคิดเชิงนามธรรม (4 คะแนน)		การหารูปแบบ (4 คะแนน)		การออกแบบขั้นตอน (4คะแนน)				
	ผู้ตัดสินที่ 1	ผู้ตัดสินที่ 2	ผู้ตัดสินที่ 1	ผู้ตัดสินที่ 2	ผู้ตัดสินที่ 1	ผู้ตัดสินที่ 2	ผู้ตัดสินที่ 1	ผู้ตัดสินที่ 2			
3	4	3	3	3	4	3	4	3	27	84.38	ยอดเยี่ยม
4	3	3	3	3	3	4	4	3	26	81.25	ยอดเยี่ยม
5	3	3	3	3	4	4	3	3	26	81.25	ยอดเยี่ยม
6	3	3	4	3	3	4	4	3	27	84.38	ยอดเยี่ยม
7	4	3	4	3	4	4	4	3	29	90.63	ยอดเยี่ยม
8	4	3	4	4	4	4	4	4	31	96.88	ยอดเยี่ยม
9	3	3	3	3	4	4	3	3	26	81.25	ยอดเยี่ยม
10	3	3	3	3	4	4	4	3	27	84.38	ยอดเยี่ยม
11	3	4	3	3	3	4	4	4	28	87.50	ยอดเยี่ยม

ตารางที่ 25 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนรายด้าน								รวมคะแนน	ร้อยละ	ระดับความสามารถ
	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย (4 คะแนน)		การคิดเชิงนามธรรม (4 คะแนน)		การหารูปแบบ (4 คะแนน)		การออกแบบขั้นตอน (4คะแนน)				
	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2			
12	3	3	3	3	4	3	3	3	25	78.13	ยอดเยี่ยม
13	3	3	3	3	4	4	4	3	27	84.38	ยอดเยี่ยม
14	4	4	4	3	4	4	4	4	31	96.88	ยอดเยี่ยม
15	4	3	3	3	4	4	3	3	27	84.38	ยอดเยี่ยม
16	3	4	4	4	4	4	4	4	31	96.88	ยอดเยี่ยม
17	3	3	3	3	4	3	4	3	26	81.25	ยอดเยี่ยม
18	4	4	3	3	4	4	4	3	29	90.63	ยอดเยี่ยม
19	4	3	3	3	3	4	4	3	27	84.38	ยอดเยี่ยม
20	4	4	4	4	4	4	3	3	30	93.75	ยอดเยี่ยม

ตารางที่ 25 (ต่อ)

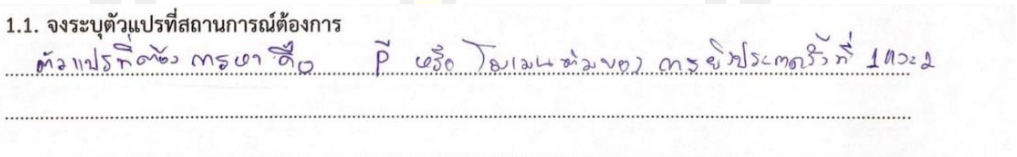
เลขที่	คะแนนรายด้าน								รวมคะแนน (32 คะแนน)	ร้อยละ	ระดับความสามารถ
	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย (4 คะแนน)		การคิดเชิงนามธรรม (4 คะแนน)		การหารูปแบบ (4 คะแนน)		การออกแบบขั้นตอน (4คะแนน)				
	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	32		
21	4	3	4	3	4	4	4	4	30	93.75	ยอดเยี่ยม
22	4	3	3	3	4	4	4	4	29	90.63	ยอดเยี่ยม
23	4	3	3	3	3	3	3	3	25	78.13	ยอดเยี่ยม
24	4	4	4	3	4	4	4	3	30	93.75	ยอดเยี่ยม
25	4	3	4	4	3	4	4	3	29	90.63	ยอดเยี่ยม
26	4	3	3	3	4	3	3	3	26	81.25	ยอดเยี่ยม
27	4	4	4	3	4	4	4	4	31	96.88	ยอดเยี่ยม
28	4	3	3	3	4	4	4	3	28	87.50	ยอดเยี่ยม
29	4	4	3	4	4	4	4	3	30	93.75	ยอดเยี่ยม

ตารางที่ 25 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนรายด้าน								รวมคะแนน (32 คะแนน)	ร้อยละ	ระดับความสามารถ
	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย (4 คะแนน)		การคิดเชิงนามธรรม (4 คะแนน)		การหารูปแบบ (4 คะแนน)		การออกแบบขั้นตอน (4คะแนน)				
	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	ผู้ประเมิน 1	ผู้ประเมิน 2	32		
30	3	3	3	3	3	3	3	3	24	75.00	ยอดเยี่ยม
31	4	3	3	3	4	4	4	3	28	87.50	ยอดเยี่ยม
32	4	4	4	3	4	4	4	3	30	93.75	ยอดเยี่ยม
33	4	3	4	4	4	4	4	4	31	96.88	ยอดเยี่ยม
34	3	3	3	3	3	3	3	3	24	75.00	ยอดเยี่ยม
ค่าเฉลี่ย	3.62	3.26	3.35	3.18	3.74	3.79	3.71	3.24	27.88	87.13	
	3.44		3.26		3.76		3.47				

จากตารางที่ 25 พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์ระดับยอดเยี่ยมทั้งหมดจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 34 คน พิจารณาคะแนนเป็นองค์รวมนักเรียนมีคะแนนความสามารถในคิดเชิงคำนวณรวมเฉลี่ยเท่ากับ 27.88 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.13 คะแนนสูงสุด 31 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 96.88 และคะแนนต่ำสุด 24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75 เมื่อพิจารณารายบุคคลในระดับยอดเยี่ยมช่วงคะแนน

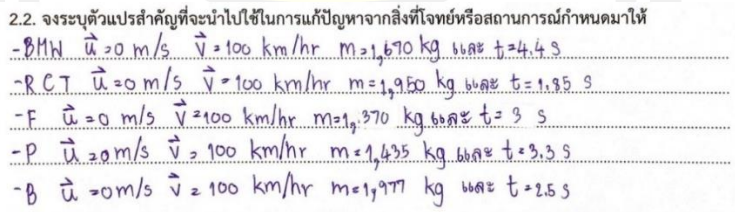
ร้อยละ 75 – 85 มีจำนวน 16 คน ช่วงคะแนนร้อยละ 85 – 95 มีจำนวน 13 คน ช่วงคะแนนร้อยละ 95 – 100 มีจำนวน 5 คน ในขณะที่เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายด้านที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ รวมด้านละ 4 คะแนน พบว่า ด้านความสามารถด้านการแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.44 คิดเป็นร้อยละ 86 คะแนนด้านความสามารถด้านการคิดเชิงนามธรรมมีคะแนนเฉลี่ย 3.26 คิดเป็นร้อยละ 81.5 ด้านความสามารถในการหารูปแบบมีคะแนนเฉลี่ย 3.76 คิดเป็นร้อยละ 94 และ ด้านการออกแบบขั้นตอนวิธีมีคะแนนเฉลี่ย 3.43 คิดเป็นร้อยละ 85.75 ซึ่งคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ แสดงตัวอย่างดังนี้


1.1. จงระบุตัวแปรที่สถานการณ์ต้องการ

ตัวแปรที่ต้องการคือ $\vec{P}$ หรือ โมเมนตัมของการยิงประตูครั้งที่ 1และ2

ภาพประกอบที่ 4 ตัวอย่างการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านการแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยของนักเรียนในระดับยอดเยี่ยม

จากภาพประกอบที่ 4 การตอบคำถามของนักเรียนด้านการแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย พบว่า เมื่อนักเรียนอ่านสถานการณ์ในแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ นักเรียนสามารถระบุตัวแปรที่สถานการณ์ต้องการได้ถูกต้องและครบถ้วน


2.2. จงระบุตัวแปรสำคัญที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้

-BMW $\vec{u}$ =0 m/s $\vec{v}$ =100 km/hr m=1,670 kg และ t=4.4 s

-RCT $\vec{u}$ =0 m/s $\vec{v}$ =100 km/hr m=1,950 kg และ t=1.35 s

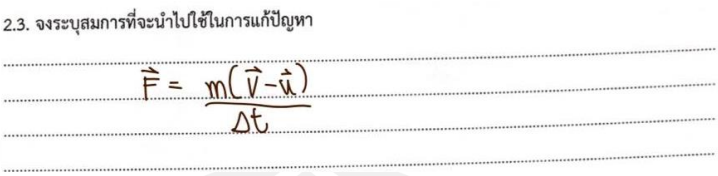
-F $\vec{u}$ =0 m/s $\vec{v}$ =100 km/hr m=1,370 kg และ t= 3 s

-P $\vec{u}$ =0 m/s $\vec{v}$ = 100 km/hr m=1,435 kg และ t=3.3 s

-B $\vec{u}$ =0 m/s $\vec{v}$ = 100 km/hr m=1,977 kg และ t=2.5 s

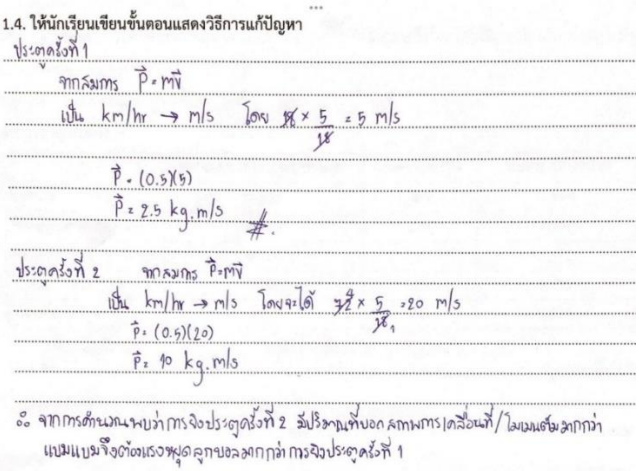
ภาพประกอบที่ 5 ตัวอย่างการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านการคิดเชิงนามธรรมของนักเรียนในระดับยอดเยี่ยม

จากภาพประกอบที่ 5 การตอบคำถามของนักเรียนด้านการคิดเชิงนามธรรม พบว่า เมื่อนักเรียนอ่านสถานการณ์ในแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ นักเรียนสามารถระบุตัวแปรสำคัญที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน



ภาพประกอบที่ 6 ตัวอย่างการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านการหารูปแบบของนักเรียนในระดับยอดเยี่ยม

จากภาพประกอบที่ 6 การตอบคำถามของนักเรียนด้านการหารูปแบบ พบว่า เมื่อนักเรียนอ่านสถานการณ์ในแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ นักเรียนสามารถระบุรูปแบบสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน



ภาพประกอบที่ 7 ตัวอย่างการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณด้านการออกแบบขั้นตอนวิธีของนักเรียนในระดับยอดเยี่ยม

จากภาพประกอบที่ 7 การตอบคำถามของนักเรียนด้านการออกแบบขั้นตอนวิธี พบว่า เมื่อนักเรียนอ่านสถานการณ์ในแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ นักเรียนสามารถนำรูปแบบสมการที่ระบุไว้ในด้านการหารูปแบบมาออกแบบขั้นตอนวิธีที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน เห็นได้จากการที่นักเรียนคำนวณหาโมเมนตัมของการยิงประตูทั้งสองครั้ง และสรุปได้ว่า “จากการคำนวณพบว่าการยิงประตูครั้งที่ 2 มีปริมาณที่บอกสภาพการเคลื่อนที่/โมเมนตัมมากกว่า แบมแบมจึงต้องออกแรงหยุดลูกบอลมากกว่าการยิงประตูครั้งที่ 1”

จากการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้ One-Sample Test เป็นดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และ ระดับนัยสำคัญทางสถิติในการทดสอบเปรียบเทียบเกณฑ์ร้อยละ 75 กับคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	% of Mean	t	sig
คะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ	34	32	27.88	2.23	87.13	10.169*	.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 21 พบว่า การวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ มีคะแนนเฉลี่ย 27.88 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.13 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์ร้อยละ 75 กับคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ พบว่า คะแนนสอบของผู้เรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นดังนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับยอดเยี่ยม

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.20/81.73 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยเท่ากับ 27.88 จากคะแนนเต็ม 32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.13 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ระดับยอดเยี่ยมจำนวน 34 คน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยสามารถนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประสิทธิภาพเท่ากับ 78.20/81.73 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75 หมายความว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ระหว่างเรียน 78.20 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งหาได้จากใบกิจกรรมและการทดสอบย่อยคิดเป็นสัดส่วน 60 : 40 และทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้หลังเรียนเฉลี่ย 81.73 ถือเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งหาได้จากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสัดส่วน 50 : 50 แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เป็นการจัดกิจกรรมที่ผ่านการวางแผนและพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน กล่าวคือ มีการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้ทราบถึงตัวชี้วัด คำอธิบายรายวิชา ผลการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ ทดลองและปรับปรุงก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เผชิญ ซึ่งปัญหานั้นสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาที่เรียนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ส่งผลให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และหาวิธีแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดความเข้าใจในปัญหาได้อย่างชัดเจน โดยในการคิดแก้ปัญหานั้นผู้สอนเป็นผู้ให้ความสะดวกและมีส่วนร่วมน้อยที่สุด ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมในลักษณะที่ให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา มีการออกแบบและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองสามารถส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณได้ (Palts & Pedaste, 2020) โดยในบทเรียนบนเว็บ ประกอบไปด้วย เนื้อหาของบทเรียน นำเสนอเป็นภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง และ ขั้นกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งผู้เรียนสามารถค้นคว้าจากแหล่งทรัพยากรได้ด้วยตนเอง และเมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบเสร็จ ผู้เรียนสามารถทราบผลได้โดยทันทีและสามารถเข้าไปทบทวนเนื้อหาดังกล่าวได้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหานั้นมากขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บผ่าน google site มี 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา ครูนำเสนอ

สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียนบนเว็บ จากนั้นให้นักเรียนทุกคนระบุปัญหาของสถานการณ์ลงที่กระดานสนทนาบนเว็บ ขั้นที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจกับปัญหา ซึ่งทุกคนต้องระบุว่าปัญหาที่นักเรียนระบุมาจำเป็นต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้างลงที่กระดานสนทนาบนเว็บ ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนทุกคนคนดำเนินการศึกษาหาความรู้เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์มาและสรุปบันทึกผ่านเว็บไซต์ โดยครูได้มีการจัดเตรียมแหล่งเรียนรู้และทรัพยากรต่าง ๆ ไว้บนเว็บไซต์ ขั้นที่ 4 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ นักเรียนนำคำตอบที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณาและร่วมกับสรุปหาคำตอบ หรือแนวทางการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดของกลุ่ม โดยครูได้มีการแบ่งห้องตามกลุ่มไว้บน Microsoft team (กรณีที่เป็นการเรียนแบบออนไลน์) และให้นักเรียนบันทึกผลการพิจารณาผ่านเว็บไซต์ ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบนักเรียนมาที่ Microsoft team กลุ่มใหญ่ (กรณีที่เป็นการเรียนแบบออนไลน์) และนักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลจากการแก้สถานการณ์ของกลุ่มตนเอง จากนั้นประเมินผลงานของตนเองบันทึกผ่านเว็บไซต์ว่าข้อมูลของกลุ่มตนเองนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ เหมือนหรือต่างจากกลุ่มอื่นอย่างไร ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน ครูให้แต่ละกลุ่มนำองค์ความรู้ที่ได้ออกมานำเสนอพร้อมกับการนำเสนอผลงาน ในรูปแบบของแผนผังความคิด และให้แต่ละกลุ่มได้ประเมินให้คะแนน พร้อมทั้งทุกคนสรุปสาระที่ได้เรียนลงบนกระดานสนทนาบนเว็บ ซึ่งผลการวิจัยนี้ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไกยสิทธิ์ อภิระติง (2562) พบว่า ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนออนไลน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง การแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศรีวิชัยวิทยา จังหวัดนครปฐม มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.48/81.37 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศศิวิมล ภูศรีโสม (2020) พบว่า การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักการการเรียนร่วมกันเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.27/85.43 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75

2. การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณเฉลี่ยเท่ากับ 27.88 จากคะแนนเต็ม 32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 87.13 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ระดับยอดเยี่ยมจำนวน 34 คน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงคำนวณสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้เผชิญกับสถานการณ์ที่สัมพันธ์กับเนื้อหาของบทเรียน และแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อนำมาเป็น

แนวทางในการแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดและการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อค้นหาวิธีแก้ปัญหาร่วมกัน สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณให้กับนักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Palts and Pedaste (2020) ที่ระบุว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมในลักษณะที่ให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา มีการออกแบบและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองสามารถส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณได้ สอดคล้องกับงานวิจัยที่เป็นการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณโดยเริ่มจากการกำหนดนิยามหรือปัญหา จากนั้นจึงหาวิธีการแก้ปัญหา วางแผน ออกแบบและเลือกวิธีแก้ปัญหา ของชววรรณ แปงการิยา (2020) โดยศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับยอดเยี่ยมหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับศรายุทธ ดวงจันทร์ (2561) ที่ได้ศึกษาผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์มีความสามารถในการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนอยู่ในระดับดี และ สอดคล้องกับโชติกา สงคราม (2562) ที่ได้ศึกษาการวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณอยู่ในระดับยอดเยี่ยม กล่าวคือ นักเรียนร้อยละ 78.57 สามารถแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยได้ นักเรียนร้อยละ 83.33 สามารถพิจารณารูปแบบของปัญหาได้ นักเรียนร้อยละ 57.46 สามารถพิจารณาสาระสำคัญของปัญหาได้ และนักเรียนร้อยละ 52.38 สามารถออกแบบอัลกอริทึมได้

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายด้านที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ รวมด้านละ 4 คะแนน พบว่า ด้านความสามารถด้านการแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.44 ด้านความสามารถด้านการคิดเชิงนามธรรมมีคะแนนเฉลี่ย 3.26 ด้านความสามารถในการหารูปแบบมีคะแนนเฉลี่ย 3.76 และ ด้านการออกแบบขั้นตอนวิธีมีคะแนนเฉลี่ย 3.47 โดยด้านความสามารถในการหารูปแบบมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 94 ทั้งนี้เป็นผลมาจากความสามารถในการหารูปแบบเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะเป็นการเขียนคำตอบรูปแบบสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บส่งเสริมความสามารถในการหารูปแบบในขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า โดยให้นักเรียนได้วางแผนภายในกลุ่ม แล้วดำเนินการศึกษาค้นคว้าเพื่อหารูปแบบสมการที่

เกี่ยวข้องและวิธีในการแก้ปัญหา และในขั้นที่ 4 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาข้อมูลที่ได้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด หากไม่เหมาะสมให้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม สอดคล้องกับ ภัทราวดี มากมี (2011) กล่าวว่า ให้นักศึกษาแสวงหาความรู้และทักษะด้วยตนเอง โดยผ่านขั้นตอนการแก้ปัญหา โดยแบ่งนักศึกษาเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ให้ตั้งหน้าที่และทำงานร่วมกันในการคิดกลไกของการแก้ปัญหาที่ได้รับ ตั้งสมมติฐาน และ วางแผนในการทดสอบสมมติฐานนั้น รวมถึงวางแผนในการค้นคว้าหาเสนอความรู้เพิ่มเติมเพื่อนำเสนอต่อกลุ่ม ก่อนที่จะสรุปกลไกของปัญหานั้น ถัดมาด้านการออกแบบขั้นตอนวิธีมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 86.75 ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่นักเรียนระบุรูปแบบสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะเป็นการเขียนกระบวนการคำนวณจากรูปแบบสมการ และจากการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมด้านการออกแบบขั้นตอนวิธีในขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบ ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเองในรูปแบบของขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหา และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยให้นักเรียนตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองและทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหา โดยขั้นนี้นักเรียนจะได้ฝึกการนำเสนอและประเมินตนเอง และขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปองค์ความรู้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ โดยให้ทุกกลุ่มร่วมประเมินผลงานเพื่อช่วยให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ครั้งต่อไป สอดคล้องกับ กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2560) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้เพื่อนำมาแก้ปัญหา บรรยากาศในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทุกคนสามารถพูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์ แสดงความคิดเห็น สามารถถกเถียงหาข้อสรุป ส่งผลให้เกิดผลดีต่อการเรียนรู้ ถัดมาด้านความสามารถด้านการแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 86 ทั้งนี้เป็นผลมาจากเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะให้ระบุตัวแปรที่สถานการณ์ต้องการซึ่งนักเรียนระบุได้ และการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมด้านความสามารถด้านการแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยในขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา ครูเป็นผู้กำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับบทเรียนนั้น ๆ และให้นักเรียนได้วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง โดยเป็นการแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยเพื่อให้ง่ายต่อการต่อการจัดการกับปัญหา ซึ่งสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้นั้นเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคย และมีความใกล้เคียงกับชีวิตจริง จึงช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจสงสัย อยากรู้คำตอบส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้และหาแนวทางการแก้ปัญหา สอดคล้องกับ Srithi (2018) ที่กล่าวว่า สถานการณ์ของปัญหาที่ครูนำเสนอ มีผลต่อการเกิดการ

เรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนหรือสถานการณ์ใกล้ตัวของนักเรียน ทำให้ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะหาวิธีการแก้ปัญหา และความสามารถด้านการคิดนามธรรมของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81.5 พบว่าคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ระดับยอดเยี่ยม แต่คะแนนเฉลี่ยยังน้อยกว่าทั้ง 3 องค์ประกอบ โดยการคิดนามธรรมนั้นนักเรียนจะต้องเขียนตัวแปรสำคัญจากสถานการณ์ที่จะนำใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาแต่พบว่านักเรียนบางส่วนระบุตัวแปรสำคัญได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา เป็นขั้นที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิดนามธรรมโดยการให้นักเรียนความเข้าใจกับปัญหาเพื่อระบุความรู้ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับ ศิริพันธุ์ ศิริพันธ์ (2554) ที่กล่าวว่า ผู้สอนจะต้องนำปัญหามาให้ผู้เรียนได้ศึกษาก่อน เพื่อหาแนวทางที่จะนำไปแก้ไขปัญหา แล้วจึงมอบหมายให้ผู้เรียนไปค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บในขั้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องระบุปัญหาจากสถานการณ์ และขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า เป็นขั้นที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ครูควรตรวจสอบและแนะนำเพิ่มเติมหากนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน

1.2. ในระหว่างการทำกิจกรรม ครูผู้สอนต้องดูแลไม่ให้นักเรียนทำกิจกรรมอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมในระหว่างเรียน

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1. ควรทำการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ

2.2. ควรมีการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บในการพัฒนาตัวแปรด้านอื่น ๆ เช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning):รายวิชาการออกแบบและพัฒนาหลักสูตร สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 11(2), 179-192.

กิดานันท์ มลิทอง. (2543). *เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกวิชาฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา*, 32(1), 46-60.

ไกยสิทธิ์ อภิระติง. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนออนไลน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง การแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศรีวิชัยวิทยา จังหวัดนครปฐม. *วารสาร โครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 5(2), 28-36.

ใจทิพย์ ณ สงขลา . (2542). การสอนผ่านเครือข่ายเวิลด์ไวด์เว็บ. *วารสารครุศาสตร์*, 27(3), 18-28.

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (2544). *คำกริยาที่ใช้ในอนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยของบลูม*. [ออนไลน์]. ได้จาก : http://www.watpon.in.th/Elearning/mea3.htm [สืบค้นเมื่อ 30 กรกฎาคม 2564].

ชววรรณ แปงการิยา. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 23(1), 116-130.

ชวาล แพรัตกุล. (2552). *เทคนิคการวัดผล*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิชย์.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย*, 5(1), 5-20.

โชติกา สงคราม. (2562). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ฐารรรฎร เกรัมย์. (2562). การพัฒนาบทเรียนบนเว็บโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ วิชาการเขียนโปรแกรมภาษาซี. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 13(3), 65-76.

ถนอมพร เลาหจรัสแสง. (2544). การสอนบนเว็บ (Web-Based Instruction) นวัตกรรมเพื่อคุณภาพการเรียนการสอน .*วารสารศึกษาศาสตร์สาร*, 28 , 87-94.

ถนอมพร เลาหจรัสแสง. (2545). *Designing E-learning: หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพื่อการเรียนการสอน*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2561). *การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ทิศนา แขมมณี. (2545). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.

ทิศนา แขมมณี. (2561). *ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนวัฒน์ สุวรรณจรัส. (2546). *PBL เบื้องต้น (Introducing PBL)*. กรุงเทพฯ: ฝ่ายประกันคุณภาพการศึกษามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

บัญญพนต์ พูลสวัสดิ์. (2016). เกมบนโปรแกรมเชิงจินตภาพและแนวคิดเชิงคำนวณอย่างเป็นระบบ. *Journal of information science and techology*, 6(2), 9-15.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

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

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราณี กองจินดา. (2549). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการคิดเลขในใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบซิปปาโดยใช้แบบฝึกหัดที่เน้นทักษะการคิดเลขในใจกับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือครู*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

ปัทวรรณ ประทุมดี. (2564). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้านร่วมกับบทเรียนบนเว็บเรื่อง การเคลื่อนที่ 2 มิติเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เผชิญ กิจระการ. (2544). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อและเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา (E_1/ E_2). *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 7, 44-52.

พิชิตทอง ครองพลขวา. (2559). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อสังคมออนไลน์ ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหสทางวิทยาศาสตร์ และความใฝ่รู้ใฝ่เรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 10, 612-627.

พิมพ์ประภา อรัญมิตร. (2552). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปี ที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 3 โดยการวิเคราะห์พหุระดับ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

ไพศาล สุวรรณน้อย. (2559). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning: PBL) เอกสารประกอบการบรรยายโครงการพัฒนาการเรียนการสอน สถาบันพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. [ออนไลน์]. ได้จาก : http://ph.kku.ac.th/thai/images/file/km/pbl-he-58-1.pdf [สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2564].

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพาณิชย์.

ภัทราวดี มากมี. (2554). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning). *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย*, 1(1), 7-14.

ภาสกร เรืองรอง. (2544). *เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสะดวก*. [ออนไลน์]. ได้จาก : http://www.thaiwbi.com/course/ICT/index2.html [สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2564].

มหาวิทยาลัยเดลาแวร์. (2018). *Computational Thinking Rubric*. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://cpb-us-w2.wpmucdn.com/sites.udel.edu/dist/4/8672/files/2018/12/ Computational-Thinking-Rubric-2ktkkgv.pdf [สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2564].

มัณฑรา ธรรมบุศย์. (2545). การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้โดยใช้ PBL (Problem-Based Learning). *วารสารวิชาการ*, 5(2), 11-17.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2549). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัตนา อนันต์ชื่น. (2551). *การพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียด้วยโปรแกรม MOODLE วิชาฟุตบอล 2 สำหรับนักศึกษาปริญญาตรีสถาบันการพลศึกษาวิทยาเขตยะลา*. วิทยานิพนธ์การศึกษา

มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

ล้วน สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ลัดดาวรรณ ศรีฉิม. (2559). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเว็บ ด้วยโปรแกรม Google Site ตามแนวทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ เรื่อง หลักการทำโครงงานคอมพิวเตอร์สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 10(1), 129-144.

ลุตฟี หะยีมะสา. (2562). ผลการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเว็บ Google site รายวิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเดชะปัตตนยานุกูล จังหวัดปัตตานี. *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 29, 1918-1925.

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2546). *การวิจัยในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สุวีริยาสาส์น.

ศรายุทธ ดวงจันทร์. (2561). *ผลการใช้แนวสะเต็มศึกษาในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิวิมล ภูศรีโสม. (2020). การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับหลักการการเรียนร่วมกันเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์*, 7(9), 265-282.

ศิริพันธุ์ ศิริพันธุ์. (2554). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : วิธีการสอนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก Student Center : Problem- Based Learning. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 3(1), 104-112.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ม.2*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมนึก ภัททิยธนี. (2546). *การวัดผลการศึกษา*. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ. (2550). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศ.

สำนักวิจัยมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย. (2553). *สังเคราะห์การใช้ปัญหาเป็นฐาน*. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). *เทคโนโลยีการศึกษา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

หน่วยศึกษานิเทศก์และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2561). *รู้จักวิทยาการคำนวณ*. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://oer.learn.in.th/search_detail/result/103527 [สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2564].

อินธิรา ดำรงกุล. (2561). การพัฒนาบทเรียนบนเว็บด้วยเทคนิคปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การออกแบบฐานข้อมูล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ*, 18, 71-86.

Aho, A. V. (2012). Computation and Computational Thinking. *Computer Journal*, 55(7), 833–835.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001).*A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing:A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Addison WesleyLongman.

Argaw, A. S. (2016). The Effect of Problem Based Learning (PBL) Instruction on Students' Motivation and Problem Solving Skills of Physics. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(3), 857-871.

Barrows, H. S., & Tamblyn, P. M. (1980). *Problem–Based Learning: An Approach to Medical Education*. New York: Springer Publishing Company.

Center for Problem-Based Learning at Samford University. (2 0 0 5). *PBL Process: Problem Design*. [Online]. Avaliable from: http://www.samford.edu/ctls/archives.aspx?id= 2147484114 [accessed August 5, 2021].

Code.org. (2015). *Computational thinking*. [Online]. Avaliable from: https://studio.code. Org /s/course3/lessons/1/levels/1 [accessed August 2, 2021].

Code.org. (2015). *Computational thinking*. [Online]. Avaliable from: https://code.org/curriculum/course3 / 1 / Assessment1 -CompThinking.pdf [accessed August 2, 2021].

CSTA. (2011). *K-12 computer science standards*. [Online]. Avaliable from: http://csta .acm.org /Curriculum/ sub/K12Standards.html [accessed July 27, 2021].

Dolgopolovas, V., Jevsikova, T., Savulioniene, L., & Dagiene, V. (2015). On Evaluation of Computational Thinking of Software Engineering Novice Stydents.

Duch, B. J., Allen, D. E., & Groh, S.E. (1996). *The Power of Problem Based Learning in Introductory Science Courses*. San Francisco: Jossey-Bass.

Eysench, J. H., Arnold, W., & Meili, R. (1972). *Encyclopedia to Psychology*. London: Herder and Herder.

Gonzalez, R. M. (2016). Which Cognitive Abilities Underlie Computational Thinking? Criterion Validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 1-14.

Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43.

Hung, W., David, H. J., & Rude, L. (2008). *Problem-Based Learning, in Handbook of Research on Educational Communications and Technology 3* . New York: Lawrence Erlbaum Associates (Taylor & Francis Group).

James, D. (1 9 9 7). Design Methodology for a Web-Based Learning Environment . [Online]. Available from : http://www.lmu.ac.uk/lss/staffsup/desmeth.htm [accessed December 20, 2021]

Leonard, J., Buss, A., Gamboa, R., Mitchell, M., Fashola, O.S., Hubert, T., & Almughyirah, S. (2016). Using robotics and game design to enhance children's

self-efficacy, STEM attitudes, and computational thinking skills. *Science education technology*, 25, 860-876.

Ling, U. L., Saibin, T. C., Naharu, N., Labadin, J., & Azi, N. A. (2018). An Evaluation Tool to Measure Computational Thinking Skills: Pilot Investigation. *The national academy of managerial staff of culture and arts herald*, 606-614.

Muhammadzadeh, A., & Fazlollahtabar, H. (2012). A Knowledge-Based User Interface to Optimize Curriculum Utility in an E-Learning System. *International Journal of Enterprise Information Systems*, 8(3), 34-53.

Office of Education Council. (2014). *Analysis of Thai education in the 21st century*. Bangkok : Office of Education Council.

Othman, H., Mohd, S. B., & Abdullah, S. (2013). 5 Ladders of Active Learning: an Innovative Learning Steps in PBL Process. *International Research Symposium on Problem-Based Learning (IRSPBL)*, 245-253.

Palts, T., & Pedaste, M. (2020). A model for developing computational thinking skills. *Informatics in Education*, 19(1), 113–128.

Parson, R. (1997). An Investigation into Instruction Available on the World Wide Web. [Online]. Available from: https://www.academia.edu/405017/An_Investigation_Into_Instruction_Available_on_World_Wide_Web_1997 [accessed December 20, 2021]

Pheeraphan, N. (2013). Enhancement of the 21st Century Skills for Thai Higher Education by Integration of ICT in Classroom. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 106(26), 365-373.

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

Radha. R. (2020). E-Learning during Lockdown of Covid-19 Pandemic: A Global Perspective. *International Journal of Control and Automation*, 13(4), 1088-1099.

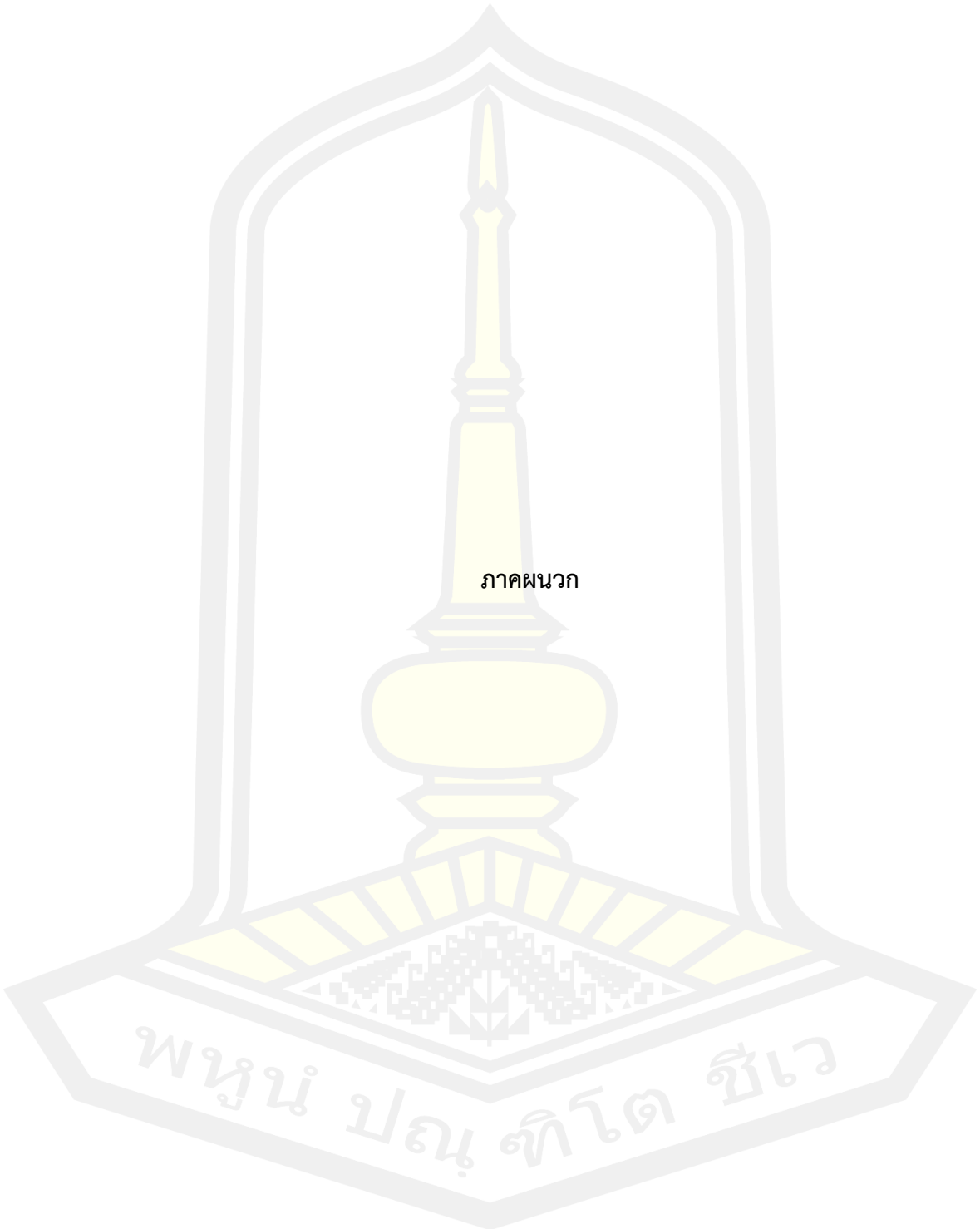
Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?. *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266.

Srithi, K., Supap, W., & Viriyapong, R. (2018). An Action Research on Developing Problem-Based Learning Activities to Enhance Mathematical Literacy in Conic Sections Topic of Students in Grade 10. *Social Sciences Research and Academic Journals*, 13(37), 105-118.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). *Manual for Teacher in Science Foundation Course Technology (Computer Science)*. Bangkok : The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology.

Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communication of the ACM*, 49(3), 33-35.

Wing, J. M. (2010). Computational Thinking: What and why?. *Computer Science*, 1-6.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเรื่อง โมเมนตัมและการชน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัมและการชน **กลุ่มสาระ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

สาระการเรียนรู้เรื่อง โมเมนตัม **เวลาเรียน 2 คาบ**

ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 **ภาคเรียนที่ 2/2564**

---

1. ผลการเรียนรู้

อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม

2. สาระการเรียนรู้

โมเมนตัม

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของโมเมนตัมได้

3.2. นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมได้

3.3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย

4. สาระสำคัญ

โมเมนตัม เป็นปริมาณหนึ่งที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้น ตามความสัมพันธ์ว่า

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

5. กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ

5.1. ขั้นเตรียม (10 นาที)

5.1.1. ชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ ผ่าน Microsoft Teams เพื่อศึกษาเกี่ยวกับโมเมนตัมด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บ ซึ่งมีอยู่ 6 ขั้นตอน โดยครูอธิบายขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนเข้าใจ จากนั้นให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกลุ่มละ 7 คน จำนวน 5 กลุ่ม

5.1.2. ครูสร้างกลุ่มย่อยใน Microsoft team ตามรายชื่อสมาชิกกลุ่มที่นักเรียนแบ่งมา ซึ่งครูสามารถเข้าไปสังเกตการณ์ในกลุ่มย่อยได้ (เป็นการแบ่งกลุ่มไว้ก่อนที่จะถึงคาบเรียน)

5.1.3. ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับบทเรียนบนเว็บ บน Google site

5.2. ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้

5.2.1 ขั้นกำหนดปัญหา (5 นาที)

5.2.1.1. ครูให้สถานการณ์กับนักเรียนบน Google site ดังนี้

“กำหนดสถานการณ์ ในเช้าวันหนึ่ง สภ.ได้รับแจ้งมีอุบัติเหตุรถจักรยานยนต์และรถยนต์หักหลบรถเก๋งที่กลับรถตัดหน้าทำให้รถจักรยานยนต์และรถยนต์เบรคกะทันหัน ซึ่งรถยนต์เบรคอย่างรวดเร็วจึงเกิดรถสะบัดพุ่งชนราวสะพาน เมื่อไปจุดเกิดเหตุพบนาย A (นามสมมุติ) อายุ 40 ปี ที่ เป็นคนขับรถยนต์ยืนรอให้การกับตำรวจ โดยรถยนต์มีรอยบุบที่ฝั่งด้านขวาและนาย B (นามสมมุติ) อายุ 28 ปี ที่เป็นคนขับรถจักรยานยนต์ ซึ่งเบรคทันจึงมีสภาพรถปกติ เมื่อได้รับข้อมูลมาว่ารถทั้งสองคันขับมาด้วยความเร็วเท่ากันคือ 20 เมตร/วินาที รถยนต์มีมวล 2000 กิโลกรัม และ รถจักรยานยนต์มีมวล 110 กิโลกรัม จากอุบัติเหตุนี้รถทั้งสองคันขับด้วยความเร็วเท่ากันเหตุใดรถยนต์จึงเสียหายหนักกว่า”

5.2.1.2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้าไปปรึกษากันที่กลุ่มย่อยใน Microsoft team ที่ได้แบ่งไว้และระบุปัญหาของสถานการณ์ผ่านกระดานสนทนาในเว็บไซต์

5.2.2 ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา (10 นาที)

5.2.2.1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ระดมความคิดช่วยกันและทำความเข้าใจกับปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ข้างต้น ว่าปัญหาที่นักเรียนระบุมาจำเป็นต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องอะไรบ้าง

5.2.2.2. ให้นักเรียนทุกคนระบุว่าต้องศึกษาความรู้เกี่ยวกับเรื่องอะไรลงในกระดานสนทนาในเว็บไซต์ หากนักเรียนกลุ่มไหนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนครูจะแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น

5.2.3. ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า (15 นาที)

5.2.3.1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันดำเนินการศึกษาค้นคว้าความรู้ในแต่ละหัวเรื่องที่เกี่ยวข้อง โดยให้แบ่งหัวข้อในการค้นคว้าภายในกลุ่ม จากแหล่งเรียนรู้ที่ครูได้เตรียมไว้ให้บนเว็บไซต์ ค้นคว้าจากหนังสือเรียนหรือจากอินเทอร์เน็ต เป็นต้น เพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

5.2.3.2. จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามา สรุปบันทึกผ่านเว็บไซต์ ซึ่งมีหัวข้อให้ดังนี้คือ สมการที่ใช้หาคำตอบ รวมทั้งตัวแปรต่าง ๆ และ ทฤษฎีความหมายและหลักการ

5.2.4. ขั้นสังเคราะห์ความรู้ (10 นาที)

5.2.4.1. ให้ทุกกลุ่มนำความรู้ที่ตนเองได้สรุปมาแลกเปลี่ยนความคิดภายในกลุ่ม อภิปรายผลและสังเคราะห์ข้อมูล ว่าข้อมูลที่ได้มาเหมาะสมหรือไม่เพียงใด ถ้ายังไม่พอสมาชิกในกลุ่มต้องช่วยกันค้นคว้าเพิ่มเติม แล้วบันทึกข้อมูลผ่านเว็บไซต์ จะเป็นการบันทึกข้อมูลทฤษฎีและหลักการรวมทั้งวิธีการคำนวณเพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์จากความเข้าใจของนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยครูคอยสังเกตการณ์ทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มพร้อมกับคอยให้คำแนะนำกับนักเรียนที่มีข้อสงสัยระหว่างการทำกิจกรรม

5.2.5. ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบ (10 นาที)

5.2.5.1. ครูให้นักเรียนมาที่ Microsoft team กลุ่มใหญ่ จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลจากการแก้สถานการณ์ของกลุ่มตนเอง

5.2.5.2. ครูและนักเรียนทุกกลุ่มร่วมกันสรุปภาพรวมของปัญหา

5.2.5.3. จากนั้นให้แต่ละกลุ่มเขียนประเมินผลงานตนเองจากการที่ได้แลกเปลี่ยนความคิดกันแล้วบันทึกข้อมูลผ่านเว็บไซต์ ว่าข้อมูลของกลุ่มตนเองนั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ เหมือนหรือต่างจากกลุ่มอื่นอย่างไร

5.2.6. ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน (30 นาที)

5.2.6.1. ครูให้แต่ละกลุ่มนำองค์ความรู้ที่ได้ออกมานำเสนอให้ครูและเพื่อนฟังใน Microsoft team กลุ่มใหญ่ พร้อมกับการนำเสนอผลงาน ในรูปแบบของแผนผังความคิด โดยนำเสนอกลุ่มละไม่เกิน 5 นาที

5.2.6.2. ให้แต่ละกลุ่มได้ประเมินให้คะแนนกลุ่มอื่น โดยคะแนนเต็ม 10 คะแนน พร้อมทั้งบอกเหตุผลการให้คะแนนนั้น ๆ ด้วย

5.2.6.3. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลที่ได้ทำกิจกรรมเกี่ยวกับ เรื่อง โมเมนตัม ว่าโมเมนตัมเป็นปริมาณหนึ่งที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ปริมาณโมเมนตัมจะมีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้น

5.2.6.4. นักเรียนทุกคนสรุปองค์ความรู้ลงบนกระดานสนทนาในเว็บไซต์

5.2.6.5. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบในเว็บไซต์

6. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการประเมิน	เครื่องมือประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
พุทธิพิสัย	- นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของโมเมนตัมได้	- แบบประเมินการให้คะแนนใบกิจกรรม	- ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนนร้อยละ 75 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม
ทักษะพิสัย	- นักเรียนสามารถคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมได้	- แบบประเมินการให้คะแนนด้านทักษะการคำนวณ	- ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนนร้อยละ 75 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม
จิตพิสัย	- นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย	- แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน	- ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนนร้อยละ 75 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

7. สื่อและแหล่งเรียนรู้

7.1. บทเรียนบนเว็บ ผ่าน https://sites.google.com/view/momentumphysics1/home

7.2. เอกสารประกอบการสอนฟิสิกส์เบื้องต้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนาเอกสารประกอบการสอนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ใช้เฉพาะโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

8. อ้างอิง

8.1. เอกสารประกอบการสอนฟิสิกส์เบื้องต้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการพัฒนาเอกสารประกอบการสอนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ใช้เฉพาะโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

9. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

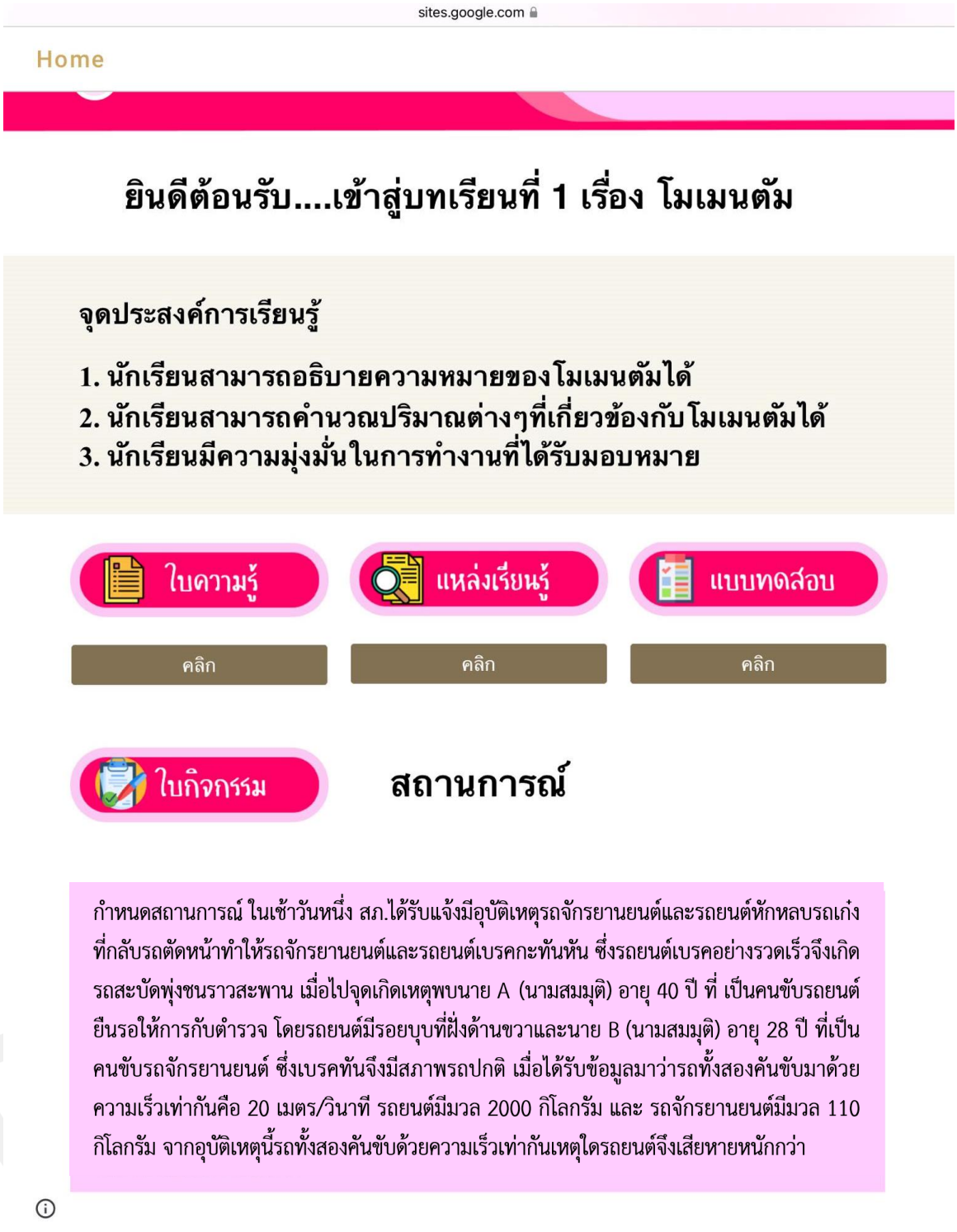
.....

.....

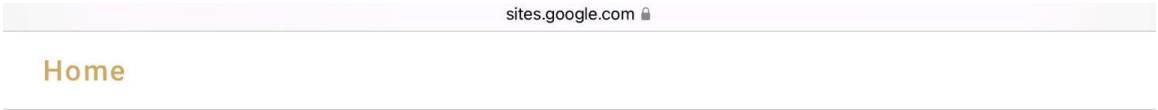
.....

ลงชื่อ.....ศุภมาส แสนโคก.....

(นางสาวศุภมาส แสนโคก)



ภาพประกอบที่ 8 ใบกิจกรรมบทเรียนที่ 1 การนำเสนอสถานการณ์



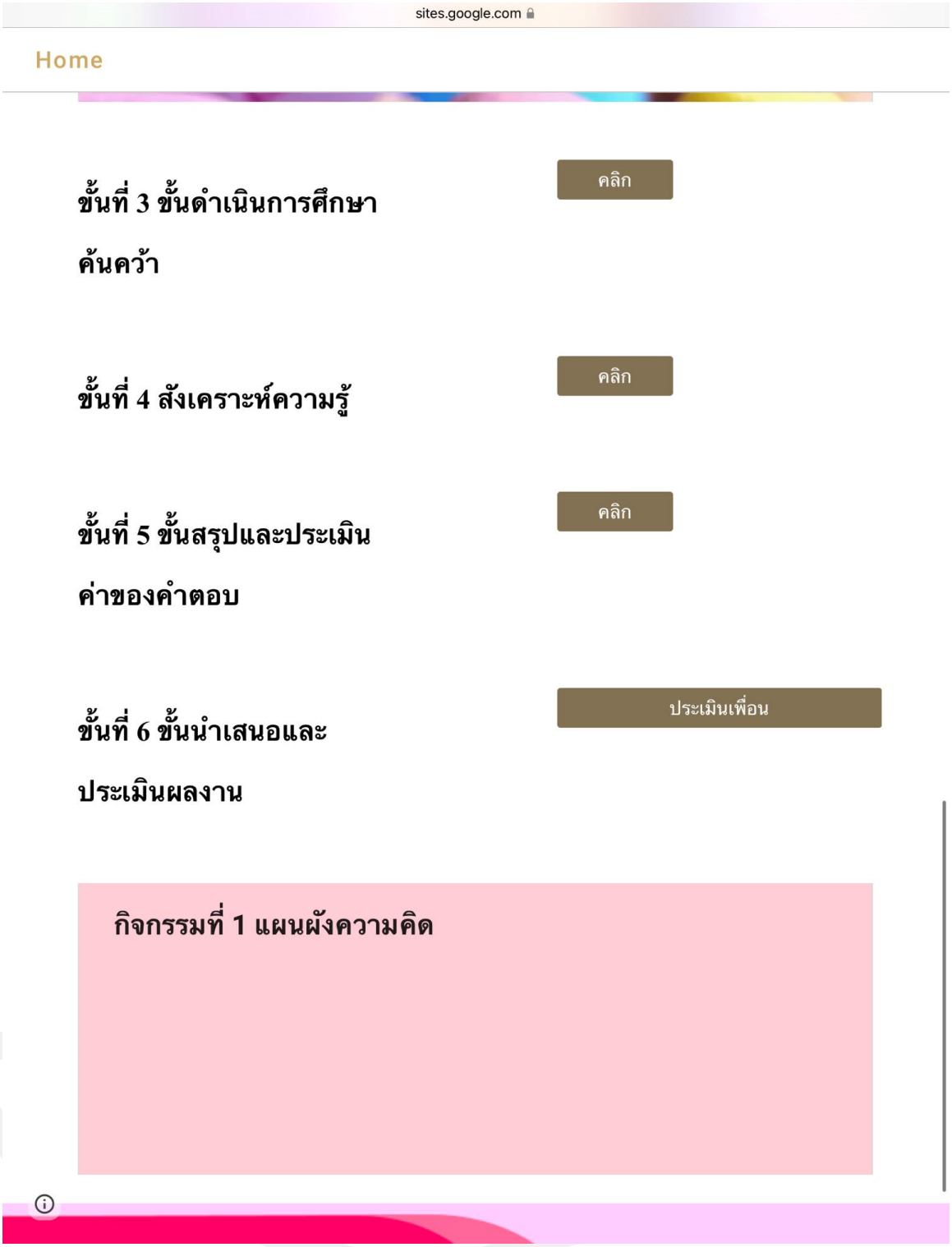
ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดปัญหา (นักเรียนต้องระบุว่าปัญหาจากสถานการณ์)

ขั้นที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา (นักเรียนต้องระบุว่าปัญหาจากสถานการณ์ต้องศึกษาความรู้เรื่องอะไรบ้าง)

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการศึกษา

ค้นคว้า

ภาพประกอบที่ 9 ใบกิจกรรมบทเรียนที่ 1 ขั้นที่ 1 – ขั้นที่ 3



ภาพประกอบที่ 10 ใบกิจกรรมบทเรียนที่ 1 ขั้นที่ 4 – ขั้นที่ 6

แบบประเมินการให้คะแนนใบกิจกรรม (K)

เรื่อง โมเมนตัม สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2/2564

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องให้คะแนนที่ตรงกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียนมากที่สุด

เลขที่	**ชื่อ - สกุล**	**ข้อที่ 3.1**			**3.2**			**ข้อที่ 3.3**			**คะแนนเต็ม 6 คะแนน**
		2	1	0	2	1	0	2	1	0	

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนนร้อยละ 75 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

เกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรม (K)

คำถาม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ข้อที่ 3.1	เขียนอธิบายโดยมีประเด็นหลัก 2 ประเด็น ดังนี้ “โมเมนตัม เป็นปริมาณหนึ่งที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งปริมาณนี้จะบอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า	เขียนอธิบายโดยมีประเด็นเดียว เช่น “โมเมนตัม เป็นปริมาณหนึ่งที่บอกสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ” หรือ “โมเมนตัม เป็นปริมาณที่บอกถึงความพยายามที่วัตถุจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า”	เขียนคำอธิบายไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนคำอธิบายใดๆ
ข้อที่ 3.2.	เขียนอธิบายโดยมีประเด็นหลัก 2 ประเด็น ดังนี้ “ปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุในขณะนั้น”	เขียนอธิบายโดยมีประเด็นเดียว เช่น “ปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้มีขนาดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับมวล หรือ ปริมาณโมเมนตัมที่กำหนดขึ้นนี้มีขนาดมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความเร็วขณะนั้น”	เขียนคำอธิบายไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนคำอธิบายใดๆ
ข้อที่ 3.3	ประเด็นหลัก 2 ประเด็น ดังนี้ “ปริมาณโมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ และ มีทิศตามทิศของความเร็ว”	ประเด็นหลัก 1 ประเด็น ดังนี้ “ปริมาณโมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ หรือ มีทิศตามทิศของความเร็ว”	เขียนคำอธิบายไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนคำอธิบายใดๆ

แบบประเมินการให้คะแนนใบกิจกรรม (P)

เรื่อง โมเมนตัม สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2/2564

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องให้คะแนนที่ตรงกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียนมากที่สุด

เลขที่	ชื่อ - สกุล	ข้อที่ 3.4												คะแนนรวม
		ความเข้าใจปัญหา				ความสัมพันธ์ของสมการ				คำตอบสุดท้าย				
		3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนนร้อยละ 75 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

เกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรม (P)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ความเข้าใจปัญหา	เขียนแสดงสิ่งที่โจทย์กำหนดมาและสิ่งที่โจทย์ให้หาได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	เขียนแสดงสิ่งที่โจทย์กำหนดมาและสิ่งที่โจทย์ให้หาได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	เขียนแสดงสิ่งที่โจทย์กำหนดมาและสิ่งที่โจทย์ให้หาถูกต้องบางส่วน	เขียนแสดงสิ่งที่โจทย์กำหนดมา และสิ่งที่โจทย์ให้หาไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนใดๆ
ความสัมพันธ์ของสมการ	เขียนแสดงความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง	เขียนแสดงความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง	เขียนแสดงความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้อยู่ในรูปสมการได้ไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการได้
คำตอบสุดท้าย	นำสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้แทนลงในสมการและได้คำตอบสุดท้ายถูกต้องพร้อมทั้งมีการระบุหน่วย	นำสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้แทนลงในสมการและได้คำตอบสุดท้ายถูกต้องแต่ไม่มีการระบุหน่วย	นำสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้แทนลงในสมการถูกต้องแต่ดำเนินการหาคำตอบสุดท้ายไม่ถูกต้อง	ไม่ทำการหาคำตอบสุดท้ายหรือคำตอบสุดท้ายไม่ถูกต้อง

แบบประเมินการให้คะแนนความมุ่งมั่นในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย (A)

เรื่อง โมเมนตัม สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2/2564

คำชี้แจง สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรมและและทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุด

เลขที่	ชื่อ - สกุล	พฤติกรรม				
		ความมุ่งมั่นในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย				คะแนนรวม
		3	2	1	0	

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(.....)

วันที่...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนนร้อยละ 75 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

เกณฑ์การให้คะแนนความมุ่งมั่นในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย (A)

พฤติกรรม	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
การรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	ทำงานที่ตนได้รับมอบหมายจนสำเร็จและส่งงานตรงตามเวลาที่กำหนด	ทำงานที่ตนได้รับมอบหมายจนสำเร็จแต่ส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด แต่มีเหตุผลที่รับฟังได้	ทำงานที่ตนได้รับมอบหมายจนสำเร็จแต่ส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนดซึ่งต้องอาศัยการตักเตือนจากคุณครู	ไม่ทำงานที่ตนได้รับมอบหมาย

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและตัวอย่าง แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาฟิสิกส์ 1 ว 31211 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง โมเมนตัมและการชน

คำชี้แจง : เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดกล่าวถึงความหมายของโมเมนตัมได้ถูกต้อง

ก. เป็นปริมาณที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ข. เป็นปริมาณที่บอกถึงความสามารถในการทำงานของวัตถุ

ค. เป็นปริมาณที่บอกถึงสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ง. เป็นปริมาณที่ช่วยลดแรงต้านในการเคลื่อนที่ของวัตถุ

2. วัตถุมีมวล 20 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 72 km/hr วัตถุมีโมเมนตัมเท่าใด

ก. 200 kg m/s

ข. 400 kg m/s

ค. 144 kg m/s

ง. 1,440 kg m/s

3. ปล่อยวัตถุมวล 1 kg จากจุดซึ่งอยู่สูงจากพื้น 5 m ขณะวัตถุกระทบพื้นจะมีโมเมนตัมเท่าไร

ก. 10 kg m/s

ข. 20 kg m/s

ค. 25 kg m/s

ง. 30 kg m/s

4. ข้อใดกล่าวถึงแรงและการเปลี่ยนโมเมนตัมไม่ถูกต้อง

ก. แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุ

ข. โมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงไปมีทิศทางเดียวกับความเร็วที่เปลี่ยนไป

ค. อัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมขึ้นอยู่กับความเร็วเฉลี่ย

ง. แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลาของการออกแรง

5. รถจักรยานยนต์มวล 500 kg วิ่งไปด้วยความเร็วคงที่ 90 km/hr บนถนนตรง ถ้าคนขับบังคับให้รถหยุดได้ภายใน 5 s จงหาแรงเฉลี่ยที่กระทำให้รถหยุด

ก. 2,000 N

ข. - 2,000 N

ค. 2,500 N

ง. - 2,500 N

6. ลูกบอลมวล 0.2 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 m/s เข้ากระทบกำแพงแล้วสะท้อนออกจากกำแพงด้วยความเร็ว 15 m/s ทำมุม 90 องศา กับแนวเดิม จงหาโมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงไป

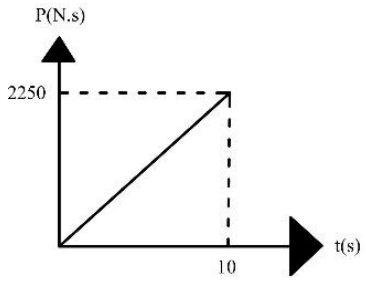
ก. 5 kgm/s

ข. 6 kgm/s

ค. 8 kgm/s

ง. 10 kgm/s

7. จรวดลำหนึ่งเคลื่อนที่ไปในแนวตรง พบว่า มีโมเมนตัมเปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาต่างๆ ดังกราฟ อยากทราบว่าแรงเฉลี่ยที่กระทำต่อจรวดลำนี้มีค่าเท่าไร ถ้าจรวดเคลื่อนที่ในอวกาศ



ก. 200 N

ข. 220 N

ค. 225 N

ง. 250 N

8. ข้อใดกล่าวถึงการดลได้ไม่ถูกต้อง

ก. การดลคือการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

ข. การดลคือผลคูณของโมเมนตัมและช่วงเวลา

ค. มีหน่วยเป็นนิวตันวินาที

ง. มีหน่วยเป็นกิโลกรัมเมตรต่อวินาที

9. ขว้างลูกบอล 1 kg ให้กระทบกำแพงด้วยความเร็ว 20 m/s และลูกบอลสะท้อนออกจากกำแพงด้วยความเร็ว 15 m/s ในทิศตรงข้ามจงหาการดลของแรงที่ลูกบอลกระทำกับกำแพง

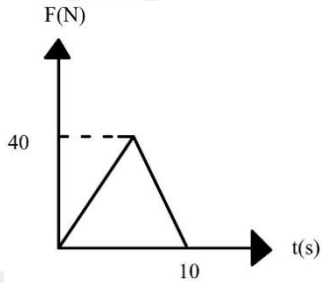
ก. 35 N.s ทิศพุ่งเข้ากำแพง

ข. 35 N.s ทิศพุ่งออกจากกำแพง

ค. 5 N.s ทิศพุ่งเข้ากำแพง

ง. 5 N.s ทิศพุ่งออกจากกำแพง

10. วัตถุมวล 20 kg วางอยู่นิ่งๆ บนพื้นราบเกลี้ยง แล้วได้รับแรงดันในแนวขนานกับพื้นโดยขนาดของแรงเป็นดังกราฟ จงหาว่าในช่วงเวลา 10 s วัตถุได้รับการดลเท่าไร



ก. 100 N.s

ข. 150 N.s

ค. 200 N.s

ง. 250 N.s

11. แบมแบมเตะบอลมวล 0.2 kg ด้วยความเร็ว 10 m/s ถ้าผู้รักษาประตูใช้มือรับลูกบอลให้หยุดนิ่งภายในเวลา 0.02 s แรงเฉลี่ยที่มือกระทำต่อลูกบอลมีขนาดเท่าใด

ก. 50 N ทิศเดียวกันกับการเคลื่อนที่

ข. 50 N ทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่

ค. 100 N ทิศเดียวกันกับการเคลื่อนที่

ง. 100 N ทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่

12. ข้อใดกล่าวถึงความหมายของกฎทรงโมเมนตัมได้ถูกต้อง

ก. ถ้ามีแรงมากระทำต่อระบบแล้ว โมเมนตัมของระบบจะมีค่าคงตัว

ข. ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อระบบแล้ว โมเมนตัมของระบบจะคงที่

ค. ถ้ามีแรงลัพธ์ภายนอกมากระทำต่อระบบแล้ว โมเมนตัมของระบบจะมีค่าคงตัว

ง. ถ้ามีแรงลัพธ์ภายในมากระทำต่อระบบแล้ว โมเมนตัมของระบบจะมีค่าคงที่

13. รถยนต์มวล 1200 kg เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s เข้าชนรถยนต์มวล 1300 kg ที่จอดอยู่นิ่ง หลังการชนพบว่ารถทั้งสองวิ่งไปพร้อมกัน จงหาความเร็วของรถทั้งสองคันหลังชน

ก. 2.0 m/s

ข. 2.2 m/s

ค. 2.4 m/s

ง. 2.6 m/s

14. รถทดลอง 2 คัน มวล 2 kg และ 4 kg ตามลำดับ ถ้ารถทดลองคันแรกเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออก ด้วยความเร็ว 5 m/s เข้าชนรถทดลองคันที่ 2 ซึ่งอยู่นิ่งให้เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออก ด้วยความเร็ว 2 m/s หลังการชนรถทดลองคันแรกจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าใด

ก. 1 m/s

ข. 2 m/s

ค. 3 m/s

ง. 4 m/s

15. จากข้อความต่อไปนี้ข้อใดกล่าวถึงชนิดของการชนใน 1 มิติ ได้

1. การชนกันของวัตถุแล้วไม่ติดกัน
2. การชนที่วัตถุเคลื่อนที่ติดกันไป
3. โมเมนตัมและพลังงานจลน์มีค่าคงตัว
4. โมเมนตัมมีค่าคงตัวแต่พลังงานจลน์มีค่าไม่คงตัว

ก. การชนแบบยืดหยุ่นคือ 1 และ 3

ข. การชนแบบยืดหยุ่นคือ 2 และ 4

ค. การชนแบบไม่ยืดหยุ่นคือ 1 และ 4

ง. การชนแบบไม่ยืดหยุ่นคือ 2 และ 3

16. วัตถุมวล 15 kg และมวล 5 kg วิ่งเข้าหากันและชนกันด้วยความเร็ว 10 m/s และ 6 m/s ตามลำดับ หลังการชนมวลทั้งสองเคลื่อนที่ติดไปด้วยกัน จงหาความเร็วหลังการชนของมวลทั้งสอง

ก. 1 m/s

ข. 2 m/s

ค. 4 m/s

ง. 6 m/s

17. ลูกปืนมวล 5 g ถูกยิงในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 1000 m/s เข้าชนแผ่นไม้มวล 2 kg และทะลุออกมาด้วยอัตราเร็ว 200 m/s จงหาว่าแท่งไม้จะแกว่งขึ้นไปสูงจากจุดหยุดนิ่งเท่าใด

ก. 0.2 m

ข. 0.5 m

ค. 0.8 m

ง. 1.0 m

18. วัตถุ A มวล 8 kg เคลื่อนที่ไปทางแกน +x ด้วยความเร็ว 10 m/s ได้ชนกับวัตถุ B มวล 10 kg ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ไปทางแกน +Y ด้วยความเร็ว 6 m/s ภายหลังการชนพบว่าวัตถุทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร็วหลังการชน 5.6 m/s การชนแบบนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นหรือไม่ยืดหยุ่น

ก. ยืดหยุ่น

ข. ไม่ยืดหยุ่น

ค. เป็นทั้งยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น

ง. ไม่เป็นทั้งยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น

19. ลูกบิลเลียดสีขาวและสีแดง มีมวล 500 g เท่ากัน ลูกสีขาวเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 5 m/s เข้าชนลูกสีแดงซึ่งอยู่นิ่ง ถ้าการชนนี้เป็นการชนในสองมิติและเป็นการชนแบบยืดหยุ่น จงหาว่าภายหลังการชนกันแล้วลูกบิลเลียดทั้งสองจะเคลื่อนที่แบบใด

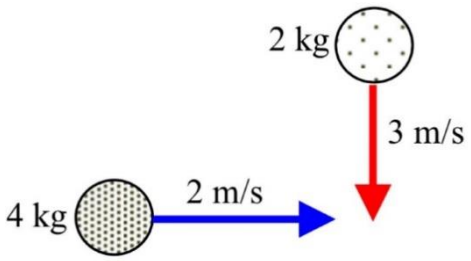
ก. แยกออกจากกันทำมุม 60 องศา

ข. เคลื่อนที่ตามกันไปในทิศทางเดียวกัน

ค. แยกออกจากกันทำมุม 90 องศา

ง. เคลื่อนที่ไปในทิศตรงกันข้าม

20. ลูกกลม 2 ลูก มวล 4 และ 2 kg ตามลำดับ มีขนาดของความเร็วก่อนชนดังรูป ความเร็วหลังชน เมื่อมวลทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไปมีค่ากี่ m/s



ก. 1.4

ข. 1.7

ค. 2.4

ง. 6.0

เฉลยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ	คำตอบ
1	ค
2	ข
3	ก
4	ค
5	ง
6	ก
7	ค
8	ข
9	ข
10	ค
11	ง
12	ข
13	ค
14	ก
15	ก
16	ง
17	ก
18	ข
19	ค
20	ข

แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ชื่อ.....นามสกุล.....เลขที่.....ชั้น

คำชี้แจง

1. ข้อสอบเป็นลักษณะโจทย์สถานการณ์แบบเขียนตอบมีทั้งหมด 2 สถานการณ์ ข้อคำถาม 8 ข้อ
2. ใช้เวลาในการทำ 50 นาที
3. เขียนตอบโดยใช้ปากกาหรือดินสอ
4. สามารถใช้เครื่องมือในการคำนวณได้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

สถานการณ์ที่ 1

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

จากข้อความข้างต้น เพราะเหตุใดการยิงประตูครั้งที่ 2 ของทีมสีแดง แบมแบมจึงรู้สึกออกแรงหยุดลูกบอลมากกว่า เมื่อกำหนดให้ ลูกบอลมีมวล 0.5 กิโลกรัม

1.1. จงระบุตัวแปรที่สถานการณ์ต้องการ

.....

.....

.....

.....

1.2. จงระบุตัวแปรสำคัญที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.3. จงระบุสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.4. ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนแสดงวิธีการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

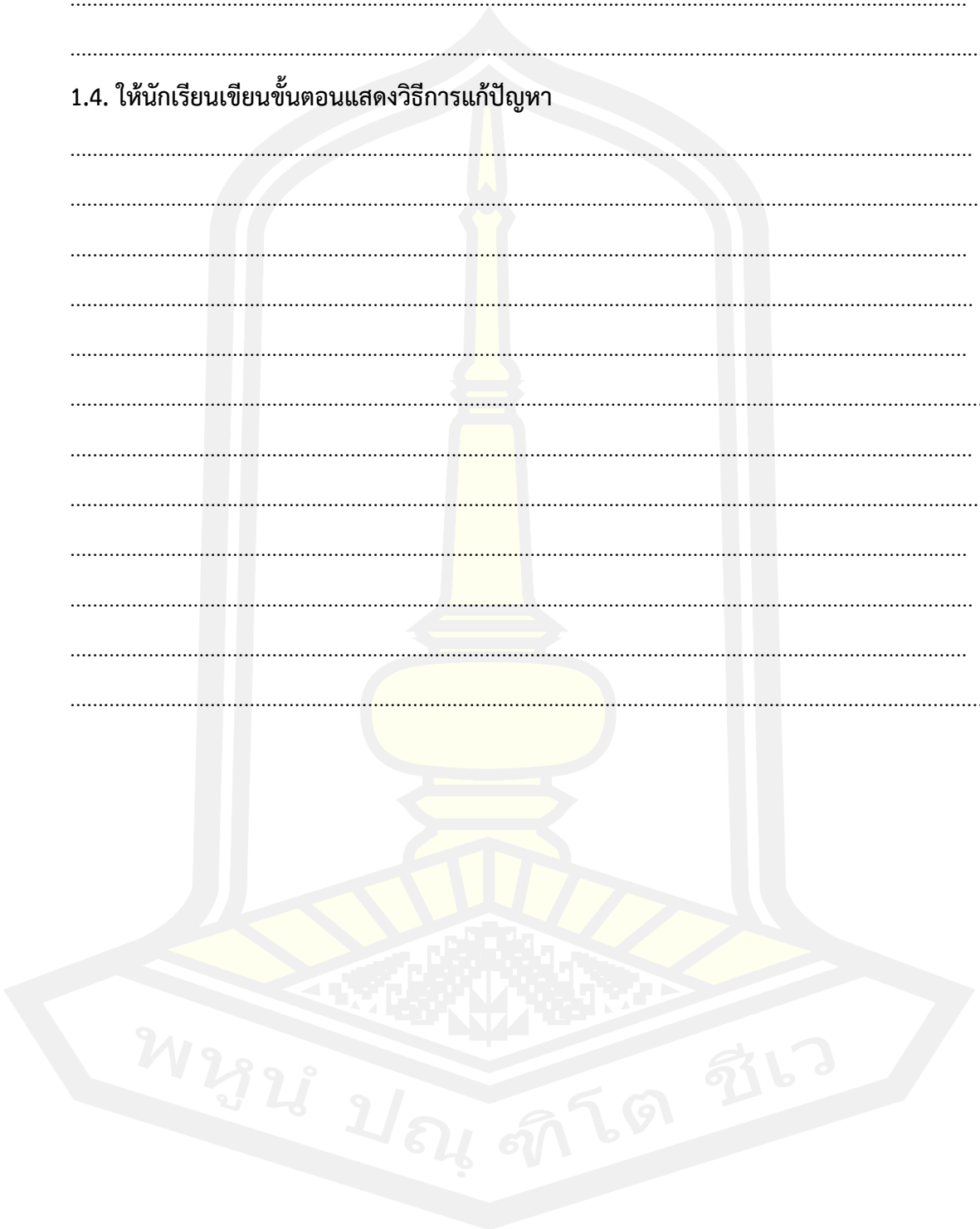
.....

.....

.....

.....

.....



สถานการณ์ที่ 2

ณ โชว์รูมรถซุปเปอร์คาร์แห่งหนึ่ง

นักธุรกิจ : รถซุปเปอร์คาร์ที่สามารถทำความเร็วจาก 0-100 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยใช้เวลาไม่เกิน 5 วินาที มีรุ่นอะไรบ้างครับ

พนักงาน : โชว์รูมของเรามีรุ่นดังนี้ครับ

ตารางรถซุปเปอร์คาร์

รุ่น	ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)	มวลรถ (กิโลกรัม)
BMW i8	0-100	4.4	1,670
Rimac Concept Two	0-100	1.85	1,950
Ferrari 488 GTB	0-100	3	1,370
Porsche 911 GT3	0-100	3.3	1,435
Bugatti chiron	0-100	2.5	1,977

นักธุรกิจ : จากตารางรถซุปเปอร์คาร์นี้ ผมต้องการรถ 1 คัน ที่สามารถทำความเร็วจาก 0-100 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยใช้เวลาไม่เกิน 5 วินาที แต่ใช้แรงในการหยุดรถน้อย

จากข้อมูลข้างต้น นักเรียนคิดว่าพนักงานควรจะแนะนำรถซุปเปอร์คาร์รุ่นใดให้กับนักธุรกิจ และ เพราะเหตุใด

2.1. จงระบุตัวแปรที่สถานการณ์ต้องการ

.....

.....

.....

.....

2.2. จงระบุตัวแปรสำคัญที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.3. จงระบุสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.4. ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนแสดงวิธีการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

องค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ	เกณฑ์การให้คะแนน			
	4	3	2	1
การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้องครบถ้วนทั้งหมด	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด	ระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้ไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถระบุปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์ต้องการหาได้
การคิดเชิงนามธรรม	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ถูกต้องครบถ้วนทั้งหมด	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนทั้งหมด	ระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้ไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถระบุข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาในรูปแบบของตัวแปรจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้ได้
การหารูปแบบ	เขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องสมบูรณ์	เขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการซึ่งสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน โดยบางส่วนที่ไม่ถูกคือตัวแปรบางตัวสลับ	เขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้	ไม่สามารถเขียนรูปแบบความสัมพันธ์จากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้อยู่ในรูปแบบสมการ

องค์ประกอบการคิดเชิงคำนวณ	เกณฑ์การให้คะแนน			
	4	3	2	1
		ที่กัน ตัวแปรบางตัวขาดหายไป ตัวแปรบางตัวเพิ่มขึ้นมาในสมการทำให้เสียเวลาในการแก้ปัญหา		
การออกแบบขั้นตอนวิธี	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องและแสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบและระบุหน่วยที่ถูกต้องได้	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้ถูกต้องแต่แสดงวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบได้ไม่ถูกต้องหรือนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการได้และวิธีการคำนวณเพื่อนำไปสู่คำตอบได้ถูกต้อง แต่ไม่ระบุหน่วย	นำตัวแปรมาแทนค่าในสมการ แสดงวิธีการคำนวณและระบุหน่วยเพื่อนำไปสู่คำตอบได้ไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถนำตัวแปรมาแทนค่าในสมการ แสดงวิธีการคำนวณและระบุหน่วยเพื่อนำไปสู่คำตอบได้

เฉลยแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

สถานการณ์ที่ 1

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

จากข้อความข้างต้น เพราะเหตุใดการยิงประตูครั้งที่ 2 ของทีมสีแดง แบมแบมจึงรู้สึกออกแรงหยุดลูกบอลมากกว่า เมื่อกำหนดให้ ลูกบอลมีมวล 0.5 กิโลกรัม

1.1. จงระบุตัวแปรที่สถานการณ์ต้องการ

หา $\vec{P}$ ของการยิงประตูครั้งที่ 1 และ $\vec{P}$ ของการยิงประตูครั้งที่ 2 และทำการเปรียบเทียบ

1.2. จงระบุตัวแปรสำคัญที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้

ยิงประตูครั้งที่ 1 $\vec{v} = 18km/hr$ และ $m = 0.5kg$

ยิงประตูครั้งที่ 2 $\vec{v} = 72km/hr$ และ $m = 0.5kg$

1.3. จงระบุสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

1.4. ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนแสดงวิธีการแก้ปัญหา

การยิงประตูครั้งที่ 1

เปลี่ยน km/hr เป็น m/s

จะได้ $18km/hr = 18x\frac{5}{18} = 5m/s$

จาก $\vec{P} = m\vec{v}$

$$\vec{P} = (0.5kg)(5m/s)$$

$$\vec{P} = 2.5kgm/s$$

การยิงประตูครั้งที่ 2

เปลี่ยน km/hr เป็น m/s

จะได้ $72km/hr = 72x\frac{5}{18} = 20m/s$

จาก $\vec{P} = m\vec{v}$

$$\vec{P} = (0.5kg)(20m/s)$$

$$\vec{P} = 10kgm/s$$

จากการคำนวณพบว่าการยิงประตูครั้งที่ 1 ปริมาณที่บอกสภาพการเคลื่อนที่หรือโมเมนตัมเท่ากับ 2.5 kgm/s ในขณะที่การยิงประตูครั้งที่ 2 ปริมาณที่บอกสภาพการเคลื่อนที่หรือโมเมนตัมเท่ากับ 10 kgm/s ดังนั้นการยิงประตูครั้งที่ 2 มีปริมาณที่บอกสภาพการเคลื่อนที่หรือโมเมนตัมที่มากกว่า แบมแบมจึงต้องออกแรงหยุดลูกบอลมากกว่าการยิงประตูครั้งที่ 1

สถานการณ์ที่ 2

ณ โชว์รูมรถซุปเปอร์คาร์แห่งหนึ่ง

นักธุรกิจ : รถซุปเปอร์คาร์ที่สามารถทำความเร็วจาก 0-100 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยใช้เวลาไม่เกิน 5 วินาที มีรุ่นอะไรบ้างครับ

พนักงาน : โชว์รูมของเรามีรุ่นดังนี้ครับ

ตารางรถซุปเปอร์คาร์

รุ่น	**ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)**	**เวลา (วินาที)**	**มวลรถ (กิโลกรัม)**
BMW i8	0-100	4.4	1,670
Rimac Concept Two	0-100	1.85	1,950
Ferrari 488 GTB	0-100	3	1,370
Porsche 911 GT3	0-100	3.3	1,435
Bugatti chiron	0-100	2.5	1,977

นักธุรกิจ : จากตารางรถซุปเปอร์คาร์นี้ ผมต้องการรถ 1 คัน ที่สามารถทำความเร็วจาก 0-100 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยใช้เวลาไม่เกิน 5 วินาที แต่ใช้แรงในการหยุดรถน้อย

จากข้อมูลข้างต้น นักเรียนคิดว่าพนักงานควรจะแนะนำรถซุปเปอร์คาร์รุ่นใดให้กับนักธุรกิจ และ เพราะเหตุใด

2.1. จงระบุตัวแปรที่สถานการณ์ต้องการ

ต้องหารถรุ่นที่ใช้แรงในการหยุดรถน้อย จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่า $\vec{F}$ ของรถแต่ละคัน

2.2. จงระบุตัวแปรสำคัญที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้

- BMW i8 $\vec{u} = 0m/s$ $\vec{v} = 100km/hr$ $t = 4.4s$ และ $m = 1,670kg$
- Rimac Concept Two $\vec{u} = 0m/s$ $\vec{v} = 100km/hr$ $t = 1.85s$ และ $m = 1,950kg$
- Ferrari 488 GTB $\vec{u} = 0m/s$ $\vec{v} = 100km/hr$ $t = 3s$ และ $m = 1,370kg$
- Porsche 911 GT3 $\vec{u} = 0m/s$ $\vec{v} = 100km/hr$ $t = 3.3s$ และ $m = 1,435kg$
- Bugatti chiron $\vec{u} = 0m/s$ $\vec{v} = 100km/hr$ $t = 2.5s$ และ $m = 1,977kg$ และ

2.3. จงระบุสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

$$\vec{F} = \frac{m\left(\vec{v}-\vec{u}\right)}{\Delta t}$$

2.4. ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนแสดงวิธีการแก้ปัญหา

เปลี่ยน km/hr เป็น m/s จะได้ว่า $100km/hr = 100x\frac{5}{18} = 27.78m/s$

- BMW i8

$$\vec{F} = \frac{m\left(\vec{v}-\vec{u}\right)}{\Delta t} = \frac{1{,}670(27.78)}{4.4} = 10{,}544N$$

- Rimac Concept Two $\vec{u} = 0m/s$

$$\vec{F} = \frac{m\left(\vec{v}-\vec{u}\right)}{\Delta t} = \frac{1{,}950(27.78)}{1.85} = 29{,}282N$$

- Ferrari 488 GTB $\vec{u} = 0m/s$

$$\vec{F} = \frac{m\left(\vec{v}-\vec{u}\right)}{\Delta t} = \frac{1{,}370(27.78)}{3} = 12{,}686N$$

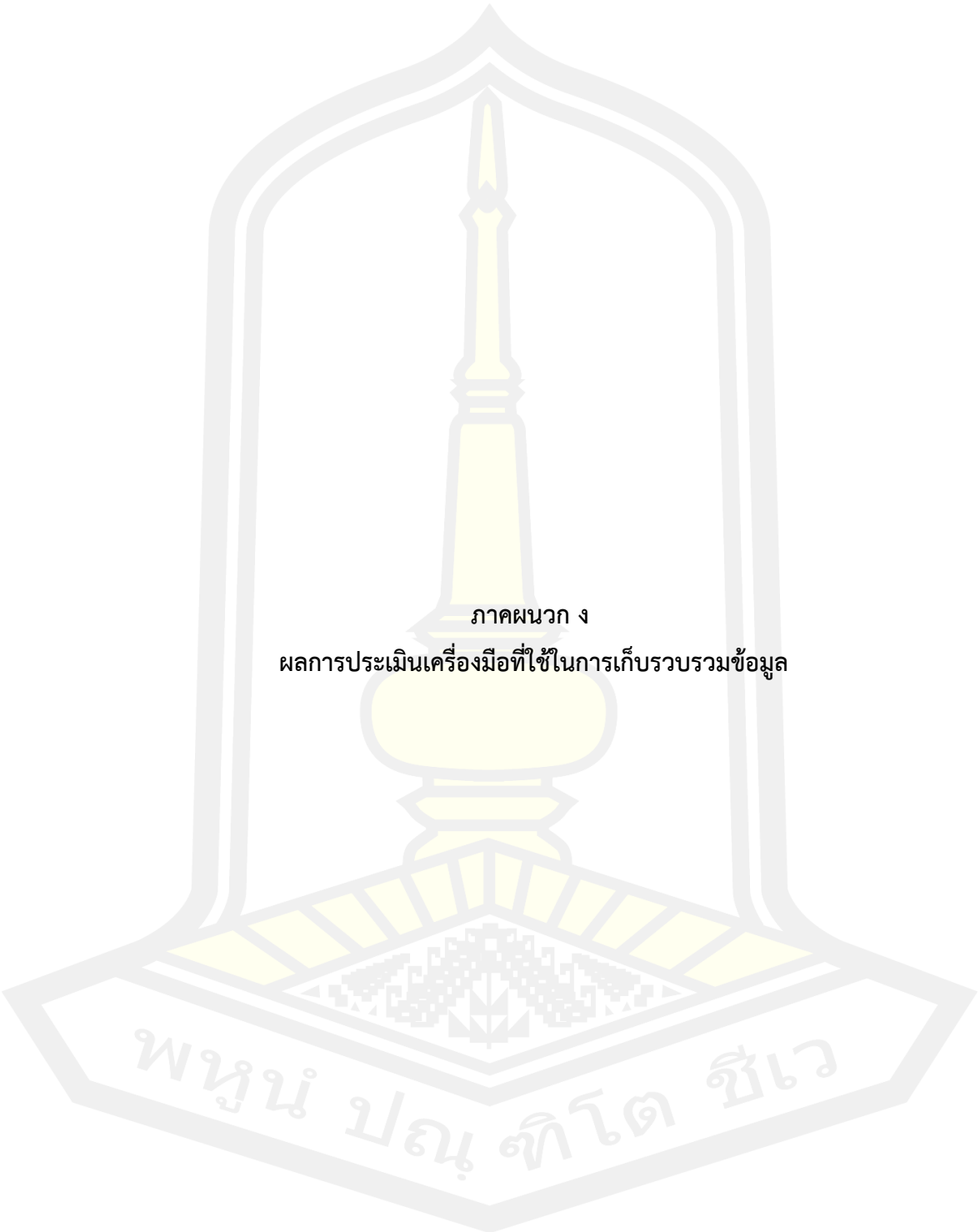
- Porsche 911 GT3 $\vec{u} = 0m/s$

$$\vec{F} = \frac{m\left(\vec{v}-\vec{u}\right)}{\Delta t} = \frac{1{,}435(27.78)}{3.3} = 12{,}080N$$

- Bugatti chiron $\vec{u} = 0m/s$

$$\vec{F} = \frac{m\left(\vec{v}-\vec{u}\right)}{\Delta t} = \frac{1{,}977(27.78)}{2.5} = 21{,}968N$$

จากการคำนวณพบว่ารถซุปเปอร์คาร์รุ่น BMW i8 ใช้แรงในการหยุดรถน้อยที่สุด ดังนั้น พนักงานควรจะแนะนำรถซุปเปอร์คาร์รุ่น BMW i8 ให้กับนักธุรกิจ



ภาคผนวก ง
ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 27 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

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

ตารางที่ 27 (ต่อ)

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
23	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
24	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 28 ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) และ ค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	แปลผล
1	0.68	0.42	ใช้ได้
2	0.84	0.11	ใช้ไม่ได้
3	0.58	0.21	ใช้ได้
4	0.66	0.47	ใช้ได้
5	0.66	0.26	ใช้ได้
6	0.63	0.53	ใช้ได้
7	0.61	0.26	ใช้ได้
8	0.68	0.32	ใช้ได้
9	0.63	0.21	ใช้ได้
10	0.53	0.32	ใช้ได้
11	0.76	0.26	ใช้ได้
12	0.84	0.32	ใช้ไม่ได้
13	0.55	0.26	ใช้ได้
14	0.66	0.37	ใช้ได้
15	0.74	0.21	ใช้ได้
16	0.82	0.26	ใช้ไม่ได้
17	0.66	0.26	ใช้ได้
18	0.84	0.11	ใช้ไม่ได้
19	0.68	0.32	ใช้ได้
20	0.71	0.37	ใช้ได้
21	0.84	0.21	ใช้ไม่ได้
22	0.68	0.32	ใช้ได้
23	0.66	0.37	ใช้ได้
24	0.74	0.42	ใช้ได้
25	0.66	0.26	ใช้ได้

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	แปลผล
26	0.68	0.32	ใช้ได้
27	0.71	0.26	ใช้ได้
28	0.74	0.21	ใช้ได้
29	0.63	0.32	ใช้ได้
30	0.66	0.37	ใช้ได้
31	0.45	0.26	ใช้ได้
32	0.76	0.26	ใช้ได้
33	0.63	0.21	ใช้ได้
34	0.50	0.26	ใช้ได้
35	0.66	0.26	ใช้ได้
36	0.53	0.21	ใช้ได้
37	0.61	0.58	ใช้ได้
38	0.68	0.21	ใช้ได้
39	0.45	0.26	ใช้ได้
40	0.47	0.21	ใช้ได้

ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ α = 0.80

ตารางที่ 29 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระกว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ข้อที่	จุดประสงค์ที่ต้องการวัด	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การคิดเชิงนามธรรม	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การหารูปแบบ	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การออกแบบขั้นตอน	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
2	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การคิดเชิงนามธรรม	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การหารูปแบบ	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การออกแบบขั้นตอน	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
3	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การคิดเชิงนามธรรม	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การหารูปแบบ	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การออกแบบขั้นตอน	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
4	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การคิดเชิงนามธรรม	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การหารูปแบบ	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	การออกแบบขั้นตอน	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 30 ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) และ ค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (B)	แปลผล
1	0.69	0.32	ใช้ได้
2	0.42	0.23	ใช้ไม่ได้
3	0.33	0.28	ใช้ได้
4	0.64	0.24	ใช้ได้

ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ α = 0.84

ตารางที่ 31 ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญของความเหมาะสมระหว่างองค์ประกอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณกับระดับคะแนนต่อเกณฑ์ความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

ข้อที่	**องค์ประกอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ**	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**			**รวมคะแนน**	**ความเหมาะสม**
		คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**		
1	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	4	5	5	14	4.67
	การคิดเชิงนามธรรม	4	5	5	14	4.67
	การหารูปแบบ	4	5	5	14	4.67
	การออกแบบขั้นตอน	4	5	5	14	4.67
2	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	4	5	5	14	4.67
	การคิดเชิงนามธรรม	4	5	5	14	4.67
	การหารูปแบบ	4	5	5	14	4.67
	การออกแบบขั้นตอน	4	5	5	14	4.67
3	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	4	5	5	14	4.67
	การคิดเชิงนามธรรม	4	5	5	14	4.67
	การหารูปแบบ	4	5	5	14	4.67

ตารางที่ 31 (ต่อ)

ข้อที่	องค์ประกอบความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
4	การแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย	4	5	5	14	4.67
	การคิดเชิงนามธรรม	4	5	5	14	4.67
	การหารูปแบบ	4	5	5	14	4.67
	การออกแบบขั้นตอน	4	5	5	14	4.67
เฉลี่ย		4.00	5.00	5.00	4.00	4.67
		4.67				
ระดับคุณภาพ		ระดับคุณภาพดีมาก				

ตารางที่ 32 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ เรื่อง โมเมนตัมและการชน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เลขที่	คะแนนจากใบกิจกรรม แบบทดสอบย่อย											
	แผนที่ 1		แผนที่ 2		แผนที่ 3		แผนที่ 4		แผนที่ 5		แผนที่ 6	
	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย
	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10
1	12	8	11	7	13	8	12	6	12	6	11	7
2	13	7	12	6	11	6	12	6	11	6	12	5
3	13	7	12	7	12	6	11	6	13	8	11	6
4	14	9	13	8	12	7	12	7	11	6	12	6
5	12	8	11	6	13	8	12	6	12	7	12	7
6	12	8	13	7	12	7	12	7	13	7	12	7
7	12	9	13	6	14	8	13	8	12	7	13	8
8	14	9	13	8	14	8	12	8	12	8	12	7
9	12	8	12	8	13	8	12	7	11	6	13	8

ตารางที่ 32 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนจากใบกิจกรรม แบบทดสอบย่อย											
	แผนที่ 1		แผนที่ 2		แผนที่ 3		แผนที่ 4		แผนที่ 5		แผนที่ 6	
	ระหว่างเรียน	ปลายคาบ	ระหว่างเรียน	ปลายคาบ	ระหว่างเรียน	ปลายคาบ	ระหว่างเรียน	ปลายคาบ	ระหว่างเรียน	ปลายคาบ	ระหว่างเรียน	ปลายคาบ
	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10
10	12	7	12	7	13	7	12	8	12	7	13	7
11	14	8	12	8	12	7	13	8	13	8	12	9
12	12	8	10	6	13	8	12	7	11	7	12	6
13	12	7	12	7	13	8	12	6	12	7	13	7
14	14	9	14	9	13	8	12	8	13	7	12	7
15	12	8	13	8	11	6	11	6	12	8	12	6
16	14	9	13	8	13	8	12	6	12	7	13	7
17	12	7	13	7	12	7	12	7	12	7	11	6
18	13	8	14	8	12	6	11	6	13	6	12	7

ตารางที่ 32 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนจากใบกิจกรรม แบบทดสอบย่อย											
	แผนที่ 1		แผนที่ 2		แผนที่ 3		แผนที่ 4		แผนที่ 5		แผนที่ 6	
	ระยะปฏิบัติ	ระยะนำเสนอ	ระยะปฏิบัติ	ระยะนำเสนอ	ระยะปฏิบัติ	ระยะนำเสนอ	ระยะปฏิบัติ	ระยะนำเสนอ	ระยะปฏิบัติ	ระยะนำเสนอ	ระยะปฏิบัติ	ระยะนำเสนอ
	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10
19	12	7	12	6	13	8	12	8	12	7	11	6
20	12	9	12	7	12	7	13	8	12	7	13	8
21	13	8	12	8	13	8	12	7	13	8	12	8
22	14	9	13	7	12	8	12	7	13	8	12	8
23	11	7	12	5	12	8	11	6	12	6	11	6
24	14	9	13	8	14	8	13	7	12	7	13	7
25	13	7	13	8	12	7	12	7	13	7	12	7
26	12	8	12	7	12	8	13	8	11	6	13	6
27	14	9	13	8	13	9	13	9	12	8	12	8

ตารางที่ 32 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนจากใบกิจกรรม แบบทดสอบย่อย											
	แผนที่ 1		แผนที่ 2		แผนที่ 3		แผนที่ 4		แผนที่ 5		แผนที่ 6	
	ระบบใบงาน	ลอยุกตอย่างเหมาะ	ระบบใบงาน	ลอยุกตอย่างเหมาะ	ระบบใบงาน	ลอยุกตอย่างเหมาะ	ระบบใบงาน	ลอยุกตอย่างเหมาะ	ระบบใบงาน	ลอยุกตอย่างเหมาะ	ระบบใบงาน	ลอยุกตอย่างเหมาะ
	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10
28	13	8	12	6	12	7	12	8	13	7	13	7
29	12	8	13	7	12	8	12	7	12	6	11	6
30	12	7	12	6	11	6	12	8	11	6	12	8
31	13	7	13	8	12	8	12	7	11	6	12	7
32	14	9	13	8	12	7	11	7	13	7	13	6
33	13	8	13	9	13	8	12	8	13	8	12	6
34	13	7	12	7	10	6	11	6	12	7	11	6
รวม	434	271	423	246	421	252	408	241	412	236	411	233
เฉลี่ย	12.76	7.97	12.44	7.24	12.38	7.41	12.00	7.09	12.12	6.94	12.09	6.85
S.D.	0.89	0.80	0.82	0.96	0.89	0.82	0.60	0.87	0.73	0.74	0.71	0.89
ร้อยละ	85.10	79.71	82.94	72.35	82.55	74.12	80.00	70.88	80.78	69.41	80.59	68.53

ตารางที่ 32 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)					ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)				
	รวม		สัดส่วน		ร้อยละ	รวม		สัดส่วน		ร้อยละ
	กระบวนการใน	ผลลัพธ์ของกระบวนการ	กระบวนการใน	ผลลัพธ์ของกระบวนการ		ผลลัพธ์ที่ต้องการ	กระบวนการ ผลลัพธ์ที่ไม่ต้องการ	ผลลัพธ์ที่ต้องการ	กระบวนการ ผลลัพธ์ที่ไม่ต้องการ	
	90	60	60%	40%	100%	20	32	50%	50%	100%
1	71.00	42.00	47.33	28.00	75.33	14	28	35	43.75	78.75
2	71.00	36.00	47.33	24.00	71.33	13	25	32.5	39.06	71.56
3	72.00	40.00	48.00	26.67	74.67	15	27	37.5	42.19	79.69
4	74.00	43.00	49.33	28.67	78.00	16	26	40	40.63	80.63
5	72.00	42.00	48.00	28.00	76.00	14	26	35	40.63	75.63
6	74.00	43.00	49.33	28.67	78.00	15	27	37.5	42.19	79.69
7	77.00	46.00	51.33	30.67	82.00	17	29	42.5	45.31	87.81
8	77.00	48.00	51.33	32.00	83.33	18	31	45	48.44	93.44
9	73.00	45.00	48.67	30.00	78.67	15	26	37.5	40.63	78.13
10	74.00	43.00	49.33	28.67	78.00	16	27	40	42.19	82.19

ตารางที่ 32 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)					ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)				
	รวม		สัดส่วน			รวม		สัดส่วน		
	กระบวนการ	คอยุ กระบวนการ	กระบวนการ	คอยุ กระบวนการ	ร้อยละ	คะแนนเต็ม	กระบวนการ คอยุ	คะแนนเต็ม	กระบวนการ คอยุ	ร้อยละ
	90	60	60%	40%	100%	20	32	50%	50%	100%
11	76.00	48.00	50.67	32.00	82.67	18	28	45	43.75	88.75
12	70.00	42.00	46.67	28.00	74.67	14	25	35	39.06	74.06
13	74.00	42.00	49.33	28.00	77.33	16	27	40	42.19	82.19
14	78.00	48.00	52.00	32.00	84.00	18	31	45	48.44	93.44
15	71.00	42.00	47.33	28.00	75.33	13	27	32.5	42.19	74.69
16	77.00	45.00	51.33	30.00	81.33	18	31	45	48.44	93.44
17	72.00	41.00	48.00	27.33	75.33	15	26	37.5	40.63	78.13
18	75.00	41.00	50.00	27.33	77.33	16	29	40	45.31	85.31
19	72.00	42.00	48.00	28.00	76.00	15	27	37.5	42.19	79.69
20	74.00	46.00	49.33	30.67	80.00	17	30	42.5	46.88	89.38

ตารางที่ 32 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)					ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)				
	รวม		สัดส่วน			รวม		สัดส่วน		
	กระบวนการ	ผลลัพธ์	กระบวนการ	ผลลัพธ์	คะแนนเต็ม	ผลลัพธ์	กระบวนการ	ผลลัพธ์	กระบวนการ	คะแนนเต็ม
	90	60	60%	40%	100%	20	32	50%	50%	100%
21	75.00	47.00	50.00	31.33	81.33	16	30	40	46.88	86.88
22	76.00	47.00	50.67	31.33	82.00	14	29	35	45.31	80.31
23	69.00	38.00	46.00	25.33	71.33	13	25	32.5	39.06	71.56
24	79.00	46.00	52.67	30.67	83.33	16	30	40	46.88	86.88
25	75.00	43.00	50.00	28.67	78.67	15	29	37.5	45.31	82.81
26	73.00	43.00	48.67	28.67	77.33	16	26	40	40.63	80.63
27	77.00	51.00	51.33	34.00	85.33	17	31	42.5	48.44	90.94
28	75.00	43.00	50.00	28.67	78.67	14	28	35	43.75	78.75
29	72.00	42.00	48.00	28.00	76.00	16	30	40	46.88	86.88

ตารางที่ 32 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)					ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)				
	รวม		สัดส่วน			รวม		สัดส่วน		
	กระบวนการ	ผลลัพธ์ของกระบวนการ	กระบวนการ	ผลลัพธ์ของกระบวนการ	ร้อยละของคะแนน	ผลลัพธ์	กระบวนการ ผลลัพธ์ของกระบวนการ	ผลลัพธ์	กระบวนการ ผลลัพธ์ของกระบวนการ	ร้อยละของคะแนน
	90	60	60%	40%	100%	20	32	50%	50%	100%
30	70.00	41.00	46.67	27.33	74.00	12	24	30	37.50	67.50
31	73.00	43.00	48.67	28.67	77.33	13	28	32.5	43.75	76.25
32	76.00	44.00	50.67	29.33	80.00	15	30	37.5	46.88	84.38
33	76.00	47.00	50.67	31.33	82.00	17	31	42.5	48.44	90.94
34	69.00	39.00	46.00	26.00	72.00	12	24	30	37.50	67.50
รวม	2509.00	1479.00	1672.67	986	2658.67	519.00	948.00	1297.50	1481.25	2778.75
เฉลี่ย	73.79	43.50	49.20	29.00	78.20	15.26	27.88	38.16	43.57	81.73
S.D.	2.63	3.17	1.75	2.12	3.67	1.71	2.16	4.28	3.37	7.12
ร้อยละ	81.99	72.50	49.20	29.00	78.20	76.32	87.13	38.16	43.57	81.73

ภาคผนวก จ

หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ที่ อว 0605.5(2)/ว151

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

12 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.ฉันชัย จันทะเสน

ด้วย นางสาวศุภมาส แสนโคก นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0869574444

ที่ อว 0605.5(2)/ว151 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

12 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ดุษฎี ศรีสองเมือง

ด้วย นางสาวศุภมาส แสนโคก นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0869574444

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว151 วันที่ 12 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชนีวรรณ ตั้งภักดี

ด้วย นางสาวศุภมาส แสนโคก นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว151 วันที่ 12 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.สุภกร หาญสูงเนิน

ด้วย นางสาวศุภมาส แสนโคก นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว151 วันที่ 12 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

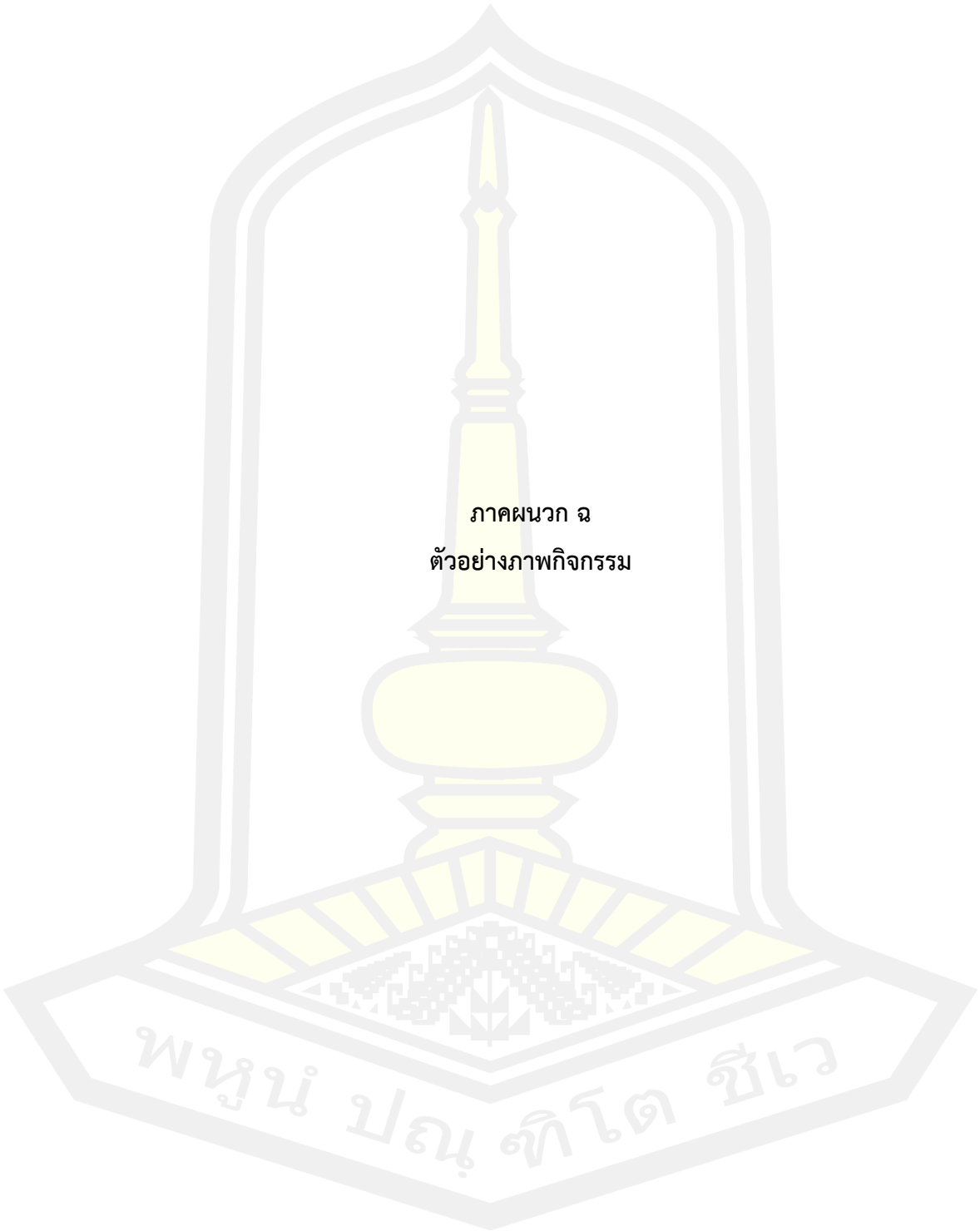
เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์

ด้วย นางสาวศุภมาส แสนโคก นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับบทเรียนบนเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

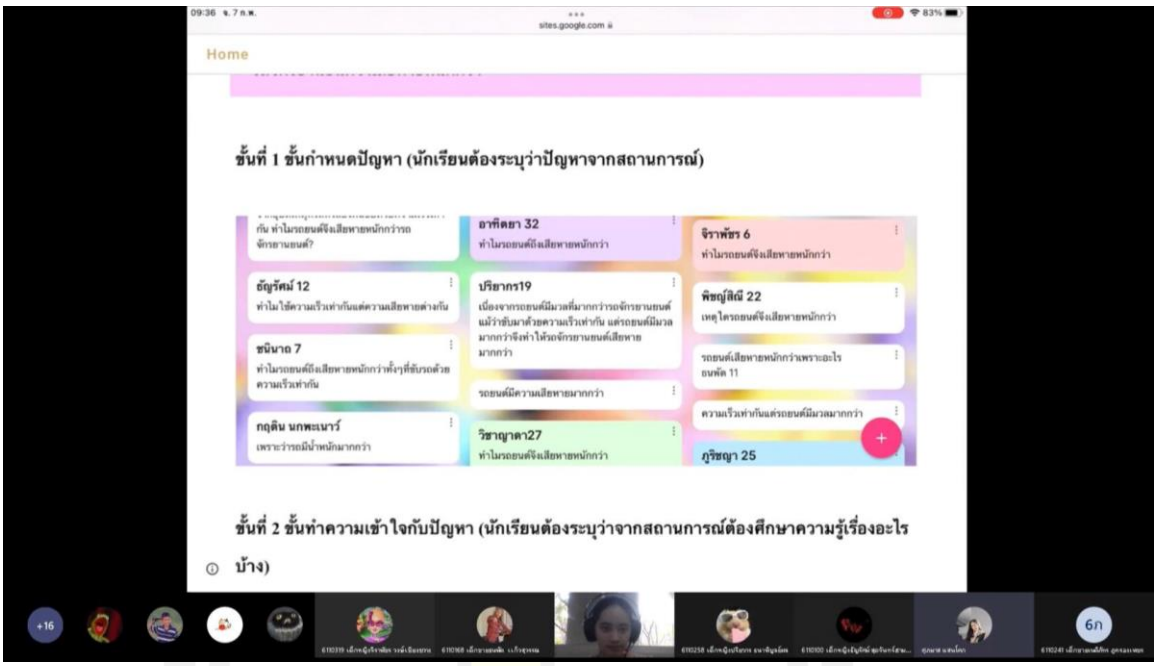
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

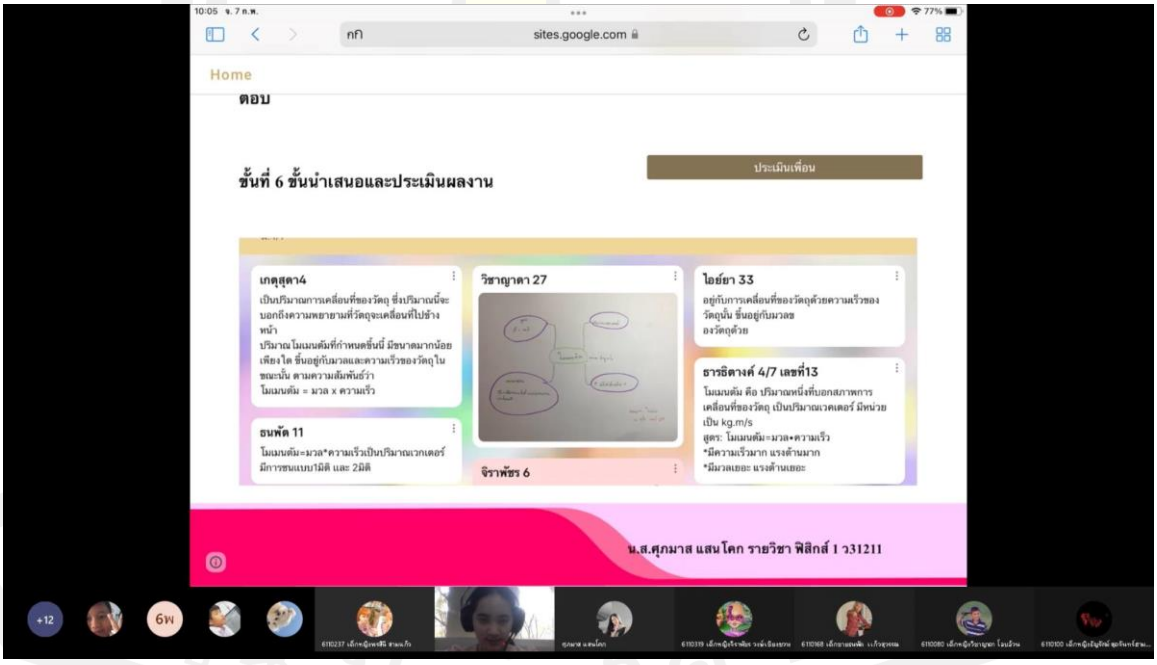


ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างภาพกิจกรรม



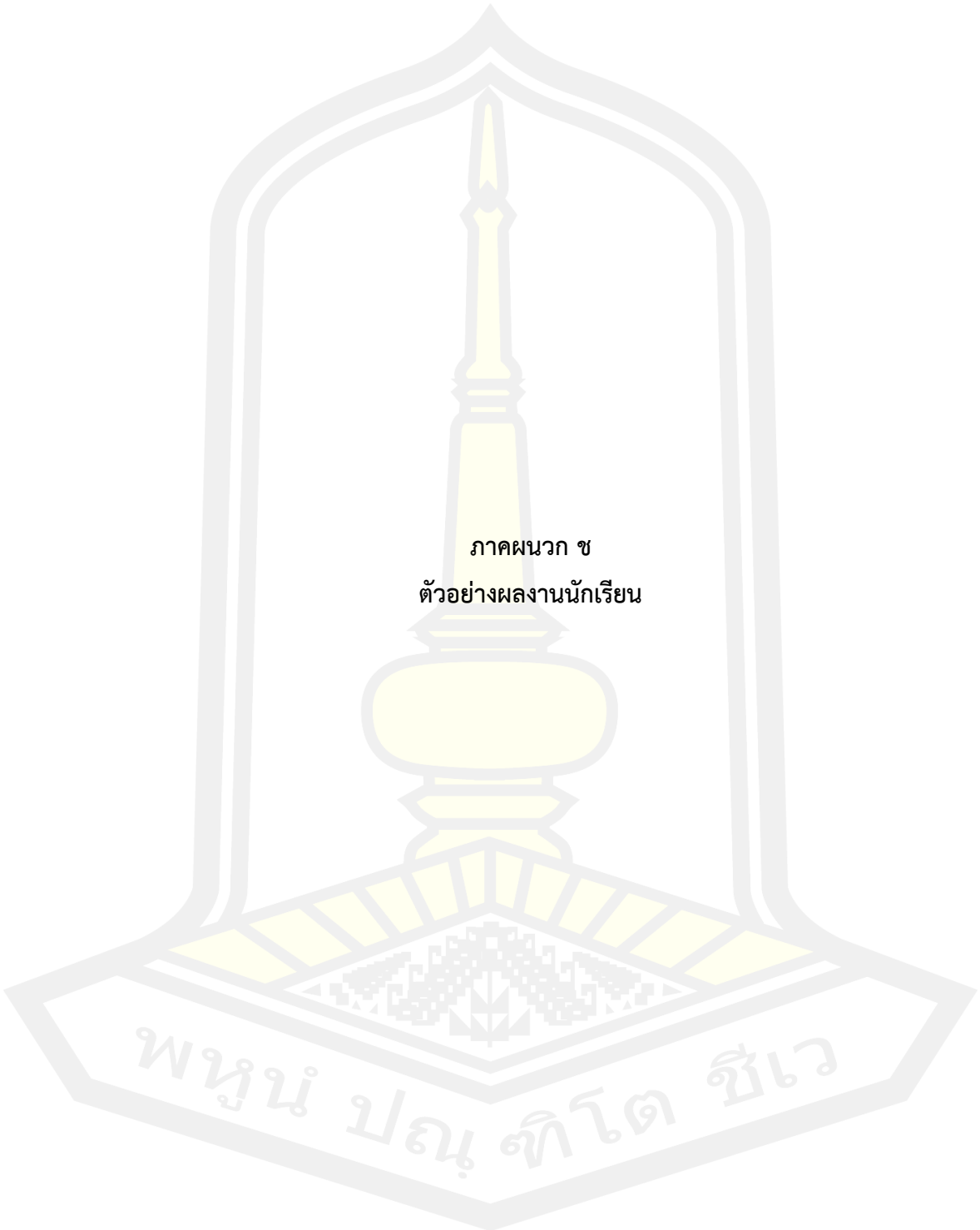
ภาพประกอบที่ 11 นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์



ภาพประกอบที่ 12 นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้

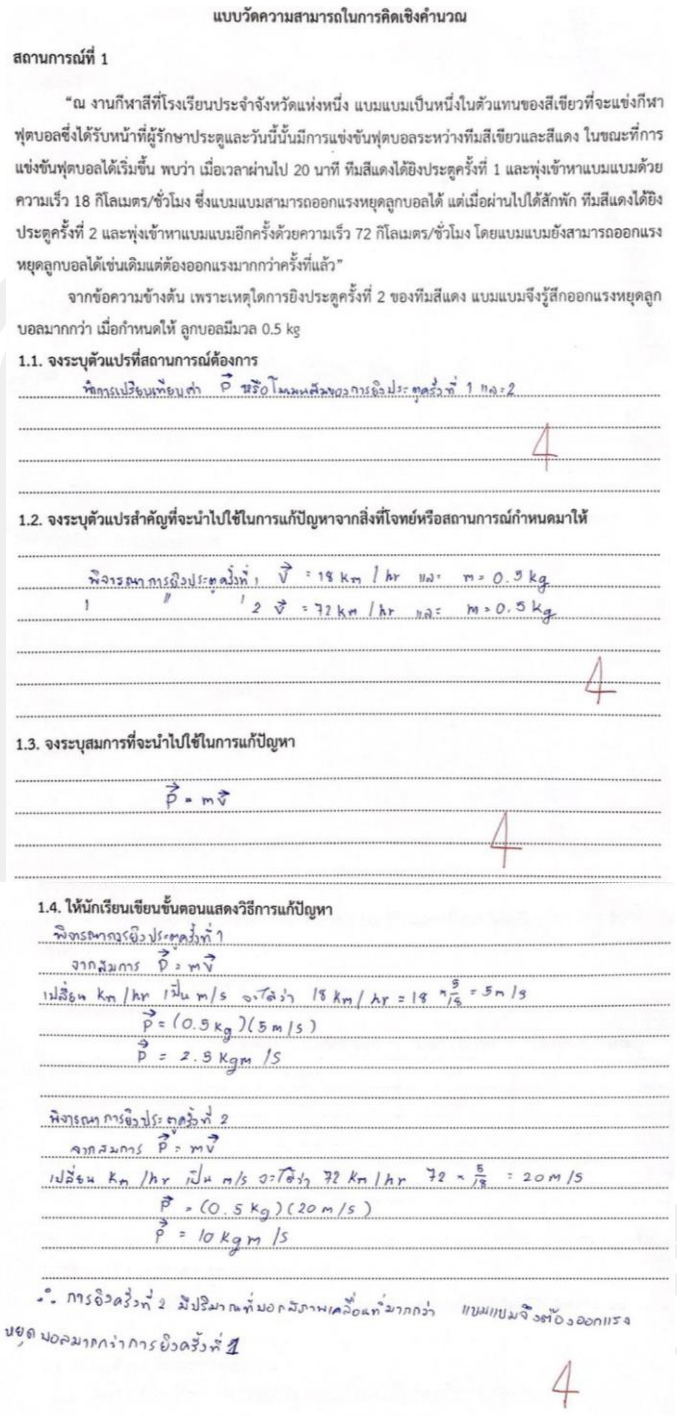
ภาพประกอบที่ 13 นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ภาพประกอบที่ 14 นักเรียนนำเสนอขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญของกลุ่มตนเอง



ภาคผนวก ช

ตัวอย่างผลงานนักเรียน



แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณ

สถานการณ์ที่ 1

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

จากข้อความข้างต้น เพราะเหตุใดการยิงประตูครั้งที่ 2 ของทีมสีแดง แบมแบมจึงรู้สึกออกแรงหยุดลูกบอลมากกว่า เมื่อกำหนดให้ ลูกบอลมีมวล 0.5 kg

1.1. จงระบุตัวแปรที่สถานการณ์ต้องการ

พิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า $\vec{p}$ หรือโมเมนตัมของการยิงประตูครั้งที่ 1 และ 2

4

1.2. จงระบุตัวแปรสำคัญที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้

พิจารณาการยิงประตูครั้งที่ 1 $\vec{v}$ = 18 km/hr และ m = 0.5 kg

" 2 $\vec{v}$ = 72 km/hr และ m = 0.5 kg

4

1.3. จงระบุสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

$\vec{p} = m\vec{v}$

4

1.4. ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนแสดงวิธีการแก้ปัญหา

พิจารณาการยิงประตูครั้งที่ 1

จากสมการ $\vec{p} = m\vec{v}$

เปลี่ยน km/hr เป็น m/s จะได้ว่า 18 km/hr = $18 \times \frac{5}{18}$ = 5 m/s

$\vec{p} = (0.5\ kg)(5\ m/s)$

$\vec{p} = 2.5\ kgm/s$

พิจารณาการยิงประตูครั้งที่ 2

จากสมการ $\vec{p} = m\vec{v}$

เปลี่ยน km/hr เป็น m/s จะได้ว่า 72 km/hr $72 \times \frac{5}{18}$ = 20 m/s

$\vec{p} = (0.5\ kg)(20\ m/s)$

$\vec{p} = 10\ kgm/s$

∴ การยิงครั้งที่ 2 มีปริมาณที่บอกสภาพเคลื่อนที่มากกว่า แบมแบมจึงต้องออกแรงหยุดบอลมากกว่าการยิงครั้งที่ 1

4

ภาพประกอบที่ 15 ตัวอย่างคำตอบแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 1

สถานการณ์ที่ 2

ณ โชว์รูมรถซุปเปอร์คาร์แห่งหนึ่ง

นักธุรกิจ : รถซุปเปอร์คาร์ที่สามารถทำความเร็วจาก 0-100 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยใช้เวลาไม่เกิน 5 วินาที มีรุ่นอะไรบ้างครับ

พนักงาน : โชว์รูมของเรามีรุ่นดังนี้ครับ

ตารางรถซุปเปอร์คาร์

รุ่น	ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	เวลา (วินาที)	มวลรถ (กิโลกรัม)
BMW i8	0-100	4.4	1,670
Rimac Concept Two	0-100	1.85	1,950
Ferrari 488 GTB	0-100	3	1,370
Porsche 911 GT3	0-100	3.3	1,435
Bugatti chiron	0-100	2.5	1,977

นักธุรกิจ : จากตารางรถซุปเปอร์คาร์นี้ ผมต้องการรถ 1 คัน ที่สามารถทำความเร็วจาก 0-100 กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยใช้เวลาไม่เกิน 5 วินาที แต่ใช้แรงในการหยุดรถน้อย

จากข้อมูลข้างต้น นักเรียนคิดว่าพนักงานควรจะแนะนำรถซุปเปอร์คาร์รุ่นใดให้กับนักธุรกิจ และ เพราะเหตุใด

2.1. จงระบุตัวแปรที่สถานการณ์ต้องการ

ต้องการรถรุ่นที่ใช้แรงในการหยุดรถน้อย

3

2.2. จงระบุตัวแปรสำคัญที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาจากสิ่งที่โจทย์หรือสถานการณ์กำหนดมาให้

BMW i8 $\vec{u}$ = 0 m/s $\vec{v}$ = 100 km/hr m = 1,670 kg ใช้: t = 4.4 s

Rimac Concept Two $\vec{u}$ = 0 m/s $\vec{v}$ = 100 km/hr m = 1950 kg ใช้: t = 1.85 s

Ferrari $\vec{u}$ = 0 m/s $\vec{v}$ = 100 km/h m = 1370 kg ใช้: t = 3 s

Porsche $\vec{u}$ = 0 m/s $\vec{v}$ = 100 km/h m = 1435 kg ใช้: t = 3.3 s

Bugatti: $\vec{u}$ = 0 m/s $\vec{v}$ = 100 km/h m = 1977 kg ใช้: t = 2.5 s

4

2.3. จงระบุสมการที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

$\vec{F} = \frac{m(\vec{v}-\vec{u})}{\Delta t}$

4

2.4. ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนแสดงวิธีการแก้ปัญหา

100 km/h → $100 \times \frac{5}{18} = 27.78$ m/s

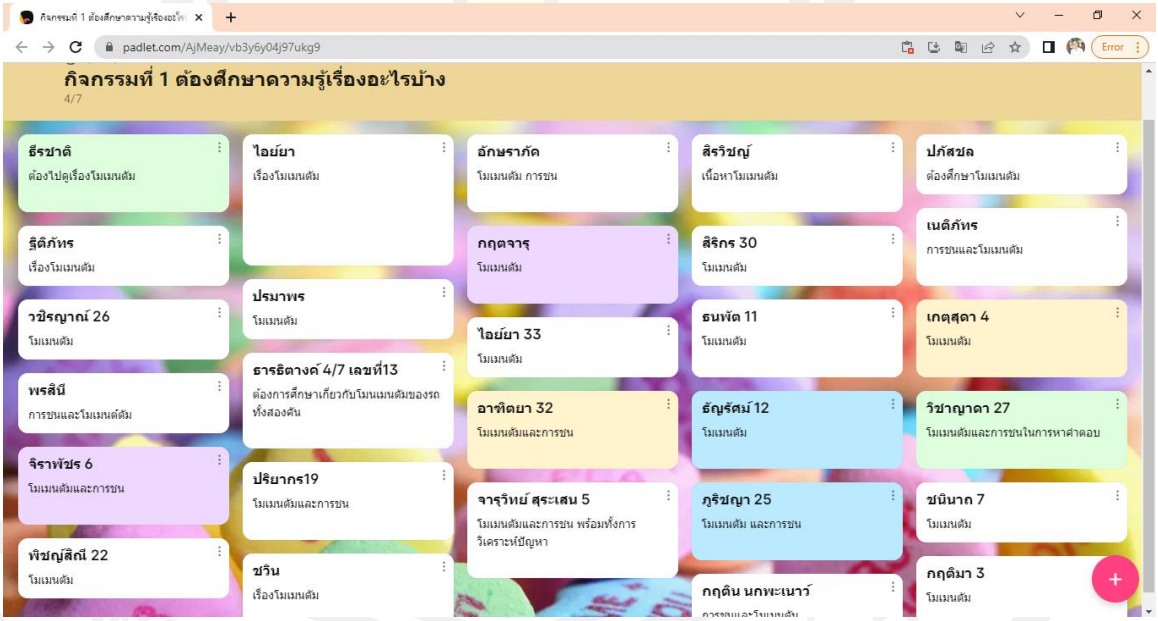
- BMW $\vec{F} = \frac{1670(27.78)}{4.4} = 10,542$ N
- Rimac $\vec{F} = \frac{1950(27.78)}{1.85} = 29,280$ N
- Ferrari $\vec{F} = \frac{1370(27.78)}{3} = 12,646$ N
- Porsche $\vec{F} = \frac{1435(27.78)}{3.3} = 12,040$ N
- Bugatti: $\vec{F} = \frac{1977(27.78)}{2.5} = 21,968$ N

∴ ควรจะแนะนำรถซุปเปอร์คาร์รุ่น BMW i8 ให้กับนักธุรกิจ เนื่องจากใช้แรงในการหยุดรถน้อยที่สุด

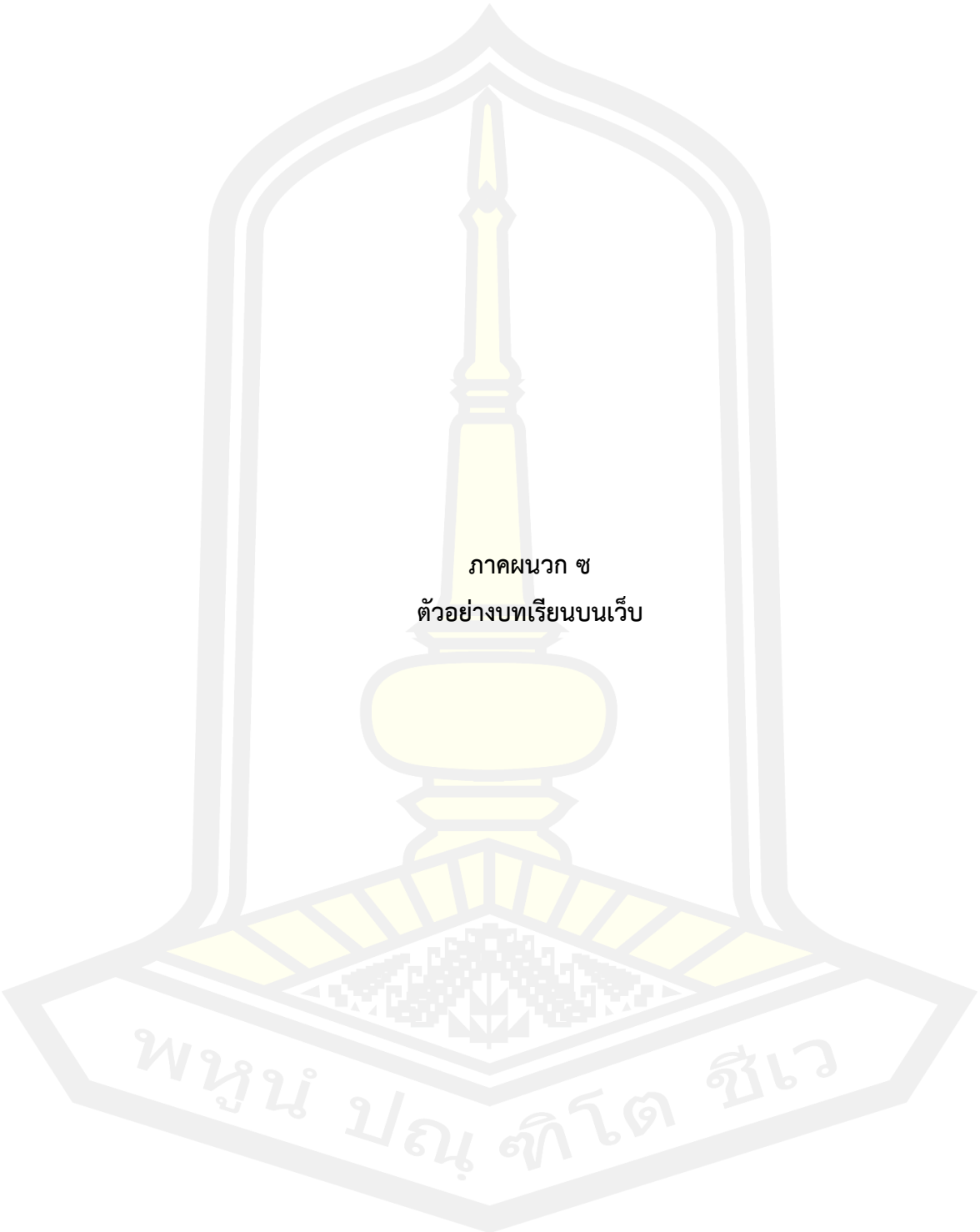
4

ภาพประกอบที่ 16 ตัวอย่างคำตอบแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงคำนวณข้อที่ 2

ภาพประกอบที่ 17 ตัวอย่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียน



ภาพประกอบที่ 18 การระบุความรู้ที่ต้องศึกษาเพื่อนำมาแก้ปัญหา

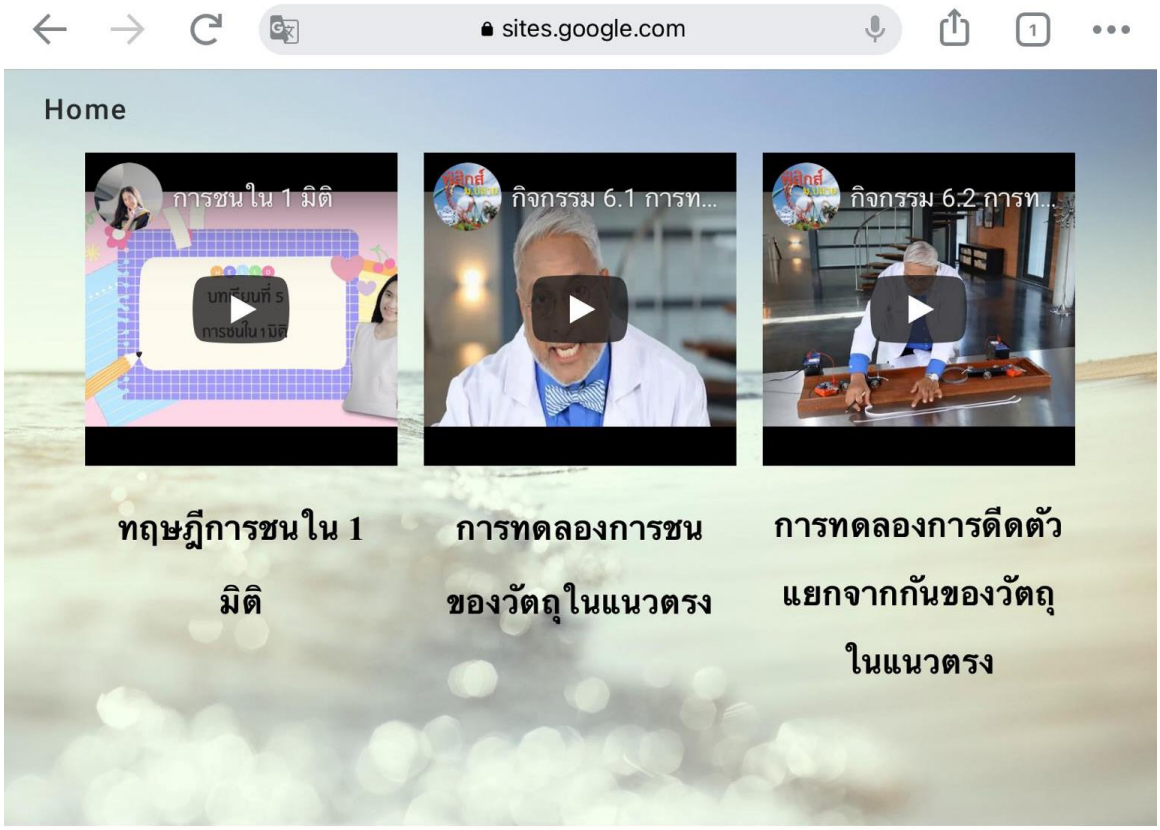


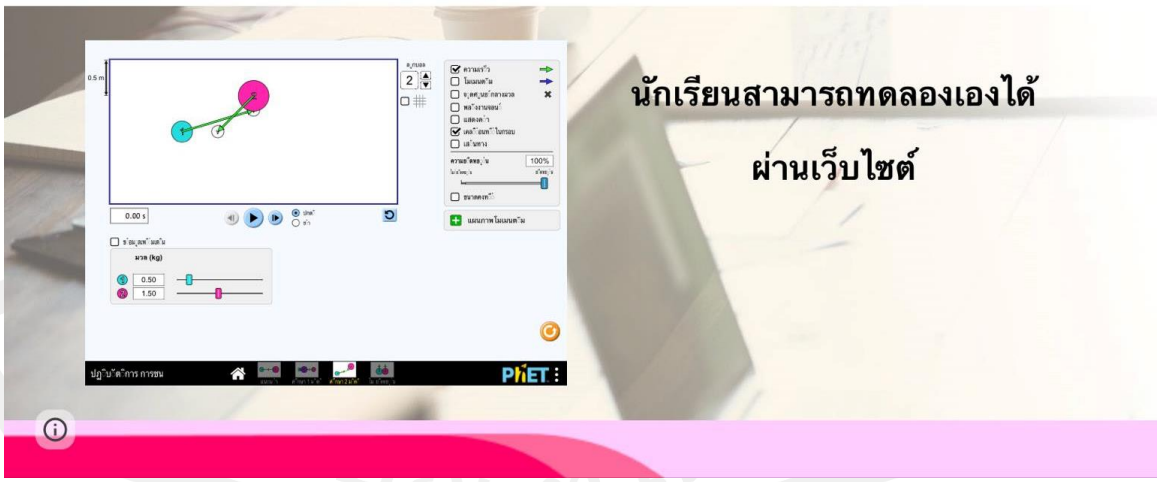
ภาคผนวก ซ

ตัวอย่างบทเรียนบนเว็บ

ภาพประกอบที่ 19 หน้าเว็บไซต์ผ่านการดูจากไอแพด

ภาพประกอบที่ 20 หน้าเว็บไซต์บทเรียน ผ่านการดูจากไอแพด





ภาพประกอบที่ 21 หน้าเว็บไซต์แหล่งเรียนรู้ ผ่านการดูจากไอแพด

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ศุภมาส แสนโคก
วันเกิด	1 สิงหาคม พ.ศ. 2541
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลศรีนครินทร์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 68 หมู่ 12 ตำบลหนองกุงใหญ่ อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40170
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2558 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2565 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม