การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

วิทยานิพนธ์

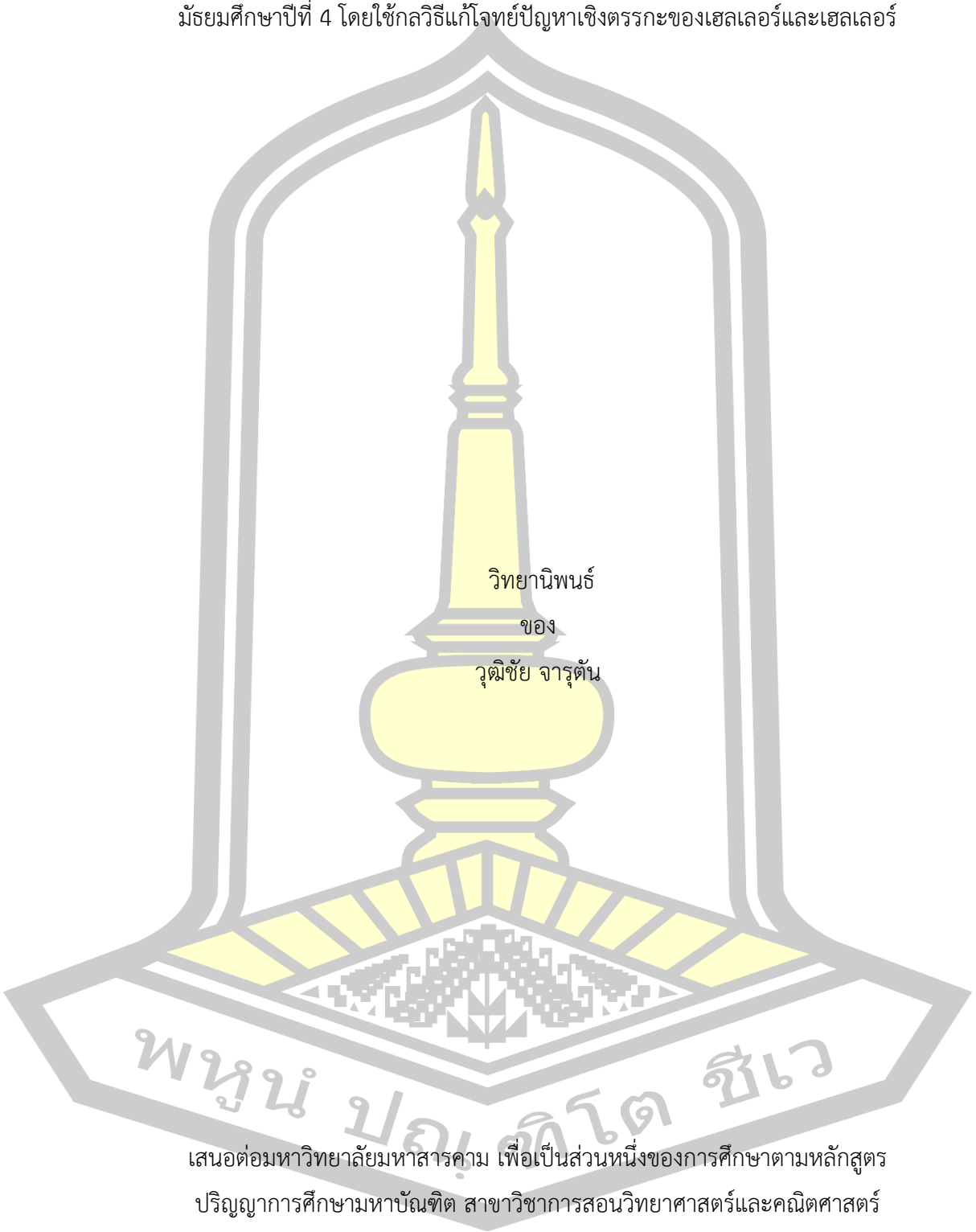
ของ

วุฒิชัย จารุตัน

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
พฤศจิกายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์



วิทยานิพนธ์

ของ

วุฒิชัย จารุตัน

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

พฤศจิกายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of the Physics Problem-Solving Ability on the Topic of Momentum and Collisions for Mathayom Suksa 4 Students by Using Heller and Heller's Logical Problem-Solving Strategy

Woottichai Jarutun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

November 2020

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายวุฒิชัย จารุตัน แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

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

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. วนิดา ผาระนัด)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

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

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

ชื่อเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ผู้วิจัย วุฒิชัย จารุตัน

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลและเฮลเลอร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 6 แผน 2) แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน 3) แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และ 4) แบบสัมภาษณ์นักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 13 คน และในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 21 คน

คำสำคัญ : ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์, กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์, การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

TITLE The Development of the Physics Problem-Solving Ability on the Topic of Momentum and Collisions for Mathayom Suksa 4 Students by Using Heller and Heller's Logical Problem-Solving Strategy

AUTHOR Woottichai Jarutun

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

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

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2020

ABSTRACT

The purpose of this classroom action research was to develop Mattayomsuksa 4 students' Physics problem-solving ability of "Momentum and Collisions" in order to pass the criterion of 70 percent of the full score using Heller and Heller's logical problem-solving strategy. The target group was 22 students of Mattayomsuksa 4 students. The tools used in the study included 1) 6 lesson plans on the subject of "Momentum and Collisions" based on Heller and Heller's logical problem-solving strategy, 2) a problem-solving ability test on the Physics subject of "Momentum and Collisions", 3) a students' behavior observation form in Physics problem-solving, and 4) a student interview form. The data were analyzed by using mean, percentage, and standard deviation. The results of classroom action research revealed that: In cycle 1, there were 13 students passed their criteria of 70% of the full score and in cycle 2, there were 21 students passed their criteria of 70% of the full score.

Keyword : Physics Problem-Solving Ability, Heller and Heller's Logical Problem-Solving Strategy, Classroom Action Research

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา ผาระนัด กรรมการสอบ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมทรง สิทธิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต. ดร. อรัญ ซุยกระเดื่อง อาจารย์ ดร. ฤทธิไกร ไชยงาม นางสาวขวัญชนก ภูทองขาว และนายเอกวิทย์ ดวงแก้ว ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการ คณะครู และนักเรียนโรงเรียนสารคามพิทยาคม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โรงเรียนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยและคอยอำนวยความสะดวกด้านต่าง ๆ ทำให้การทำการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ที่คอยให้การสนับสนุน คอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การทำการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์จากการทำวิจัยในครั้งนี้นี้ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้อันมีค่าแก่ผู้ศึกษาค้นคว้าจนสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

วุฒิชัย จารุตัน

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 3

ความสำคัญของการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 7

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 11

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 15

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ 23

บริบทโรงเรียนสารคามพิทยาคม 33

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 38

กลุ่มเป้าหมาย 38
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 40
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 40
วิธีดำเนินการวิจัย 56
การเก็บรวบรวมข้อมูล 57
การวิเคราะห์ข้อมูล 57
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 58
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 60
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 60
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 60
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 60
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 77
ความมุ่งหมายของการวิจัย 77
สรุปผล 77
อภิปรายผล 78
ข้อเสนอแนะ 82
บรรณานุกรม 84
ภาคผนวก 89
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย 90
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 92
ภาคผนวก ค การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 115
ภาคผนวก ง หนังสือขอเก็บข้อมูลและขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ 122
ประวัติผู้เขียน 129

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 บทบาทครูและนักเรียนตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์... 20

ตารางที่ 2 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นรายบุคคล 39

ตารางที่ 3 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม..... 40

ตารางที่ 4 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน..... 42

ตารางที่ 5 จำนวนข้อสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน 47

ตารางที่ 6 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 48

ตารางที่ 7 ประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับพฤติกรรมที่สังเกต..... 52

ตารางที่ 8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์..... 52

ตารางที่ 9 ประเด็นและข้อคำถามในการสัมภาษณ์นักเรียน..... 54

ตารางที่ 10 วิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย..... 61

ตารางที่ 11 วิเคราะห์ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยแยกตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา..... 63

ตารางที่ 12 ผลการสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการณ์ที่ 1 65

ตารางที่ 13 ปัญหาและแนวทางแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1..... 70

ตารางที่ 14 วิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยแยกตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา..... 72

ตารางที่ 15 ผลการสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการณ์ที่ 2 74

ตารางที่ 16 แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน..... 112

ตารางที่ 17 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหา..... 113

ตารางที่ 18 วิเคราะห์ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้..... 116

ตารางที่ 19 วิเคราะห์ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างโจทย์ปัญหากับจุดประสงค์..... 118

ตารางที่ 20 วิเคราะห์ผลการประเมินแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 119

ตารางที่ 21 วิเคราะห์ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมกับประเด็นในการสังเกต ของแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหา 120

ตารางที่ 22 วิเคราะห์ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับประเด็นในการสัมภาษณ์ ของแบบสัมภาษณ์นักเรียน..... 121

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของ Kurt Lewin 28

ภาพที่ 2 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของ ประสาท เนืองเฉลิม..... 29

ภาพที่ 3 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของ Kemmis and McTaggart 31

ภาพที่ 4 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของ Freeman..... 32

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างมากในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้ และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังมีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการคิดพิจารณาอย่างมีเหตุมีผล มีแบบแผน และสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างละเอียดรอบคอบ (ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน , 2559) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หลังยุคปฏิรูปการศึกษาจึงได้มีการให้ความสำคัญกับนักเรียนมากยิ่งขึ้น โดยการเรียนการสอนครูต้องคำนึงถึงการเรียนรู้ของนักเรียนและช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยใช้กลยุทธ์และวิธีการต่าง ๆ แทนการถ่ายทอดความรู้เพียงอย่างเดียว (ทิศนา แขมมณี, 2560)

ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา และมีบทบาทสำคัญอย่างมากในชีวิตประจำวัน (กมลชนก ชัยชนะ และปกรณ์ ประจัญบาน, 2018) นอกจากนี้วิชาฟิสิกส์ยังเป็นวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด ความเข้าใจ สามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งเป็นวิชาพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาอีกด้วย (นิภาพร ช่วยธานี, 2555) แต่นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนฟิสิกส์ เนื่องจากการเรียนฟิสิกส์ส่วนใหญ่จะเป็นการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้สมการและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ซึ่ง Redish (1994) กล่าวว่า ฟิสิกส์เป็นวิชาที่ต้องอาศัยความสามารถในการแปลความโจทย์ปัญหาไปเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ กราฟ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปร พีชคณิต สมการต่าง ๆ ทางฟิสิกส์และทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง โดยปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ต่ำ

จากที่ผู้วิจัยทำหน้าที่จัดการเรียนการสอนในฐานะนิสิตฝึกประสบการวิชาชีพครู รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตและสอบถามนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/10 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ในเบื้องต้น ขณะที่ผู้วิจัยให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ นักเรียนไม่สามารถนำสิ่งที่เรียนไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ และนักเรียนบางคนไม่ทราบสิ่งที่โจทย์บอกมาหรือสิ่งที่

โจทย์ให้หาได้ รวมทั้งไม่สามารถระบุตัวแปรและหน่วยของปริมาณต่าง ๆ ได้ ทำให้นักเรียนเลือกใช้สมการไม่ถูกต้อง จึงไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ จากผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปลายภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/10 มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 12 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ตามที่โรงเรียนกำหนด จากที่ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อสอบ พบว่าข้อสอบส่วนใหญ่เป็นการคำนวณและการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ คิดเป็นร้อยละ 84 ของจำนวนข้อสอบทั้งหมด และนอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในเบื้องต้น เรื่อง งานและพลังงาน โดยใช้แบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 1 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาโดยครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 พบว่าแบบวัดมีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 4.27 ซึ่งแสดงว่าแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามีความเหมาะสมที่ระดับดี จากผลการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาพบว่า ในจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 45 คน มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 23 คน และไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 22 คน ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นสิ่งสำคัญต่อการศึกษาด้านฟิสิกส์ ที่จำเป็นต้องพัฒนาให้กับนักเรียนซึ่งจะเป็นส่วนช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนฟิสิกส์ทั้งในปัจจุบันและในระดับที่สูงขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการคิดแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันต่อไป

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัย วิธีการที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้สูงขึ้นได้นั้น Heller & Heller (2010) ได้นำเสนอกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ (Logical Problem-Solving Strategy) ซึ่งเป็นกลวิธีที่เน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา อธิบายหลักการและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา นำไปสู่การเลือกใช้สมการ วางแผนแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนและดำเนินการแก้ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา ซึ่งมีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาโดยการวาดภาพของสถานการณ์และระบุข้อมูลลงบนภาพ จากนั้นทำการวิเคราะห์วิเคราะห์โจทย์ปัญหาโดยการแยกแยะปริมาณที่โจทย์กำหนดให้และปริมาณที่โจทย์ให้หา 2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นขั้นอธิบายหลักการหรือแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา และระบุสมการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา 3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นดำเนินการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาโดยเขียนลำดับขั้นตอนการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตั้งแต่เริ่มต้นจนได้มาซึ่งคำตอบ 4) ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) เป็นขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ในขั้นก่อนหน้าโดยแทนค่าตัวแปรลงในสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์จนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา 5) ขั้น

ประเมินผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตรวจสอบความถูกต้องของการแก้โจทย์ปัญหา และสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา ซึ่งในงานวิจัยของวิรัตน์ ขันเขต และคณะ (2562) และ รมิตา ชื่นเปรมชีพ (2559) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิด ฝึกวิเคราะห์ปัญหาและนำหลักการและทฤษฎีทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวจะทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สูงขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นแนวทางเพื่อใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีทางเลือกใหม่ในการนำไปศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในการเรียน
2. เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และผู้ที่สนใจให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนและสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน
3. เป็นข้อสนเทศทางการศึกษาเพื่อช่วยในการพัฒนา และศึกษาค้นคว้าวิจัยในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และผู้ที่สนใจให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/10 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 22 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหารายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ตามหลักสูตรตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยแบ่งเป็น 2 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 เรื่อง โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม และการดลและแรงดล

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชนในใน 1 มิติ และการดีดตัวแยกออกจากันใน 1 มิติ

3. รูปแบบการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ใช้หลักการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยผู้วิจัยนำหลักการและขั้นตอนตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (ประสาท เนืองเฉลิม, 2561) เป็นกระบวนการในการดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 วางแผน (Plan: P) เป็นการวางแผนการปฏิบัติที่มีโครงสร้างและแนวทางที่ชัดเจน แต่จะมีความยืดหยุ่นและคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตที่อาจส่งผลกระทบต่อแผนที่กำหนดไว้ได้

ขั้นที่ 2 ลงมือปฏิบัติ (Action: A) เป็นการดำเนินการตามแนวทางที่วางแผนไว้อย่างละเอียดรอบครอบ และมีการควบคุมอย่างเคร่งครัด

ขั้นที่ 3 สังเกตการณ์ (Observe: O) เป็นการบันทึกข้อมูล เก็บรวบรวมหลักฐาน หรือร่องรอยต่าง ๆ อย่างมีวิจารณญาณเกี่ยวกับผลที่ได้จากการปฏิบัติ โดยการใช้วิธีการเครื่องมือวัดแบบต่าง ๆ เข้ามาช่วยซึ่งสารสนเทศจากการสังเกตนี้จะนำไปสู่การสะท้อนผลและการปรับปรุงการปฏิบัติงานอย่างเข้าใจและเป็นไปในทิศทางที่ควรจะเป็น

ขั้นที่ 4 สะท้อนผล (Reflection: R) เป็นกระบวนการทบทวนการปฏิบัติจากการบันทึกที่ได้จากการสังเกตว่าได้ผลเป็นอย่างไร มีปัญหาหรือข้อขัดแย้งอย่างไร เพื่อจะนำข้อมูลเป็นพื้นฐานประกอบการวางแผนในวงจรต่อไป

4. ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง พฤติกรรมของบุคคลในการนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหากับสถานการณ์ที่กำลังเผชิญอยู่ เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย วัดโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย ตามกลกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา เป็นความสามารถในการวาดรูปแสดงสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาและแยกแยะปริมาณที่โจทย์บอกกับปริมาณที่โจทย์ถาม

ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ เป็นความสามารถในการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาและเชื่อมโยงไปสู่สมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาตั้งแต่เริ่มต้นจนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นความสามารถในการดำเนินการตามแผนที่วางไว้ รวมถึงการดำเนินการทางคณิตศาสตร์จนได้มาซึ่งผลลัพธ์

ขั้นที่ 5 ประเมินคำตอบ เป็นความสามารถในการสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา พร้อมทั้งระบุหน่วยให้ถูกต้อง

2. กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หมายถึง กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่เน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาและนำหลักการทางฟิสิกส์ไปใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งมีขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาโดยการวาดภาพของสถานการณ์พร้อมระบุข้อมูลลงบนภาพ และวิเคราะห์โจทย์ปัญหาโดยการแยกแยะปริมาณที่โจทย์กำหนดให้และปริมาณที่โจทย์ให้หา

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) อธิบายหลักการหรือแนวคิดทางฟิสิกส์ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา และระบุสมการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) ดำเนินการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาลำดับขั้นตอนการดำเนินการจนได้มาซึ่งคำตอบ

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) ดำเนินการตามแผนที่วางไว้จากขั้นก่อนหน้า โดยแทนค่าตัวแปรลงในสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์จนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) ตรวจสอบความถูกต้องของการแก้โจทย์ปัญหา และสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาพร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้การแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วย

ขั้นนำ เป็นขั้นที่ผู้สอนแจ้งเรื่องและจุดประสงค์การเรียนรู้ และนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้กิจกรรมหรือสถานการณ์ที่น่าสนใจ

ขั้นสอน เป็นขั้นตอนการนำเสนอปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วย

1) ขั้นพิจารณาปัญหา เป็นขั้นการนำเสนอโจทย์ปัญหาและร่วมกันพิจารณาปัญหาโดยการวดรูปแสดงสถานการณ์ ระบุข้อมูลที่โจทย์ให้และสิ่งที่โจทย์ถาม

2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ เป็นขั้นการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาผ่านการทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การค้นคว้า การทดลอง เป็นต้น พร้อมมีการอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้แนวคิดที่ถูกต้อง

3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นการวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอนตามแนวทางของตนเองและมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาร่วมกันเพื่อให้มีแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาที่หลากหลาย

4) ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นขั้นการประยุกต์ใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการดำเนินการหาผลลัพธ์

5) ประเมินคำตอบ เป็นขั้นการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแก้โจทย์ปัญหาและสรุปคำตอบให้มีความสอดคล้องกับโจทย์ปัญหา

ขั้นสรุป เป็นขั้นการสรุปความรู้ที่เรียนมาพร้อมทั้งประเมินความรู้ว่ามีความรู้ในเรื่องที่เรียนมากน้อยเพียงใด ผ่านการตอบคำถาม การอภิปรายร่วมกัน และการทำแบบทดสอบ เป็นต้น

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ซึ่งหัวข้อที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมมา มีลำดับและเนื้อหาดังต่อไปนี้

1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
3. กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์
4. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ
5. บริบทโรงเรียนสารคามพิทยาคม
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กำหนดเป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไว้ดังนี้

1. เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

1.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

1.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

1.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

1.5 เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

1.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

1.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ ๑ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว ๑.๑ เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศการถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากรปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๑.๒ เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๑.๓ เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๒ วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว ๒.๑ เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว ๒.๒ เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว ๒.๓ เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ ๓ วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว ๓.๑ เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพกาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว ๓.๒ เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ ๔ เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว ๔.๑ เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว ๔.๒ เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

3. ผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กำหนดผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไว้ดังนี้

3.1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1) สืบค้น และอธิบายการค้นหาความรู้ทางฟิสิกส์ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี

2) วัด และรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง

3) ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

4) ทดลอง และอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน

5) เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระทดลอง และอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง

6) อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

7) วิเคราะห์ อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน

8) อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง

9) สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ

10) วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบาย และคำนวณกำลังเฉลี่ย

11) อธิบาย และคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์

12) อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

13) อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิดโดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล

14) อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม

15) ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการดีดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

16) อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

17) ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลมในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม

4. คำอธิบายรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2

ศึกษาหลักการของกลศาสตร์ในเรื่อง สมดุลกลและเงื่อนไขที่ทำให้วัตถุหรือระบบอยู่ในสมดุลกล ศูนย์กลางมวลของวัตถุและผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ งาน พลังงาน ความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก แรงอนุรักษ์ กฎการอนุรักษ์พลังงาน กำลัง เครื่องกลอย่างง่าย ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โมเมนตัม การชนกันของวัตถุในหนึ่งมิติ การดล แรงดล และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดและการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรมคุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

1. ความหมายของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์

มีนักการศึกษาและนักวิชาการด้านการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ไว้ดังนี้

Redish & Kuo (2015) กล่าวว่า โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นปัญหาที่มีคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานของปัญหานั้น ยากที่จะแก้ในทันที จำเป็นต้องใช้ความรู้ทางฟิสิกส์และหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์มาใช้ร่วมกันในการแก้ปัญหา

Niss (2017) กล่าวว่า โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน และจำเป็นต้องใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์เข้าเกี่ยวข้องเป็นส่วนใหญ่

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2562) กล่าวว่า โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง ปัญหาที่พบได้โดยทั่วไปในแบบเรียนฟิสิกส์ตามปกติ ที่ใช้สำหรับการฝึกให้นำทฤษฎี หลักการและสูตรทางฟิสิกส์ไปใช้

จากความหมายของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่นักการศึกษาด้านฟิสิกส์ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ สถานการณ์เกี่ยวกับฟิสิกส์ที่มุ่งให้นักเรียนนำทฤษฎี หลักการทางฟิสิกส์มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เมื่อเผชิญแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทันทีและต้องอาศัยการดำเนินการคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้โจทย์ปัญหา

2. ประเภทของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์

มีนักการศึกษาและนักวิชาการด้านการศึกษาหลายท่านได้แบ่งประเภทของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ไว้ดังนี้

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2562) กล่าวว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1) ปัญหาขั้นตอนเดียว คือ ปัญหาที่มุ่งให้เกิดความเข้าใจและการคิดคำนวณ

2) ปัญหาแปลกใหม่ที่ซับซ้อน คือ ปัญหาที่ต้องใช้ความคิดในการวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้ทักษะความรู้ การได้มาซึ่งคำตอบต้องอาศัยวิธีการคำนวณ 2 วิธีการหรือมากกว่านั้น

Gok & Silay (2008) ได้แบ่งประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) ปัญหาปกติ (routine problem) เป็นปัญหาเพื่อใช้ฝึกทักษะพื้นฐานของการแก้โจทย์ปัญหา การใช้สมการและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนมองเห็นภาพและเข้าใจการแก้โจทย์ปัญหา

2) ปัญหาที่ไม่ปกติ (non-routine problem) เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน หลายขั้นตอน ต้องอาศัยการวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อจัดระบบข้อมูลจำแนกข้อมูลและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยมีการปฏิบัติอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

Baroody (นฤมล ฉิมงาม. 2558; อ้างอิงมาจาก Baroody. 1993) กล่าวว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) โจทย์ปัญหาธรรมดา คือ โจทย์ปัญหาอย่างง่ายหรือปัญหาชั้นเดียวเป็นปัญหาที่ใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างเดียว และแก้ได้อย่างตรงไปตรงมา

2) ปัญหาไม่ธรรมดา คือ ปัญหาที่ซับซ้อนแก้โดยการรกระทำทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ 2 การกระทำหรือมากกว่า จะต้องอาศัยหลักการวิเคราะห์ทางความคิด มีกลอุบายที่ท้าทายความคิดที่เป็นระบบ อาจเป็นปัญหาที่ประยุกต์จากสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน

จากประเภทของโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) โจทย์ปัญหาอย่าง่าย หมายถึง โจทย์ปัญหาคุ้นเคยหรือเคยแก้แล้วหรือเป็นโจทย์ปัญหาที่กำหนดตัวแปรครบถ้วนชัดเจน กระบวนการไม่ซับซ้อน มีเพียง

คำตอบเดียวคำตอบเดียว มีจุดประสงค์เพื่อฝึกการแก้โจทย์ปัญหาเบื้องต้น 2) โจทย์ปัญหาประยุกต์ เป็นโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อน ไม่บอกข้อมูลมาตรง ๆ อาจจะต้องดำเนินการทางคณิตศาสตร์มากกว่า 2 ขั้นตอนขึ้นไปเพื่อให้ได้คำตอบ ซึ่งจะมีคำตอบเดียวหรือมากกว่าก็ได้ มีจุดประสงค์เพื่อฝึกให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์สถานการปัญหาและพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

3. ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

มีนักการศึกษาและนักวิชาการด้านฟิสิกส์ศึกษาหลายท่านได้อธิบายความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ดังนี้

Krulik and Rudnick (1989) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ว่า กระบวนการที่แต่ละบุคคลใช่ความรู้ ทักษะต่าง ๆ และความเข้าใจที่ได้เรียนมาก่อนหน้า เพื่อตอบสนองความต้องการของสถานการที่ไม่คุ้นเคย กระบวนการเริ่มต้นโดยเผชิญปัญหาและเมื่อได้คำตอบที่เหมาะสมกับสถานการนั้น ๆ นักเรียนต้องสังเคราะห์ความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ

Docktor et al. (2016) กล่าวว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง กระบวนการในการดำเนินการค้นหาคำตอบด้วยวิธีการที่เหมาะสม โดยจำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการคำนวณหาคำตอบ

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ คือ การดำเนินหาคำตอบซึ่งขึ้นอยู่กับระดับสติปัญหา ความพร้อม ความสนใจ ประสบการณ์ และสภาพแวดล้อม ของแต่ละบุคคล

จากความหมายของความสามารถนากรแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น สมารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา คือ กระบวนการที่แต่ละบุคคลจะนำความรู้ ทักษะต่าง ๆ หรือประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้ มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน

4. การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

การวัดและการประเมินผลเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ดังนี้

Heller, Keith & Anderson (1992) เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้แบบทดสอบแบบอัตนัย กำหนดข้อคำถามที่อยู่ในรูปของข้อความ โดยมีการกำหนดสถานการณ์ที่หลากหลายและกำหนดพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนในระหว่างการเรียนการสอน ดังนี้

1) ระบุหลักฐานที่แสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ เช่น การเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ปรากฏในโจทย์ปัญหา

2) บรรยายสภาพปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ เช่น ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของตัวแปรในโจทย์ปัญหา

3) เลือกสูตรและสมการที่สอดคล้องกับความรู้ทางฟิสิกส์

4) แสดงการวางแผนแก้ปัญหา การลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ

5) ตรวจสอบคำตอบ ความสมเหตุสมผลของความรู้ทางฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์

Gok (2010) ได้สรุปข้อบ่งชี้ที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ไว้ดังนี้

1) ทำความเข้าใจ เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดที่นักเรียนจะต้องแยกแยะและเข้าใจประเด็นปัญหาอย่างถูกต้อง ตรวจสอบ ตีความปัญหาทั้งเชิงคุณภาพและเชิงประมาณโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ของตนเอง จนเข้าใจว่าข้อมูลใดจำเป็น ข้อมูลใดไม่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา โดยดำเนินการเขียนแผนภาและปริมาณที่จำเป็นต่อการแก้โจทย์ปัญหา จากนั้นระบุสัญลักษณ์ของปริมาณที่ต้องการหาและหลักการ แนวคิด ที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

2) ดำเนินการแก้ปัญหา เป็นกระบวนการดำเนินการเชิงปริมาณ โดยเริ่มจากการดำเนินแก้ปัญหาย่อยจนครบทั้งหมด และสุดท้ายนำเอาปริมาณมาแทนค่าลงในสมการเพื่อคำนวณหาคำตอบที่โจทย์ต้องการ

3) ตรวจสอบ เป็นขั้นตอนการประเมินวิธีการแก้ปัญหาว่าถูกต้อง เหมาะสม โดยตรวจสอบว่าคำตอบทั้งหมดที่โจทย์ถามหรือไม่ หน่วยและเครื่องแสดงทิศทางสอดคล้องกับสมการหรือไม่หรือมีการระบุขนาดและทิศทางของเวกเตอร์หรือไม่

Docktor et al. (2016) ได้ระบุประเด็นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้สอนในการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัย โดยกำหนดลำดับขั้นตอนไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description) เป็นการประเมินความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับมโนทัศน์ ความเข้าใจปัญหาโดนการพิจารณาจาการเขียนภาพสถานการณ์ปัญหา แล้วระบุสิ่งที่ทราบค่า ไม่ทราบค่า และระบุสัญลักษณ์ของสิ่งที่โจทย์ถาม รวมถึงการอธิบายแนวคิดหรือหลักการทางฟิสิกส์ที่มีประโยชน์

2) การเลือกหลักการทางฟิสิกส์ (Physics Approach) เป็นการประเมินการสร้างแผนภาพทางฟิสิกส์ (Diagram) ที่จำเป็นในสถานการณ์นั้น และเลือกหลักการที่ใช้ในการหาคำตอบโดยการเขียนสัญลักษณ์ของปริมาณที่ต้องการและสมการที่ใช้

3) การประยุกต์ที่เฉพาะทางฟิสิกส์ (Specific Application of Physics) เป็นการประเมินการเชื่อมโยงความรู้ไปสู่ความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ ที่มีความเกี่ยวของกับปัญหาที่เกิดขึ้นและแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน

4) การแก้ปัญหาตามวิธีทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures) เป็นการประเมินวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและเหมาะสมในการดำเนินการแก้ปัญหา

5) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression) เป็นการประเมินความสมเหตุสมผลตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนการได้คำตอบของปัญหา

จากการศึกษาแนวทางการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยโดยกำหนดประเด็นในการวัดตามขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เพื่อที่จะสามารถให้คะแนนได้ตรงประเด็นและสอดคล้องกับเนื้อหาที่ใช้มากยิ่งขึ้น

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

1. ความเป็นมาของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาที่เฉพาะทางฟิสิกส์เกิดจากปัญหาที่พบในการเรียนของนักเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้เนื่องจากขาดความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาและกระบวนการทางฟิสิกส์จนทำให้นักเรียนไม่สามารถนำสิ่งเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้แนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหาได้ เมื่อทราบปัญหา Heller & Heller (2010) จึงได้มีการเสนอกลวิธีในการแก้โจทย์ปัญหาที่เน้นให้นักเรียนได้มีการฝึกคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผล โดยใช้ชื่อว่ากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ (A Logical Problem-Solving Strategy) ซึ่งถือเป็นสิ่งที่ยากและเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะสามารถแก้โจทย์ปัญหาให้ลุล่วงไปได้ ถ้านักเรียนสามารถมองเห็นและเข้าใจลักษณะของปัญหาก่อนและมีความพร้อมที่จะแก้ปัญหา นักเรียนจะสามารถแก้ปัญหานั้นได้โดยใช้ประสบการณ์เดอมที่นักเรียนมีอยู่ โดยประสิทธิภาพของการแก้ปัญหาจะขึ้นอยู่ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ และถ้าหากมีกลวิธีในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอนก็ช่วยให้การแก้ปัญหานั้นง่ายขึ้น กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ได้ให้ความสำคัญกับการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้ และให้ความสำคัญกับหลักการทางฟิสิกส์ที่จะนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา รวมถึงทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีส่วนช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์

2. กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

Heller & Heller (2010) ได้อธิบายกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ (A Logical Problem-Solving Strategy) ไว้ว่า เป็นกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่เน้นการฝึกคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผล ซึ่งเป็นสิ่งที่ยากที่สุดของการแก้โจทย์ปัญหาและถือเป็นส่วนสำคัญที่จะเป็นเครื่องมือในการดำเนินการแก้ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ ในการแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ นั้น

หากนักเรียนสามารถมองเห็นและเข้าใจลักษณะของปัญหาก่อนและมีความพร้อมที่จะแก้ปัญหา จะสามารถแก้ปัญหานั้นได้โดยใช้ประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่มีอยู่ การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ก็เช่นเดียวกัน หากนักเรียนสามารถมองเห็นและเข้าใจลักษณะของปัญหา ประกอบกับการมีทักษะความรู้เดิมในการแก้ปัญหาก็จะสามารถนำวิธีการเหล่านั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาจะขึ้นอยู่กับความรู้ที่นำมาใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง และถ้ามีวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ เป็นขั้นตอน ก็จะช่วยให้การแก้ปัญหานั้นง่ายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์จึงได้ให้ความสำคัญกับการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้และให้ความสำคัญกับแนวคิดหรือหลักการทางฟิสิกส์ที่จำนำไปใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงให้ความสำคัญกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีส่วนที่จำนำไปสู่ผลลัพธ์ของปัญหานั้น โดยขั้นตอนสำคัญของกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) พิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การเริ่มต้นการแก้โจทย์ปัญหาเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนโดยการวาดรูปแสดงสถานการณ์ต่าง ๆ ของโจทย์ พร้อมอธิบายข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ถาม โดยในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

(1) วาดรูปแสดงสถานการณ์ของโจทย์พร้อมระบุข้อมูลต่าง ๆ ลงบนรูปภาพ

(2) ระบุสิ่งที่โจทย์บอกหรือกำหนดให้มา

(3) ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา

2) อธิบายหลังการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นขั้นการอธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา พร้อมทั้งเลือกสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา โดยในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

(1) อธิบายแนวคิดที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

(2) ระบุสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทุกสมการ

3) แผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นการวางแผนโดยการเขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาตั้งแต่เริ่มต้นจนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

4) ดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำให้ได้คำตอบของโจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นการดำเนินการหาคำตอบตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ลงในสมการ และดำเนินการทางคณิตศาสตร์จนได้มาซึ่งคำตอบของโจทย์ปัญหา โดยในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

(1) แทนค่าตัวแปรลงในสมการ

(2) คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

5) ประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer) ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นจะต้องมีความถูกต้องตรงตามสิ่งที่โจทย์ถาม จากนั้นเขียนสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาพร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง โดยในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

(1) ตรวจสอบความถูกต้องของการแก้โจทย์ปัญหา โดยการตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้ตรงตามสิ่งที่โจทย์ถามหาและมีหน่วยถูกต้องตามความต้องการของโจทย์

(2) สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

(3) ระบุหน่วยให้ถูกต้อง

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559) ได้อธิบายกลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์มีว่ามีขันตอนในการแก้ปัญหาทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนขึ้น โดยการอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้

2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ เขียนตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า

3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนของการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาโดยการอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ

4) ขั้นดำเนินการตามแผนวางไว้ (Execute the Plan) เป็นขั้น ตอนที่ต้องดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้

5) ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตอนที่ต้องตรวจสอบคำตอบโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลเพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความถูกต้องตรงตามที่โจทย์ถาม

รมิตา ชื่นเปรมชีพ และคณะ (2560) ได้กล่าวว่า กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นกลยุทธ์ที่เน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา อภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เพื่อให้รู้ถึงความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวิธีการใช้ความรู้ในปัญหาที่มีเงื่อนไขต่างกันไปซึ่งต้องมีการวางแผน การลำดับขั้นตอนการใช้ความรู้ การดำเนินการและการประเมินการแก้ปัญหา การนำเอาความรู้ มโนทัศน์ทางฟิสิกส์มาปรับใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นเน้นปัญหา (Focus the Problem) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาให้ชัดเจนขึ้นด้วยการอธิบายโดยแผนภาพและข้อมูลที่กำหนดให้ว่า มีสิ่งใดบ้างที่กำหนดและสิ่งใดคือคำตอบที่ต้องการ

2) ขั้นอธิบายทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ตัวแปรต่าง ๆ ที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า เป็นขั้นตอนที่เปลี่ยนข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้มาจากปัญหาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบ

3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนของการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาโดยการอธิบายในรูปของสมการคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ

4) ขั้นดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนที่ต้องหาคำตอบตามสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้วางแผนไว้โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ เพื่อหาคำตอบที่ต้องการ

5) เป็นขั้นตอนที่ต้องประเมินคำตอบโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล เพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบที่ได้มีความถูกต้องในการแก้ปัญหา

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2562) ได้สรุปขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus on the Problem) เป็นขั้นแรกที่จะนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหาเนื่องจากเป็นขั้นที่ต้องทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนโดยการสร้างภาพขึ้นในใจเกี่ยวกับลำดับเหตุการณ์ต่าง ๆ ในโจทย์ปัญหาพร้อมกับแสดงรายละเอียดว่ามีเหตุการณ์เกิดขึ้นอย่างไร จากนั้นอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้อย่างหยาบๆ เขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการหาคำตอบ รวมถึงเขียนแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์ในการใช้แก้ปัญหาและสุดท้ายควรทบทวนสถานการณ์ในโจทย์ปัญหา ซึ่งสามารถสรุปเป็นขั้นย่อย ๆ ได้ดังนี้

(1) เขียนแผนภาพแสดงข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาอย่างหยาบๆ (Picture and Given Information)

(2) กำหนดคำถามว่าโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด (Question)

(3) เลือกหลักการทางฟิสิกส์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา (Approach)

2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) ขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยความเข้าใจโจทย์ปัญหาในเชิงคุณภาพเพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในเชิงปริมาณโดยการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ สร้างแผนภาพและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าให้สมบูรณ์โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้ เพื่อทำให้ปัญหามีความชัดเจนและง่ายขึ้นโดยลักษณะของแผนภาพที่จะต้องเขียนให้สมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของโจทย์ปัญหา เช่น แผนภาพการเคลื่อนที่จะต้องมีข้อมูลสำคัญของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่ง เวลา ความเร็วหรือความเร่ง เป็นต้น แผนภาพที่เกี่ยวข้องกับแรงก็ต้องเขียนออกมาให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์แสดงทิศทางของแรงกระทำ ซึ่งแผนภาพที่ดีก็จะเป็น

เครื่องมือที่มีประโยชน์ในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เนื่องจากจะทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจข้อมูลสำคัญต่าง ๆ ในขั้นนี้ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ ดังนี้

(1) สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาและเขียนตัวแปรต่าง ๆ เพื่ออธิบายแผนภาพให้ชัดเจนขึ้น มีตัวแปรใดบ้างที่ทราบค่าและมีตัวแปรใดบ้างที่ยังไม่ทราบค่า (Diagram and Define Variables)

(2) ระบุเป้าหมายของโจทย์ปัญหาให้ชัดเจนว่าต้องการให้หาค่าตัวแปรใด (Target Variable)

(3) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ (Quantitative Relationships)

3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) ก่อนทำการหาคำตอบ ต้องทำการแปลข้อความต่าง ๆ ให้เป็นภาษาทางพีชคณิต สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ ดังนี้

(1) เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (Construct Specific Equations)

(2) ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากับสมการที่นำมาใช้ (Check for Sufficiency)

(3) วางแผนกำหนดแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ (Outline the Math Solution)

4) ขั้นดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Execute the Plan) ขั้นนี้ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะทำให้ได้คำตอบของโจทย์ปัญหาซึ่งเป็นการดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า โดยเริ่มจากสมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อน จากนั้นก็นำค่าที่คำนวณได้แทนลงในสมการถัดไปตามที่ได้วางแผนไว้จนถึงการแก้สมการสุดท้ายเพื่อหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของโจทย์ซึ่งในขั้นนี้สามารถสรุปเป็นขั้นย่อย ๆ ได้ดังนี้

(1) ดำเนินการตามแผนที่วางไว้โดยแก้สมการเพื่อหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าด้วยการแทนตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่กำหนดไว้ พร้อมกับตรวจสอบหน่วยของตัวแปรให้อยู่ในลักษณะเดียวกัน (Follow the Plan)

(2) คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Calculate Target Variable)

5. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ (Evaluate the Answer) ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่และคำตอบที่ได้นั้นมีความถูกต้องตรงตามสิ่งที่โจทย์ถาม ซึ่งในขั้นนี้จะต้องตอบคำถามเพื่อการตรวจสอบ 3 ข้อย่อยดังนี้

(1) คำตอบที่ได้จากการแก้สมการนั้นเหมาะสมกับปัญหาหรือไม่

(2) คำตอบที่ได้นั้นสมเหตุสมผลหรือไม่

(3) คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์หรือไม่ เช่น ถ้าคำตอบเป็นปริมาณเวกเตอร์ควรจะต้องมีการระบุทั้งขนาดและทิศทางในคำตอบหน่วยที่ได้ถูกต้องหรือไม่ เป็นต้น

จากการศึกษากลวิธีแก้โจทย์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เป็นวิธีการที่จะสามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ของการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยมีขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) พิจารณาปัญหา เป็นขั้นการทำความเข้าใจโจทย์โดยการวาดรูปพร้อมระบุข้อมูลลงบนรูป และระบุสิ่งที่โจทย์ให้กับสิ่งที่โจทย์ถาม 2) อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ เป็นขั้นตอนการอธิบายแนวคิดที่ต้องใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาพร้อมระบุสมการที่ใช้ 3) วางแผนแก้ปัญหา เป็นการเขียนลำดับสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาตั้งแต่เริ่มต้นใจได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา 4) ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ลงในสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์จนได้คำตอบ และ 5) ประเมินคำตอบ เป็นขั้นการตรวจสอบความของการแก้โจทย์ปัญหาสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาและระบุหน่วยให้ถูกต้อง

3. บทบาทครูและนักเรียนตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

Heller & Heller (2010) ได้ระบุบทบาทครูและนักเรียนตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 บทบาทครูและนักเรียนตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
พิจารณาปัญหา (Focus the Problem)	นำเสนอปัญหาทางฟิสิกส์ โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนกับปัญหา	สร้างแบบจำลองทางความคิดโดยการเขียนแผนภาพแทนสถานการณ์และระบุข้อเท็จจริงของปัญหา
อธิบายหลังการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics)	ส่งเสริมให้นักเรียนค้นหามโนทัศน์ที่เป็นพื้นฐานสำหรับการแก้ปัญหา โดยคอยกระตุ้นให้	ค้นหาหลักการ แนวคิดที่เป็นพื้นฐานสำหรับการแก้ปัญหาโดยการสืบเสาะหาความรู้ผ่าน

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	คำแนะนำ ตรวจสอบความถูกต้องและปรับแก้ไขความรู้หลักการ แนวคิด หรือข้อเท็จจริงที่ไม่ถูกต้อง	กิจกรรมต่าง ๆ ที่ครูจัดให้ เช่น การทดลอง การค้นคว้า การตอบคำถาม
วางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution)	ให้คะแนะนำเมื่อนักเรียนเมื่อเกิดปัญหากับนักเรียน รวมทั้งการตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมของกระบวนการแก้ปัญหา	อภิปรายขั้นตอนการแก้ปัญหาและความสัมพันธ์ของตัวแปร แลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อให้การวางแผนมีความถูกต้องสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้
ดำเนินการตามแผน (Execute the Plan)	ควบคุมให้นักเรียนปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ และคอยให้คำแนะนำกับนักเรียนที่ไม่สามารถดำเนินการตามขั้นตอนที่กำหนดหรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้	ปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยการแทนค่าของตัวแปรต่าง ๆ ลงในสมการ และใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของตัวแปรที่ไม่ทราบค่า
ประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer)	ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ ความสมเหตุสมผลและหน่วยของตัวแปรทุกตัว โดยการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นและนำไปสู่การสรุปความรู้	ตรวจสอบกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา คำตอบและหน่วยให้ถูกต้อง รวมกันอภิปรายและสรุปคำตอบให้ถูกต้องสมบูรณ์

4. ข้อดีและข้อจำกัดของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

มีนักการศึกษาและนักวิชาการด้านฟิสิกส์หลายท่านได้อธิบายข้อดีและข้อจำกัดของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ไว้ดังนี้

De Jong & Ferguson-Hessler (1996) กล่าวว่า กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ซึ่งมีทั้งการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา การได้ใช้ความรู้หรือหรือกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาจะช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาได้อย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

Mathan & Koedinger (2005) กล่าวว่า กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกนำความรู้ทางฟิสิกส์ไปใช้ในการแก้ปัญหาจะทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ เพราะการที่นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้นั้นมีสาเหตุมาจากการที่นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้กับสถานการณ์ที่แปลกใหม่หรือมีความซับซ้อน

Pol, Harskamp, Suhre, & Goedhart (2008) กล่าวว่า กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นวิธีที่ให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เชิงมโนทัศน์ในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งจะสามารถทำให้นักเรียนเข้าแนวคิดและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้ แต่ครูควรมีความเข้าใจและเลือกเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับกลวิธีดังกล่าว เนื่องจากมีความจำเพาะต่อเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์และและการคำนวณทางคณิตศาสตร์

Docktor & Heller (2009) กล่าวว่า กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เป็นวิธีการที่จะทำให้นักเรียนได้นำความรู้ทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่แปลกใหม่ โดยมีการเชื่อมโยงทักษะทางคณิตศาสตร์ในการค้นหาคำตอบ

จากการศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สามารถสรุปได้ว่า เป็นกลวิธีที่ฝึกให้นักเรียนนำความรู้ แนวคิดหรือหลักการทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ในการโจทย์แก้ปัญหาซึ่งถือเป็นการแก้โจทย์ปัญหาที่มีระบบและมีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนเกิดทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาและเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์อย่างแท้จริงนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ ๆ หรือสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ แต่มีความเหมาะสมกับเนื้อหาที่เป็นโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ต้องมีการคำนวณทางคณิตศาสตร์

5. แนวทางการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

Heller & Heller (2010) ได้นำเสนอประเด็นสำหรับการประเมิความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยว่า การวัดจะต้องกำหนดสถานการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและกำหนดพฤติกรรมที่แสดงออกหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัดในรูปของคำถาม ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้

1) การพิจารณาปัญหา เป็นการเประเมินความเข้าใจปัญหาโดยการเขียนภาพสถานการณ์ ระบุคำถามที่โจทย์ต้องการและข้อมูลที่โทยกำหมดมาให้พร้อมเขียนสัญลักษณ์กำกับปริมาณทางฟิสิกส์

2) การอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ เป็นการประเมินมโนทัศน์ หลักการ แนวคิดในการอุบายโจทย์ปัญหา โดยการเขียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและหลักการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

3) การวางแผนแก้ปัญหา เป็นการประเมินลำดับความคิดในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ไปสู่สมการทางคณิตศาสตร์และแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา

4) การดำเนินการตามแผน เป็นการประเมินการประยุกต์ใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา

5) ประเมินคำตอบ เป็นการประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบ ความสามารถในกาสรุปและประเมินผลลัพธ์ที่ได้

จากการศึกษาแนวทางการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยโดยกำหนดประเด็นในการวัดตามขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เพื่อที่จะสามารถให้คะแนนได้ตรงประเด็นและสอดคล้องกับเนื้อหาที่ใช้มากยิ่งขึ้น

จากการศึกษากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ สามารถสรุปได้ว่าเป็นวิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญหา 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) พิจารณาปัญหา 2) อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ 3) วางแผนแก้ปัญหา 4) ดำเนินการวางแผน และ 5) ประเมินคำตอบ ซึ่งเป็นกลวิธีที่ฝึกให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ให้ใช้การแก้โจทย์ปัญหาทำให้เข้าใจแนวคิดและเกิดทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างแท้จริง ผู้วิจัยจึงได้นำกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ซึ่งมีเนื้อหาประกอบไปด้วยแนวคิดทางฟิสิกส์และโจทย์ปัญหาที่ต้องดำเนินการทางคณิตศาสตร์สอดคล้องกับข้อจำกัดของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยเชื่ออย่างยิ่งว่าจะสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

1. ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

มีนักการศึกษาและนักวิชาการด้านการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการวิจัยปฏิบัติการ ไว้ดังนี้

พินันทร์ คงคาเพชร (2552) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การรวบรวมหรือการแสวงหาข้อเท็จจริงโดยใช้ขั้นตอน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปอันนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ ผู้วิจัยจะต้องมีการปรับปรุง พัฒนา แก้ไข และดำเนินการวิจัยซ้ำหลาย ๆ

ครั้ง จนกระทั่งผลการปฏิบัตินั้นบรรลุผลสำเร็จตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ และยังกล่าวเพิ่มเติมเกี่ยวกับการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นประเภทหนึ่งของการวิจัยปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการวิจัยที่มุ่งแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียน โดยครูผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้วิจัยด้วยตนเอง มีลักษณะเด่นที่มุ่งแก้ไขปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างแท้จริง

สุวิมล ว่องวานิช (2552) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน คือ งานวิจัยเพื่อแก้ปัญหาในชั้นเรียน และนำผลการวิจัยมาปรับปรุงแก้ไขการเรียนการสอนหรือส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่นักเรียน เป็นงานวิจัยที่ต้องทำอย่างรวดเร็วและนำผลไปใช้ทันที

วรรณดี สุทธินรากร (2556) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการ คือ การวิจัยที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติของบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่ร่วมกันอธิบายปัญหา แก้ไขปัญหา และตรวจสอบความสำเร็จจากการแก้ไขปัญหา มีการทดลองปรับปรุงแก้ไขปัญหาใหม่ในครั้งต่อ ๆ มาจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่พอใจ

ประสาท เนืองเฉลิม (2561) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการ คือ การที่ผู้วิจัยเลือกกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งตามความรู้ความเข้าใจของผู้วิจัยที่เห็นว่าดีและมีความเหมาะสม แล้วนำไปแก้ปัญหาตามลักษณะงานที่ตนเองรับผิดชอบ โดยควบคุมแนวปฏิบัติแล้วนำผลการปฏิบัติมาปรับปรุงเพื่อนำไปทดลองใหม่จนกว่าจะได้ผลที่พึงพอใจ

จากความหมายของการวิจัยปฏิบัติการข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยปฏิบัติการ คือ กระบวนการนำสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ผู้วิจัยพิจารณาแล้วว่ามีความเหมาะสมและสามารถแก้ปัญหาของตนได้ไปทดลองแก้ปัญหา โดยจะต้องวางแผน ลงมือปฏิบัติ และสะท้อนผลของการปฏิบัติเป็นวงจร จากนั้นปรับปรุงแก้ไขและนำไปทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งจนกว่าจะได้ผลตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. ประเภทของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

มีนักการศึกษาและนักวิชาการด้านการศึกษาหลายท่านได้แบ่งประเภทของการวิจัยปฏิบัติการ ไว้ดังนี้

พินันทร์ คงคาเพชร (2552) ได้สรุปประเภทของการวิจัยปฏิบัติการจากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ได้แก่ Grundy และ Kemmis, McKernan, Holter และ Schwartz Barcott ว่าการวิจัยปฏิบัติการสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) การวิจัยปฏิบัติการแบบเน้นวิธีการ (technical action research) คืองานวิจัยที่ดำเนินการโดยบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญในศาสตร์แขนงนั้น ๆ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการปฏิบัติงาน กรณีครูผู้ปฏิบัติงาน ครูจะเป็นพียงผู้ปฏิบัติเท่านั้นและอยู่ภายใต้การควบคุมของนักวิจัยที่ได้รับการยอมรับว่ามีความเชี่ยวชาญ จึงทำให้ครูไม่ค่อยมีบทบาทในการคิด

งานวิจัยประเภทนี้จะเน้นวิธีการวิจัยที่ตอบคำถามการวิจัยได้อย่างถูกต้อง รัดกุม ทำให้เกิดการสะสมความรู้เพิ่มขึ้น

2) การวิจัยปฏิบัติการแบบเน้นการปฏิบัติจริง (practical action research) เป็นการวิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการทำงาน โดยมีนักวิจัยภายนอกร่วมทำวิจัยในฐานะที่ปรึกษาด้านกระบวนการทำงาน นอกจากนี้ยังมุ่งสร้างความเข้าใจและพัฒนาวิชาชีพให้กับผู้ปฏิบัติงาน โดยเน้นที่การตัดสินใจของผู้วิจัยเองที่มุ่งเพื่อให้เกิดสิ่งที่ช่วยพัฒนาตนเองและผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งรูปแบบการทาวิจัยปฏิบัติการแบบเน้นปฏิบัติจริงนั้น จะเป็นการทางานร่วมกัน (cooperation) เพื่อกำหนดปัญหา และใช้วิธีการทาวิจัยร่วมกันระหว่างนักวิจัยภายนอกและครู หรือผู้ปฏิบัติงาน โดยมีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าซึ่งเกิดขึ้นจริง

3) การวิจัยปฏิบัติการแบบเป็นอิสระ (emancipatory action research) การวิจัยประเภทนี้ มีการส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วมของนักวิจัยภายนอกและผู้ปฏิบัติงานจริงอย่างชัดเจน โดยมีเป้าหมายการวิจัยเพิ่มเติมนอกเหนือจากการเพิ่มประสิทธิภาพในการทางานและสร้างความเข้าใจให้กับผู้ปฏิบัติงานแล้วนั้น ยังเน้นไปที่การวิจัยเพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบการทางานที่มีอยู่เดิมในองค์กร หรือสถานศึกษาให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย ซึ่งการวิจัยประเภทนี้นั้นทั้งนักวิจัยภายนอกและผู้ปฏิบัติงานในสถานศึกษาต่างมีบทบาทในการแสดงความคิดเห็น เสนอแนะการทาวิจัยอย่างเท่าเทียมกัน เป็นลักษณะการทางานแบบร่วมมือกัน (collaboration) โดยใช้แนวทางการวิพากษ์เป็นฐาน ไม่มีการยึดติดกับกรอบ

องอาจ นัยพัฒน์ (ประสาท เนืองเฉลิม. 2561; อ้างอิงมาจากองอาจ นัยพัฒน์. 2552) ได้แบ่งประเภทของการวิจัยปฏิบัติการออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) การวิจัยปฏิบัติการวิพากษ์ (Critical action research) เป็นการวิจัยที่เน้นการมีส่วนเกี่ยวข้องของบุคคลในชุมชนหลายระดับ ไม่ใช่เพียงผู้ที่อยู่หน้างานเท่านั้น การทำวิจัยประเภทนี้เพื่อให้เกิดการปรับปรุงการปฏิบัติงานไปสู่คุณภาพยิ่งขึ้น โดยการทำวิจัยเกิดขึ้นอย่างเป็นระบบทุกขั้นตอน แต่งานวิจัยประเภทนี้จะมีข้อจำกัดต่อการนำไปใช้ในชีวิตจริง เนื่องจากกระบวนการวิจัยเกี่ยวข้องกับกลุ่มบุคคลที่อยู่ในวงกว้างและยังเป็นปัญหาเชิงโครงสร้างที่มีความสลับซับซ้อนยากต่อการแก้ไขในทางปฏิบัติ

2) การวิจัยปฏิบัติการประยุกต์ (Practical action research) เป็นการวิจัยของกลุ่มบุคคลที่ปฏิบัติงานประจำ เช่น ผู้สอนหรือผู้บริหารโรงเรียน ซึ่งจะเป็นงานวิจัยขนาดเล็กที่ตอบสนองความต้องการขององค์กรหรือท้องถิ่น ผ่านการวิจัย สืบค้นความรู้เพื่อสมรรถนะวิธีการปฏิบัติงานผ่านกระบวนการวิจัยอย่างเป็นระบบ โดยจะร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานภายนอกมาเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน วิเคราะห์ ระบุปัญหา วางแผนเชิงกลยุทธ์ในการแก้ไขและสะท้อนผลการแก้ไขปัญหา

Mckernan (ประวิต เอราวรรณ์. 2545 ; อ้างอิงมาจาก Mckernan. 1996) ได้แบ่งการวิจัยเชิงปฏิบัติการออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) การวิจัยปฏิบัติการเชิงวิธีวิทยาศาสตร์ (Scientific Action Research) เป็นการวิจัยปฏิบัติการที่ต้องอาศัยวิธีทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น

(1) รูปแบบวิจัยปฏิบัติการของ Kurt Lewin ประกอบด้วยขั้นตอนการวางแผน (planning) การค้นหาความจริง (fact finding) การดำเนินการ (execution) และการวิเคราะห์ผล (analysis)

(2) รูปแบบวิจัยปฏิบัติการของ Taba-Noel Hilda Taba ประกอบด้วยการระบุปัญหา วิเคราะห์ปัญหา กำหนดแนวคิดหรือสมมติฐาน รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ปฏิบัติหรือดำเนินการ และประเมินผลการปฏิบัติ

2) การวิจัยปฏิบัติการเชิงปฏิบัติ (Practical-deliberative Action Research) เป็นการวิจัยปฏิบัติการที่เน้นให้เกิดการวิจัยจากค่านิยมในการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยหรือผู้เริ่มโครงการมีหน้าที่กระตุ้น และช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเข้าใจและปรับปรุงการปฏิบัติงาน ตัวอย่างเช่น

(1) รูปแบบวิจัยปฏิบัติการของ John Elliott เขาเชื่อว่า การวิจัยปฏิบัติการจะนำไปสู่การปรับปรุงคุณภาพชีวิตที่ดีในสถานการทางสังคม ซึ่งจะเน้นให้ผู้ปฏิบัติงานสะท้อนพัฒนาตนเอง

(2) รูปแบบวิจัยปฏิบัติการของ David Ebbutt ลำดับขั้นตอนตามวงจรแห่งความสำเร็จเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการคิดเชิงกระบวนการ ไม่ใช่การดำเนินการแบบเกลียว

3) การวิจัยปฏิบัติการเชิงอิสระ (Emancipatory Action Research) เป็นการวิจัยปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์เพื่อสร้างความเข้าใจและปรับปรุงการปฏิบัติงานที่ตอบสนองกับความต้องการขององค์กร โดยกลุ่มผู้วิจัยมีอิสระในการเผชิญหน้ากับปัญหาและร่วมกันแสวงหาวิธีที่ดีที่สุดในการแก้ไขปัญหา และสะท้อนตนเองจากผลการปฏิบัติ เช่น รูปแบบวิจัยปฏิบัติการของ Kemmis และคณะ ซึ่งเขามีความคิดว่า การวิจัยปฏิบัติการประกอบด้วยขั้นตอนการวางแผน การปฏิบัติ การสังเกตผล และการสะท้อนผล โดยกระบวนการมีลักษณะเป็นเกลียว (spiral)

จากการศึกษาประเภทของการวิจัยเชิงปฏิบัติการสามารถ สรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) การวิจัยที่เน้นกระบวนการ เป็นการวิจัยที่เน้นการควบคุมของผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการวิจัย 2) การวิจัยที่เน้นการปฏิบัติ เป็นงานวิจัยที่ทำโดยผู้ปฏิบัติงาน โดยมีผู้เชี่ยวชาญภายนอกเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษา

3. กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

มีนักการศึกษาและนักวิชาการด้านการศึกษาหลายท่านได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ ไว้อย่างหลากหลาย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ประวิต เอราวรรณ์ (2545) ได้กล่าวถึง กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของ Kurt Lewin ว่าเป็นกระบวนการวิจัยปฏิบัติการมีลักษณะเป็นลำดับการตัดสินใจแบบบันไดเวียน (spiraling decision) ซึ่งเริ่มต้นจากการสำรวจสภาพสถานการปัจจุบัน แล้วกำหนดขอบเขตปัญหาที่ชัดเจน วางแผนแล้วลงมือปฏิบัติ และประเมินผลที่เกิดขึ้น มีขั้นตอน 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน (planning) การค้นหาความจริง (fact-finding) การดำเนินการ (execution) และการวิเคราะห์ผล (analysis) กระวนการวิจัยจะเริ่มต้นด้วย

1) กำหนดแนวคิด (idea) ที่ต้องปรับปรุงการปฏิบัติงาน กลุ่มผู้ปฏิบัติงานจะร่วมกันพิจารณาว่าจะเริ่มต้นปรับปรุงในส่วนในของงาน สิ่งใดที่เป็นปัญหาแท้จริงแล้วส่งผลกระทบตามมา แนวความคิดทั่วไปนี้จะเกิดจากการสำรวจสภาพการณ์เบื้องต้น ซึ่งกลุ่มผู้วิจัยปฏิบัติการจะนำผลที่ได้ไปกำหนดแผนในการปฏิบัติ

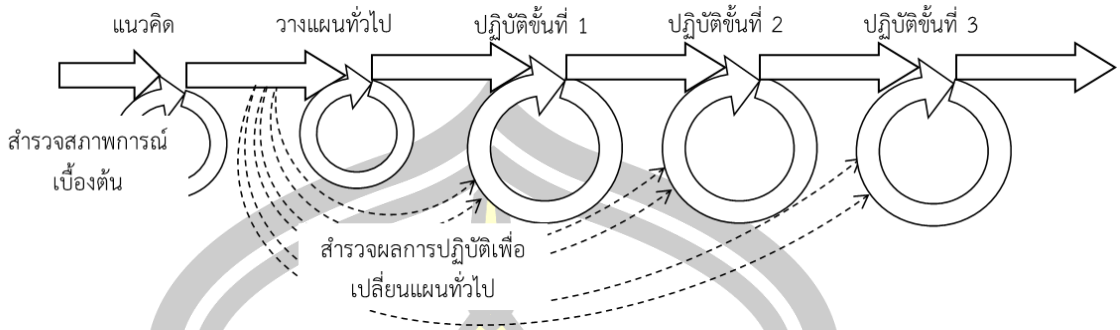
2) ร่วมกันวางแผนทั่วไป (general plan) กลุ่มผู้วิจัยปฏิบัติการต้องร่วมกันพิจารณาว่าจะเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงสิ่งใดก่อน จะใช้วิธีการใดในการแก้ไขปัญหา บนพื้นฐานที่เป็นไปได้และความน่าสนใจร่วมกัน

3) กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติ (action steps) เป็นการแตกแผนออกเป็นแผนย่อย ๆ ดังนี้

(1) การเปลี่ยนแปลงวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงงานและต้องมองไปยังผลที่คลาดว่าจะได้รับก่อนที่จะเริ่มต้นด้วยความรอบครอบ และวางแผนการติดตามผลที่จะเกิดตามมา แล้วร่วมกันพิจารณาที่ประเมินว่าวิธีการนั้นสามารถปฏิบัติจริงได้เพียงใด ต้องมีการส่องสะท้อนผลที่เกิดขึ้นในขั้นตอนแรกอย่างชัดเจน เพื่อเป็นสารสนเทศในการวางแผนขั้นตอนที่สอง หรือขั้นตอนต่อ ๆ ไป

(2) เริ่มดำเนินการปฏิบัติการในแผนที่สอง แล้วติดตามตรวจสอบ ประเมินผลแล้ววาแผนใหม่ไปเรื่อย ๆ หากยังไม่ได้รับคำตอบ หรือปัญหายังไม่คลี่คลาย

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว



ภาพที่ 1 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของ Kurt Lewin
(ที่มา: ประวิต เอราวรรณ์, 2545)

ประสาท เนืองเฉลิม (2561) ได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการวิจัยปฏิบัติการ ไว้ดังนี้

1) ผู้วิจัย และกลุ่มที่ทำวิจัยต้อศึกษารายละเอียดของปัญหาที่ต้องการศึกษา อย่างชัดแจ้ง จำแนกหรือพิจารณาปัญหาที่จะศึกษาโดยมีทฤษฎีรองรับ

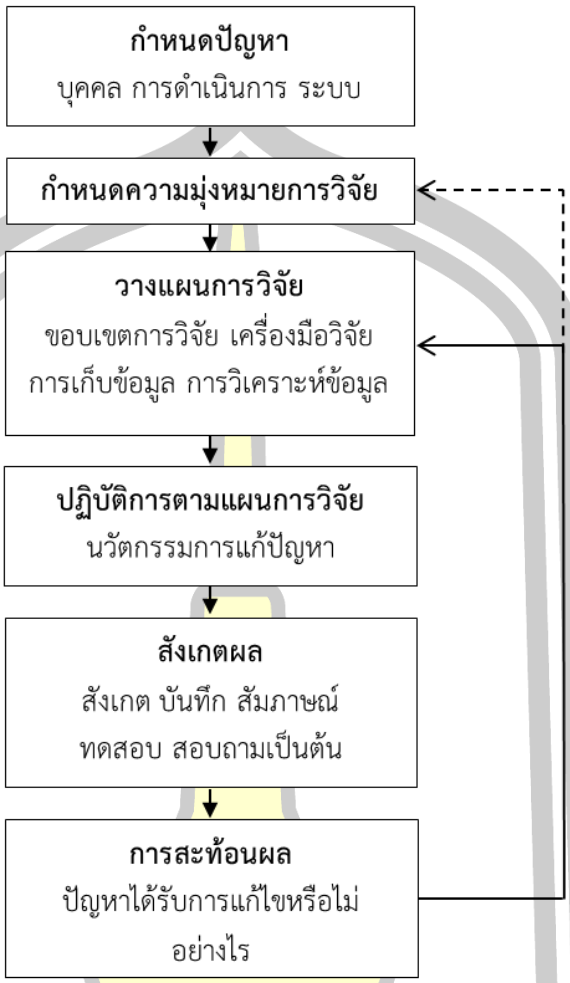
2) เลือกปัญหาที่สำคัญควรแก่การศึกษา เลือกปัญหาโดยอาศัยทฤษฎีมาช่วยพิจารณาปัญหา และกำหนดความมุ่งหมายการวิจัยให้ชัดเจน

3) เลือกเครื่องมือดำเนินการวิจัยที่ช่วยให้ได้คำตอบตามสมมติฐาน โดยเครื่องมือที่ช่วยให้ได้คำตอบตามสมมติฐานมี 2 ลักษณะ คือ เครื่องมือที่เป็นวิธีการหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ และเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล

4) บันทึกเหตุการณ์อย่างละเอียดในแต่ละขั้นตอนของการวิจัย ทั้งส่วนที่เป็นความก้าวหน้า และเป็นอุปสรรคตามวงจรปฏิบัติการเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงวงจรปฏิบัติการณ์ต่อไป

5) วิเคราะห์คงวามสัมพันธ์ด้านต่าง ๆ ของข้อมูลที่รวบรวมไว้ซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การตรวจสอบรายละเอียดของข้อมูลเพื่อให้แน่ใจว่าถูกต้อง แสดงรายละเอียด อธิบายสถานการณ์ จัดหมวดหมู่ จำแนกประเภทของกลุ่มข้อมูลตามหัวข้อที่เหมาะสม เปรียบเทียบข้อแตกต่างและคล้ายคลึงของข้อมูล

6) ตรวจสอบข้อมูลที่กลุ่มผู้วิจัยได้พิจารณาแล้วอีกครั้งหนึ่ง เพื่อสรุปหาคำตอบที่เป็นสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหานั้นตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด



ภาพที่ 2 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของ ประสาท เนืองเฉลิม

(ที่มา: ประสาท เนืองเฉลิม, 2561)

ประสาท เนืองเฉลิม (2561) ได้กล่าวถึงกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart ว่า Kemmis and McTaggart ได้นำเอาแนวคิดของ Lewin มาศึกษาและปรับปรุงรูปแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยกล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการคือการวิจัยที่มีการร่วมมือกันเป็นหมู่คณะ ถึงแม้การกระทำคนเดียวจะเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่การกระทำคนเดียวนั้นจะทำลายพลังการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกลุ่ม ดังนั้นขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการจึงต้องกำหนดจุดมุ่งหมายร่วมกัน แล้วนำไปสู่การปฏิบัติการที่สำคัญ 4 ประการที่เกี่ยวข้องกันเป็นวงจร รายละเอียดดังต่อไปนี้

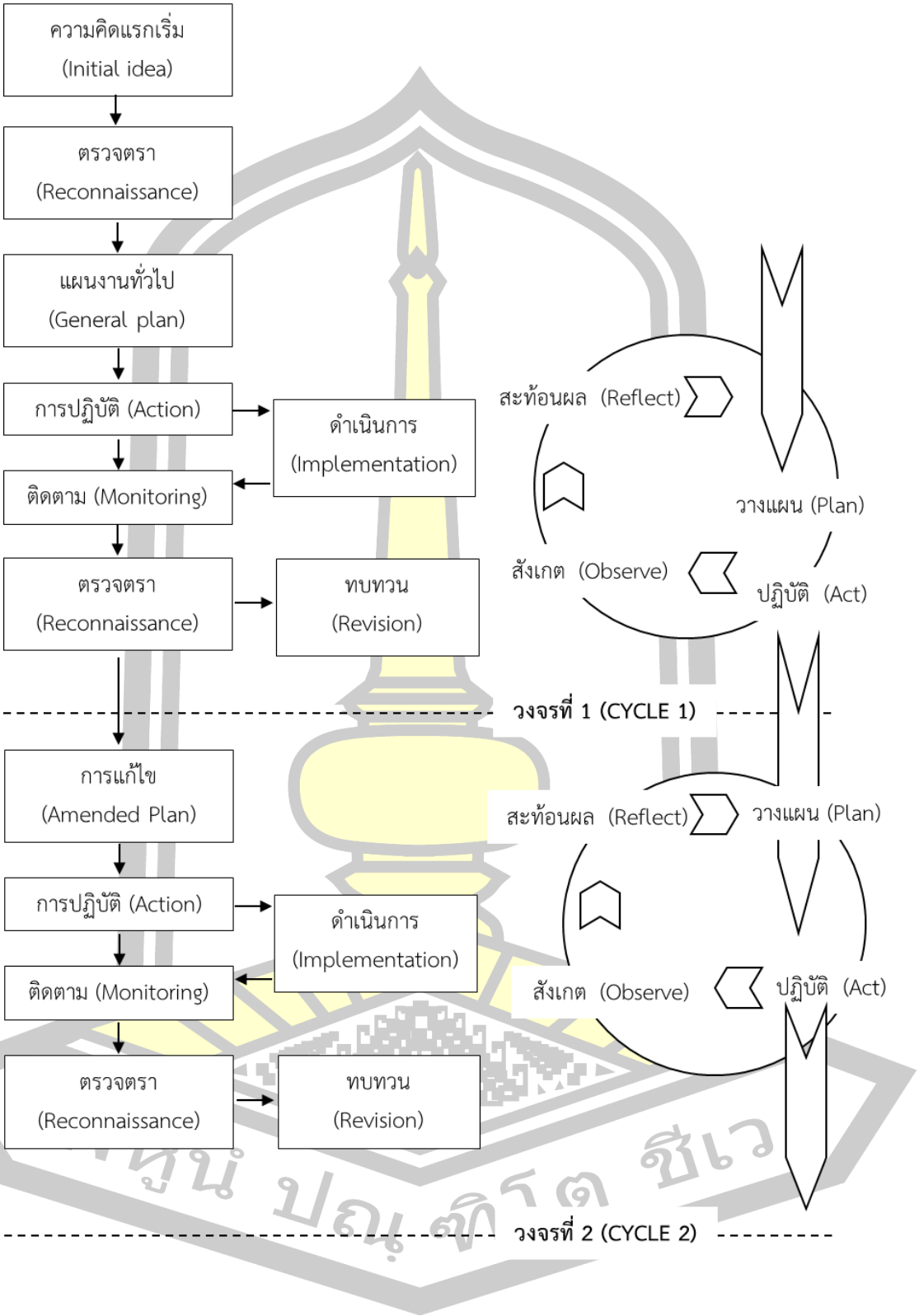
1) การพัฒนาแผนการปฏิบัติเพื่อปรับปรุงสิ่งที่เป็นปัญหา เป็นการวางแผนการปฏิบัติที่มีโครงสร้างและแนวทางที่ชัดเจน แต่จะมีความยืดหยุ่นและคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตที่อาจส่งผลกระทบต่อแผนที่กำหนดไว้ได้

2) การปฏิบัติตามแผน เป็นการดำเนินการตามแนวทางที่วางแผนไว้อย่างละเอียดรอบครอบ และมีการควบคุมอย่างเคร่งครัด

3) การสังเกตผลการปฏิบัติ เป็นการบันทึกข้อมูล เก็บรวบรวมหลักฐาน หรือร่องรอยต่าง ๆ อย่างมีวิจารณญาณเกี่ยวกับผลที่ได้จากการปฏิบัติ โดยการใช้วิธีการเครื่องมือวัดแบบต่าง ๆ เข้ามาช่วยซึ่งสารสนเทศจากการสังเกตนี้จะนำไปสู่การสะท้อนผลและการปรับปรุงการปฏิบัติงานอย่างเข้าใจและเป็นไปในทิศทางที่ควรจะเป็น

4) การสะท้อนผลการปฏิบัติ เป็นกระบวนการทบทวนการปฏิบัติจากการบันทึกที่ได้จากการสังเกตว่าได้ผลเป็นอย่างไร มีปัญหาหรือข้อขัดแย้งอย่างไร เพื่อจะนำข้อมูลเป็นพื้นฐานประกอบการวางแผนในวงจรต่อไป

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพที่ 3 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของ Kemmis and McTaggart

(ที่มา: ประสาท เนืองเฉลิม, 2561)

Freeman (สุวิมล ว่องวานิช, 2552 ; อ้างอิงมาจาก Freeman, 1998) กล่าวว่า ขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการมี 6 ขั้นตอน ได้แก่

1) ตั้งข้อสงสัยเกี่ยวกับสภาพที่เกิดขึ้น

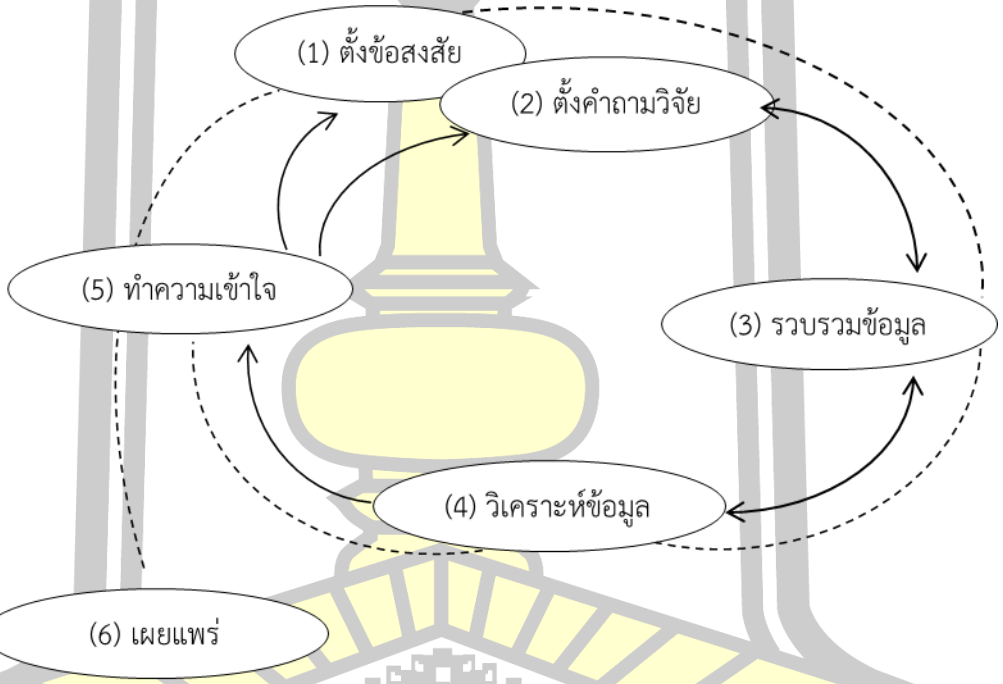
2) กำหนดปัญหาวิจัยหรือคำถามวิจัยที่มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น เป็นคำถามที่สามารถวิจัยได้

3) เก็บรวบรวมข้อมูล

4) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัย

5) ทำความเข้าใจกับสิ่งที่เกิดขึ้น

6) นำข้อค้นพบไปเผยแพร่ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบและใช้ประโยชน์



ภาพที่ 4 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของ Freeman

(ที่มา: สุวิมล ว่องวานิช, 2552)

จากการศึกษากระบวนการวิจัยปฏิบัติการข้างต้น ผู้วิจัยได้นำกระบวนการวิจัยของ Kemmis และ McTaggart มี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflection) มาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน

บริบทโรงเรียนสารคามพิทยาคม

1. สภาพปัจจุบัน

โรงเรียนสารคามพิทยาคม เป็นโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ มี ดร.นิพนธ์ ยศดา เป็นผู้อำนวยการโรงเรียนมีนักเรียนจำนวน 4,013 คน ครูและบุคลากรจำนวน 237 คน (โรงเรียนสารคามพิทยาคม, 2562)

2. ขนาดและที่ตั้ง

โรงเรียนสารคามพิทยาคม มีพื้นที่ทั้งหมด 36 ไร่ 2 งาน ตั้งอยู่ที่ ถนนนครสวรรค์ ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม (โรงเรียนสารคามพิทยาคม, 2562)

3. ปัญหาทั่วไป

3.1 นักเรียนส่วนใหญ่จะเดินเรียนในแต่ละวิชา ซึ่งต้องเสียเวลาขณะเดินมาเรียนและในขณะช่วงเวลาในการเปลี่ยนห้องเรียนนักเรียนก็มีโอกาสในการไม่เข้าชั้นเรียนหรือทำธุระส่วนตัวเป็นเวลานาน ทำให้เวลาในการเรียนการสอนลดลง

3.2 ในบางรายวิชาจะถูกจัดไว้ในชั่วโมงสุดท้าย ซึ่งจะซ้อนทับกับชั่วโมงกิจกรรมสันทนาการที่ต้องใช้เสียง ส่งผลให้วิชาที่มีการเรียนการสอนในชั่วโมงสุดท้ายถูกรบกวนและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ไม่เต็มที่เท่าที่ควร

3.3 นักเรียนยังขาดระเบียบวินัย สังเกตได้จากการมาเข้าแถวหน้าเสาธงไม่ตรงตามเวลา ไม่เก็บจานข้าวของตนเอง ไม่เก็บขยะที่นำเข้ามาในห้องและไม่ยกเก้าอี้ขึ้นหลังจากกิจกรรมการเรียนแต่ละชั่วโมงเสร็จแล้ว

3.4 นักเรียนบางคนยังขาดความกระตือรือร้น มีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การหลับในห้องเรียน เล่นโทรศัพท์ในขณะที่ครูสอน

3.5 โต๊ะเรียนจะมีลักษณะเป็นโต๊ะที่ต้องนั่งเป็นกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนต้องหันหลังให้กับกระดานและครูผู้สอน ทำให้ไม่สามารถเรียนรู้ได้เต็มที่

3.6 จำนวนนักเรียนในแต่ละห้องเรียนค่อนข้างเยอะ ส่งผลให้ครูดูแลได้ไม่ทั่วถึง

4. ปัญหาเกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์

4.1 นักเรียนลืมสิ่งที่เคยเรียนมา เนื่องจากไม่มีการทบทวน ส่งผลทำให้เข้าใจเนื้อหาในครั้งต่อไปได้ยาก

4.2 อุปกรณ์การทดลองไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียนในแต่ละห้อง ครูจำเป็นต้องจัดกลุ่มที่มีสมาชิกจำนวนมาก ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลองไม่ทั่วถึง

4.3 นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้ เช่น บอกสิ่งที่โจทย์ให้หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไม่ได้ จำตัวแปรของปริมาณทางฟิสิกส์ไม่ได้ทำให้แทนค่าลงในสามการไม่ได้ และไม่สามารถนำความรู้ที่เรียนไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้

4.4 นักเรียนยังขาดความสามารถในการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากต่อการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

4.5 นักเรียนบางส่วนยังขาดความกระตือรือร้นในการเรียน มีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กินอาหารในห้องเรียน หลับในห้องเรียน เล่นโทรศัพท์ในขณะที่ครูสอนหรือให้ทำกิจกรรมต่าง ๆ

5. บริบทของห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/10

5.1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/10 ปีการศึกษา 2561 มีนักเรียนทั้งหมด 45 คน ชาย 17 คน หญิง 28 คน

5.2 สภาพห้องเรียนไม่เอื้อต่อการทำกิจกรรมกลุ่ม เช่น การทำการทดลอง เนื่องจากการจัดโต๊ะเรียนมีทั้งเดี่ยว คู่ และกลุ่ม เพราะห้องเรียนเป็นแบบเดินเรียนทำให้การจัดโต๊ะเรียนแตกต่างกันไปตามตามความสะดวกของนักเรียน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

เอกวิทย์ ดวงแก้ว (2558) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สภาพสมดุลและสภาพยืดหยุ่น จำนวน 45 คนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยทำการจัดการเรียนการสอน จำนวน 16 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 และเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้กับเกณฑ์ร้อยละ 75 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน (2559) ได้ทำการศึกษาข้อบกพร่องของการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับไฟฟ้า ของนักศึกษาชั้นปี ที่ 1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ 2 ชั้นปีที่1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 49 คน โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรียงลำดับจากมากที่สุดไป

หาน้อยที่สุดคือ ขั้นที่ 5 ตรวจสอบผลลัพธ์ ขั้นที่ 3 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ขั้นที่ 2 อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ และขั้นที่ 1 พิจารณาปัญหา นักศึกษาที่มีเพศต่างกันข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ไม่แตกต่างกัน ส่วนนักศึกษาที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน มีข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

รมิตา ชื่นเปรมชีพ (2559) ได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลอง 44 คนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ และกลุ่มควบคุมที่จัดการ 46 คนที่ได้รับการจัดการเรียนการอสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงว่าร้อยละ 75 และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ณัฐวุฒิ ยกน้อยวงค์ (2561) ได้ทำการพัฒนาทักษะการให้เหตุผล ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 37 คน มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการให้เหตุผล และทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับผังมโนทัศน์ ผลวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการ ทักษะการให้เหตุผล และทักษาการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีความพึงพอใจหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับผังมโนทัศน์อยู่ในระดับดีมาก

วิรัตน์ ขันเขต และคณะ (2562) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 32 คน มีจุดประสงค์เพื่อมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของ เฮลเลอร์และเฮลเลอร์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ

51.58 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง และส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงขึ้น ร้อยละ 71.04 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Heller et al. (1992) ได้ศึกษาผลของการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือและการแก้โจทย์ปัญหาเป็นรายบุคคล โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ร่วมกับการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือ มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนโดยใช้โจทย์ปัญหา 2 ข้อ พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ร่วมกับการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้แก้ปัญหาเป็นรายบุคคล

Huffman (1998) ได้ทำการเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 50 คน มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การแก้โจทย์ปัญหาแบบทั่วไป เรื่องงานและโมเมนตัม ผลวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีแก้ปัญหาแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Gaigher, Rogan, & Braun (2006) ทำการการพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของกลุ่มเฮลเลอร์ มี 7 ขั้นตอน 1) เขียนแผนภาพจากโจทย์ 2) เขียนข้อมูลลงบนแผนภาพ 3) ระบุตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 4) วิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการทางฟิสิกส์ 5) เขียนสมการสำหรับหาคำตอบ 6) แก้สมการ และ 7) แปรความหมายของคำตอบที่ได้ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีพัฒนาการด้านกระบวนการคิดร้อยละ 65 และมีทักษะทางพีชคณิตร้อยละ 35 ส่วนกลุ่มควบคุมมีพัฒนาการด้านกระบวนการคิดสูงร้อยละ 33 และมีทักษะทางพีชคณิตร้อยละ 67ซึ่งผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นขั้นตอน สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนากระบวนการคิดในวิชาฟิสิกส์ได้

Chei-Chang Chiou (2008) ได้ศึกษาผลการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจในการเรียน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ห้องเรียนรวม 124 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่จัดการเรียนการสอนโดยการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์และกลุ่มควบคุมที่จัดการเรียนการสอนแบบปกติ พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนและความสนในในการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Gok & Silay (2008) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 25 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ กับนักเรียนกลุ่มควบคุมจำนวน 21 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศและต่างประเทศ พบว่า กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เป็นวิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหา ทั้งยังพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมั่นใจว่ากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ดังกล่าว จะทำให้นักเรียนมีทักษะการแก้โจทย์ปัญหาโดยสามารถวิเคราะห์ การวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาและคำนวณหาคำตอบได้ถูกต้อง สามารถที่จะพัฒนานักเรียนให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมด โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
4. วิธีดำเนินการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/10 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสารคามพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 มหาสารคาม ได้มาวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยทำหน้าที่จัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในฐานะนิสิตฝึกประสบการวิชาชีพครู จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 1 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์และประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคือครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 พบว่ามีคะแนนความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 ซึ่งแสดงว่าแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีระดับความเหมาะสมที่ระดับดี รายละเอียดคะแนนและจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม แสดงดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นรายบุคคล

นักเรียนคนที่	คะแนน (15)	คิดเป็นร้อยละ	ผลการประเมิน (ผ่านเกณฑ์ 70 %)	นักเรียนคนที่	คะแนน (15)	คิดเป็นร้อยละ	ผลการประเมิน (ผ่านเกณฑ์ 70 %)
1	11	73	ผ่าน	24	11	73	ผ่าน
2	5	33	ไม่ผ่าน	25	11	73	ผ่าน
3	11	73	ผ่าน	26	13	87	ผ่าน
4	2	13	ไม่ผ่าน	27	4	27	ไม่ผ่าน
5	13	87	ผ่าน	28	11	73	ผ่าน
6	7	47	ไม่ผ่าน	29	13	87	ผ่าน
7	3	20	ไม่ผ่าน	30	12	80	ผ่าน
8	6	40	ไม่ผ่าน	31	6	40	ไม่ผ่าน
9	7	47	ไม่ผ่าน	32	3	20	ไม่ผ่าน
10	9	60	ไม่ผ่าน	33	8	53	ไม่ผ่าน
11	13	87	ผ่าน	34	14	93	ผ่าน
12	14	93	ผ่าน	35	6	40	ไม่ผ่าน
13	7	47	ไม่ผ่าน	36	9	60	ไม่ผ่าน
14	2	13	ไม่ผ่าน	37	8	53	ไม่ผ่าน
15	12	80	ผ่าน	38	2	13	ไม่ผ่าน
16	11	73	ผ่าน	39	14	93	ผ่าน
17	14	93	ผ่าน	40	13	87	ผ่าน
18	13	87	ผ่าน	41	11	73	ผ่าน
19	5	33	ไม่ผ่าน	42	5	33	ไม่ผ่าน
20	9	60	ไม่ผ่าน	43	9	60	ไม่ผ่าน
21	7	47	ไม่ผ่าน	44	14	93	ผ่าน
22	12	80	ผ่าน	45	12	80	ผ่าน
23	13	87	ผ่าน				

ตารางที่ 3 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

นักเรียนทั้งหมด (คน)	ผู้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม		ไม่ผู้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม	
45	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
	23	51.11	22	48.89

จากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์รวมทุกขั้นตอนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 23 คน และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 22 คน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์รวมทุกขั้นตอนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 22 คน มาเป็นกลุ่มเป้าหมาย เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. เครื่องมือใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 6 แผน รวม 9 ชั่วโมง
2. เครื่องมือที่ใช้ประเมินผลการทดลอง ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัย ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 2 ชุด ชุดละ 3 ข้อ
2. เครื่องมือที่ใช้ในสะท้อนผลการเรียนรู้ ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และแบบสัมภาษณ์นักเรียน

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี แนวคิด หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

1.2 ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อให้เข้าใจถึงเนื้อหาในการเรียน มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

1.3 ศึกษาหน่วยการเรียนรู้จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกหน่วยการเรียนที่ 6 เรื่อง โมเมนตัมและการชน มาจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

1.4 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตารางที่ 4 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

วงจรปฏิบัติที่	ลำดับแผน	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
1	1	โมเมนตัม	1. นักเรียนสามารถอธิบายโมเมนตัมของวัตถุได้ (K) 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาโมเมนตัมของวัตถุหรือปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ (P) 3. นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้และรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)	การอธิบายวัตถุที่ไม่ทราบข้อมูลเกี่ยวกับแรงที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วจะใช้โมเมนตัมซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลกับความเร็วตามสมการ $\vec{p}=m\vec{v}$	2
	2	แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	1. นักเรียนสามารถอธิบายผลของแรงที่ทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนแปลงได้ (K) 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาแรงหรือโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปได้ (P) 3. นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้และรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)	แรงที่กระทำต่อวัตถุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม โดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุใด ๆ จะมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุนั้น สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า $\sum\vec{F}=\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$	1

ตารางที่ 4 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติที่	ลำดับแผน	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
1 (ต่อ)	3	การดลและแรงดล	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของการดลและแรงดลได้ (K) 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาการดลหรือแรงดลได้ (P) 3. นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้และรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)	แรงที่กระทำต่อวัตถุในช่วงเวลาสั้น ๆ เรียกกว่าแรงดลมีผลทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมหรือเรียกอีกอย่าหนึ่งว่าการดลเป็นปริมาณเวกเตอร์หาได้จากสมการ $\vec{I}=\sum\vec{F}\Delta t$	2
2	4	กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	1. นักเรียนสามารถอธิบายการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ (K) 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวของกับการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ (P) 3. นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้และรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)	การชนกันของวัตถุในหนึ่งมิติ หากไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อระบบวัตถุ ผลรวมของโมเมนตัมหลังชนเท่ากับผลรวมของโมเมนตัมหลังชน เป็นดังสมการ $\sum\vec{p}_i=\sum\vec{p}_f$	1

ตารางที่ 4 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติที่	ลำดับแผน	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)
2 (ต่อ)	5	การชนใน 1 มิติ	1. นักเรียนสามารถอธิบายโมเมนตัมและพลังงานจลน์ของการชนใน 1 มิติได้ (K) 2. นักเรียนสามารถคำนวณหาพลังงานหรือปริมาณอื่นที่เกี่ยวข้องกับการชนใน 1 มิติได้ (P) 3. นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนและมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	การชนกันใน 1 มิติของวัตถุโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ โมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่ แต่พลังงานจลน์ของระบบคงที่หรือไม่คงที่ก็ได้ การชนที่ผลรวมของพลังงานจลน์ของระบบคงที่เรียกว่า การชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่ผลรวมของระบบมีค่าไม่คงตัวเรียกกว่าการชนแบบไม่ยืดหยุ่น	2
	6	การดีดตัวแยกออกจากกันใน 1 มิติ	1. นักเรียนสามารถอธิบายการดีดตัวแยกออกจากกันของวัตถุได้ (K) 2. นักเรียนสามารถนำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมมาคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการดีดตัวแยกออกจากกันของวัตถุได้ (P) 3. นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้และรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)	การดีตัวแยกออกจากกันของวัตถุหรือการระเบิดผลรวมของมวลและโมเมนตัมจะคงที่ แต่ผลรวมของกลังงานจลน์หลังการดีตัวจะมากกว่าผลรวมของพลังงานจลน์หลังการดีดตัวเป็นตามสมการ $\sum E_{ki} < \sum E_{kf}$	1

1.5 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งหัวข้อหลักในแต่ละแผนประกอบไปด้วยสาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรม/กระบวนจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

1.6 สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) โดยเกณฑ์การประเมินเป็นคะแนนดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
4 หมายถึง เหมาะสมมาก
3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
2 หมายถึง เหมาะสมน้อย
1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้พร้อมแบบประเมินความเหมาะสมที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการเขียนแผนความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ เกณฑ์การวัดและประเมินผล และความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบประเมิน โดยอาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำให้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กระชับ เพื่อให้ทันต่อเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสถานการที่ใช้ในการจัดกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดควรให้สอดคล้องกับสถานการที่เคยพบเจอในชีวิตประจำวัน และปรับข้อคำถามของแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ครอบคลุม และเน้นในสิ่งที่จะพัฒนา

1.8 ปรับปรุงแก้แผนการจัดการเรียนรู้ตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เสนอแนะ

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขแล้วพร้อมแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านเพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ได้แก่

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมทรง สิทธิ วุฒิการศึกษา ศษ.ด. (หลักสูตรและการสอน) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต. ดร.อรัญ ซุยกระเดื่อง วุฒิการศึกษา กศ.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประสาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3) อาจารย์ ดร. ฤทธิไกร ไชยงาม วุฒิการศึกษา วท.ด. (ฟิสิกส์) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนฟิสิกส์

4) นางสาวขวัญชนก ภูทองขาว วุฒิการศึกษา ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่ง ครู วิทยาฐานะ ครูชำนาญการ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนฟิสิกส์

5) นายเอกวิทย์ ดวงแก้ว วุฒิการศึกษา กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์) ตำแหน่ง ครู โรงเรียนอำนาจเจริญ ผู้เชี่ยวชาญด้านกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

1.10 นำผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยและเทียบกับเกณฑ์ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) และพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.51 - 5.00	หมายถึง	เหมาะสมสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.51 - 4.50	หมายถึง	เหมาะสมสมมาก
ค่าเฉลี่ย	2.51 - 3.50	หมายถึง	เหมาะสมสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	5.51 - 2.50	หมายถึง	เหมาะสมสมน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 - 1.50	หมายถึง	เหมาะสมสมน้อยที่สุด

โดยกำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเฉลี่ยที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 3.51-5.00 จึงจะถือว่าเป็นแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ได้ โดยผลการประเมินความเหมาะสมสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเฮลเลอร์ มีคะแนนประเมินเฉลี่ย 4.33-4.46 ซึ่งทุกแผนการจัดการเรียนรู้มีระดับความเหมาะสมสมอยู่ที่ระดับมาก และผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะให้ปรับขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ให้มีกิจกรรมที่หลากหลายและขั้นประเมินผลให้ปรับรูปแบบการประเมินให้มีกิจกรรมที่แตกต่างกันในแต่ละแผน ไม่ใช่มีเพียงการทำแบบทดสอบอย่างเดียว

1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน จำนวน 2 ชุด ชุดละ 3 ข้อ ใช้วัดหลังสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในวงจรปฏิบัติที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนว่าผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยรายละเอียดดังตารางที่ 5 และดำเนินการสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอนต่อไปนี้

ตารางที่ 5 จำนวนข้อสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

วงจรปฏิบัติการที่	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)		รวม (ข้อ)	
		ที่สร้าง	ที่ใช้	ที่สร้าง	ที่ใช้
1	นักเรียนสามารถคำนวณหาโมเมนตัมของวัตถุหรือปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ (P)	2	1	6	3
	นักเรียนสามารถคำนวณหาแรงหรือโมเมนตัมที่เปลี่ยนไปได้ (P)	2	1		
	นักเรียนสามารถคำนวณหาการดลและแรงดลได้ (P)	2	1		
2	นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวของกับการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ (P)	2	1	6	3
	นักเรียนสามารถคำนวณหาพลังงานหรือปริมาณอื่นที่เกี่ยวข้องกับการชนใน 1 มิติได้ (P)	2	1		
	นักเรียนสามารถนำกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมมาคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการดีดตัวแยกออกจากกันของวัตถุได้ (P)	2	1		

2.1 ศึกษาแนวทางการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในรูปแบบที่หลากหลายจากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประกอบการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

2.2 สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้แก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ และกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

ประเด็น \ คะแนน	3	2	1	0
พิจารณาปัญหา	วาดรูปแสดงสถานการณ์ของโจทย์ได้สอดคล้องพร้อมระบุสิ่งที่โจทย์ให้และสิ่งที่โจทย์ถามได้ถูกต้องครบถ้วน	วาดรูปแสดงสถานการณ์ของโจทย์ได้สอดคล้องและระบุสิ่งที่โจทย์หรือสิ่งที่โจทย์ถามผิดบางส่วน หรือระระบุสิ่งที่โจทย์ให้และสิ่งที่โจทย์ถามได้ถูกต้องครบถ้วนแต่วาดรูปไม่สอดคล้อง	วาดรูปได้สอดคล้องแต่ระบุระบุสิ่งที่โจทย์หรือสิ่งที่โจทย์ถามผิด หรือระบุสิ่งที่โจทย์หรือสิ่งที่โจทย์ถามผิดบางส่วนแต่วาดรูปไม่สอดคล้อง	วาดรูปไม่สอดคล้องและระบุระบุสิ่งที่โจทย์หรือสิ่งที่โจทย์ถามผิดทั้งหมด
อธิบายหลังการทางฟิสิกส์	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ได้สอดคล้องครอบคลุมพร้อมระบุสมการที่ใช้ได้ถูกต้องครบถ้วน	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ได้สอดคล้องครอบคลุมแต่ระบุสมการผิด หรือระบุสมการได้ถูกต้องครบถ้วนและอธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ได้สอดคล้องแต่ไม่ครอบคลุม	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ได้สอดคล้องแต่ไม่ครอบคลุมและระบุสมการผิด หรือเขียนอธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ไม่สอดคล้องแต่ระบุสมการที่ใช้ได้ถูกต้องครบถ้วน	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ไม่สอดคล้องและระบุสมการที่ใช้ผิด

ตารางที่ 6 ต่อ

ประเด็น \ คะแนน	3	2	1	0
วางแผนแก้ปัญหา	เขียนลำดับการแก้ปัญหาได้อย่างละเอียด สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	เขียนลำดับการแก้ปัญหาไม่ค่อยละเอียด แต่สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	เขียนลำดับการแก้ปัญหาไม่ละเอียด มีส่วนที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ได้อย่างถูกต้อง	ไม่เขียนลำดับการแก้ปัญหาหรือไม่มีส่วนชี้นำนำไปสู่การแก้ปัญหาเลย
ดำเนินการตามแผน	ดำเนินการตามแผนที่วางไว้และการดำเนินทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง	ดำเนินการตามแผนที่วางไว้และการดำเนินทางคณิตศาสตร์ผิดบางส่วน	ดำเนินการไม่สอดคล้องกับแผนที่วางไว้และการดำเนินทางคณิตศาสตร์ผิดบางส่วน	ดำเนินการไม่สอดคล้องกับแผนที่วางไว้และการดำเนินทางคณิตศาสตร์ผิด
ประเมินคำตอบ	สรุปคำตอบได้สอดคล้องครอบคลุมและระบุหน่วยถูกต้อง	สรุปคำตอบได้สอดคล้องแต่คอบคลุมและระบุหน่วยถูกต้อง หรือสรุปคำตอบได้สอดคล้องครอบคลุมแต่ระบุหน่วยผิด	สรุปคำตอบได้สอดคล้องแต่คอบคลุมและระบุหน่วยผิด หรือระบุหน่วยถูกต้องแต่สรุปคำตอบไม่สอดคล้อง	สรุปคำตอบไม่สอดคล้องและระบุหน่วยผิด

2.3 สร้างประเมินความสอดคล้องระหว่างโจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สอดคล้องกับจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สอดคล้องกับจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่า โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

2.4 นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์และแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างโจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับจุดประสงค์การเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้องของโจทย์ปัญหาและแบบประเมิน โดยอาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำให้ปรับสถานการณ์โจทย์ปัญหาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันและสอดคล้องกับหนังสือเรียนเพื่อให้เป็นไปตามที่หลักสูตรกำหนด

2.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เสนอแนะ

2.6 นำแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างโจทย์ปัญหากับจุดประสงค์การเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม

2.7 นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างโจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ มาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องโดยใช้สูตร IOC (Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ต้องมีค่าเท่ากับ 0.50 -1.00 ซึ่งผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างโจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับจุดประสงค์การเรียนรู้มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 ทุกข้อ แสดงว่าโจทย์ปัญหาที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และคัดข้อสอบที่เป็นตัวแทนของแต่ละจุดประสงค์ไว้

2.8 สร้างแบบประเมินความเหมาะสมสมของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) โดยมีเกณฑ์การประเมินเป็นคะแนน ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมสมมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมสมมาก

3 หมายถึง เหมาะสมสมปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมสมน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมสมน้อยที่สุด

2.9 นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่เลือกไว้เป็นตัวแทนของแต่ละจุดประสงค์และแบบประเมินความเหมาะสมสมที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา

วิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้องของโจทย์ปัญหา ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา เกณฑ์การให้คะแนน และข้อคำถามในแบบประเมิน

2.10 นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่เลือกไว้เป็นตัวแทนของแต่ละจุดประสงค์และแบบประเมินความเหมาะสมสมเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมเพื่อประเมินความเหมาะสมสมของโจทย์ปัญหาแต่ละข้อ

2.11 นำผลการประเมินความเหมาะสมสมของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์จากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยและเทียบกับเกณฑ์ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) และพิจารณาระดับความเหมาะสมของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.51 - 5.00	หมายถึง	เหมาะสมสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.51 - 4.50	หมายถึง	เหมาะสมสมมาก
ค่าเฉลี่ย	2.51 - 3.50	หมายถึง	เหมาะสมสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	5.51 - 2.50	หมายถึง	เหมาะสมสมน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 - 1.50	หมายถึง	เหมาะสมสมน้อยที่สุด

โดยกำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเฉลี่ยที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 3.51-5.00 จึงจะถือว่าแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินความเหมาะสมสมของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีคะแนนประเมินเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.40-4.60 ซึ่งถือว่ามีระดับความเหมาะสมสมอยู่ที่ระดับมาก-มากที่สุดและผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้สลับข้อคำถามในขั้นพิจารณาปัญหาโดยสลับที่สิ่งที่โจทย์ถามขึ้นมากก่อนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และปรับเกณฑ์การให้คะแนนที่ระดับคะแนน 2 และ 3 คะแนนให้ชัดเจน

2.12 นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจัดพิมพ์แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เป็นฉบับจริง เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายต่อไป

3. แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียนในงานวิจัยครั้งนี้เป็นแบบกึ่งโครงสร้างใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมของนักเรียนในขณะดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา เกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน

3.2 กำหนดพฤติกรรมที่จะสังเกตตามประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์รายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับพฤติกรรมที่สังเกต

ประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	พฤติกรรมที่จะสังเกต
พิจารณาปัญหา	นักเรียนวาดรูป เขียนสิ่งที่โจทย์ให้และสิ่งที่โจทย์ถาม
อธิบายหลักการทางฟิสิกส์	นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดและสมการทางฟิสิกส์
วางแผนแก้ปัญหา	อภิปรายแลกเปลี่ยนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา และเขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา
ดำเนินการตามแผน	ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยตัวเอง เช่น แทนค่าตัวแปร คิดคำนวณ การใช้เครื่องช่วยคำนวณ เป็นต้น
ประเมินคำตอบ	เขียนสรุปคำตอบพร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง

3.3 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ มีลักษณะเป็นแบบประมานค่า (Rating Scale) และกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

ประเด็นการแก้โจทย์ปัญหา	ระดับคะแนน		
	2	1	0
พิจารณาปัญหา	นักเรียนวาดรูป ระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ถาม	นักเรียนไม่วาดรูปหรือระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ถาม	นักเรียนไม่วาดรูปและไม่ระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ถาม
อธิบายหลักการทางฟิสิกส์	นักเรียนเขียนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์และสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา	นักเรียนไม่เขียนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์หรือสมการที่ใช้	นักเรียนไม่เขียนอธิบายแนวคิดและสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ประเด็นการแก้โจทย์ปัญหา	ระดับคะแนน		
	2	1	0
วางแผนแก้ปัญหา	นักเรียนเขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาและแลกเปลี่ยนแนวทางการแก้ปัญหากับผู้อื่น	นักเรียนเขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาแต่ไม่แลกเปลี่ยนแนวทางการแก้ปัญหากับผู้อื่น	นักเรียนไม่เขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาแต่
ดำเนินการตามแผน	นักเรียนเขียนแทนค่าลงในสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยตัวเอง	นักเรียนไม่ดำเนินการเขียนแทนค่าลงในสมการหรือไม่ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยตัวเอง	ไม่ดำเนินการใด ๆ เลย
ประเมินคำตอบ	ตอบโดยมีการเขียนสรุปคำตอบ	ตอบโดยไม่เขียนสรุปคำตอบ	ไม่เขียนคำตอบ

3.4 สร้างประเมินความสอดคล้องระหว่างประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับพฤติกรรมที่สังเกต โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่า ประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สอดคล้องกับพฤติกรรมที่สังเกต

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สอดคล้องกับพฤติกรรมที่สังเกต

-1 เมื่อแน่ใจว่า ประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่สังเกต

3.5 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์พร้อมแบบประเมินเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของพฤติกรรมที่สังเกต รูปแบบของแบบสังเกต โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แนะนำให้ปรับพฤติกรรมที่สังเกตให้เป็นพฤติกรรมที่เด่นชัด สามารถสังเกตได้ชัดเจน และตรงประเด็น

3.6 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาพร้อมประเมินความสอดคล้องเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมเพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับพฤติกรรมที่สังเกต

3.7 นำผลการประเมินมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์กับพฤติกรรมที่สังเกตโดยใช้สูตร IOC (Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ต้อมีค่าเท่ากับ 0.50 -1.00 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหามีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.60-1.00 แสดงว่าพฤติกรรมที่สังเกตมีความสอดคล้องกับประเด็นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะให้ปรับปรุงโครงสร้างของแบบสังเกตให้งานต่อการทำการสังเกตและเขียนเกณฑ์การให้คะแนนให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3.8 ปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วจัดพิมพ์แบบสังเกตฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

4. แบบสัมภาษณ์นักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียนในการวิจัยเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ ใช้สำหรับสัมภาษณ์นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 ศึกษาแนวทางในการสร้างแบบสัมภาษณ์

4.2 กำหนดประเด็นและข้อคำถามในการสัมภาษณ์ แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ประเด็นและข้อคำถามในการสัมภาษณ์นักเรียน

ประเด็น	ข้อคำถาม
พิจารณาปัญหา	เมื่อนักเรียนอ่านทำความเข้าใจโจทย์เสร็จแล้วนักเรียนนักเรียนสามารถวาดรูปและแยกแยะข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้กับสิ่งที่โจทย์ถามได้หรือไม่
อธิบายหลักการทางฟิสิกส์	นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดหรือหลักการทางฟิสิกส์และเลือกสมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา โดยใช้ความรู้ที่เรียนมาได้หรือไม่
วางแผนแก้ปัญหา	นักเรียนเขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาอย่างละเอียด ครบทุกขั้นตอนหรือไม่

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ประเด็น	ข้อคำถาม
ดำเนินการตามแผน	นักเรียนสามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการ ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่
ประเมินคำตอบ	นักเรียนสามารถสรุปคำตอบได้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาและระบุหน่วยทุกครั้งหรือไม่

4.3 สร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียนตามประเด็กการแก้โจทย์ปัญหา

4.4 สร้างประเมินความสอดคล้องระหว่างประเด็นในการสัมภาษณ์กับข้อคำถาม โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่า ประเด็นในการสัมภาษณ์สอดคล้องกับข้อคำถาม

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ประเด็นในการสัมภาษณ์สอดคล้องกับข้อคำถาม

-1 เมื่อแน่ใจว่า ประเด็นในการสัมภาษณ์ไม่สอดคล้องกับข้อคำถาม

4.5 นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นพร้อมแบบประเมินเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับประเด็นและลักษณะของคำถาม โดยเสนอแนะให้ปรับข้อคำถามให้ตรงประเด็นที่จะพัฒนาและมีคำถามเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนการสอน

4.6 ปรับแก้ไขข้อคำถามในการสัมภาษณ์ตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เสนอแนะ

4.7 นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วพร้อมแบบประเมิน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมเพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างประเด็นในการสัมภาษณ์กับข้อคำถาม

4.8 นำผลการประเมินมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างประเด็นการแก้โจทย์ปัญหากับข้อคำถาม โดยใช้สูตร IOC (Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) โดยค่าดัชนีที่ยอมรับได้ต้องมีค่าเท่ากับ 0.50 -1.00 ผลการประเมินความสอดคล้องประเด็นการแก้โจทย์ปัญหากับข้อคำถามของแบบสัมภาษณ์มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.80-1.00 แสดงว่าข้อคำถามสอดคล้องกับประเด็นในการสัมภาษณ์

4.9 นำแบบสัมภาษณ์มาจัดพิมพ์เป็นฉบับสัมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้หลักการและขั้นตอนตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (ประสาท เนืองเฉลิม, 2561) เป็นกระบวนการในการดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การวางแผน ขั้นที่ 2 ปฏิบัติ ขั้นที่ 3 สังเกต และขั้นที่ 4 สะท้อนผล มีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

1. ขั้นการวางแผน (Planning-P)

1.1 วิเคราะห์สภาพปัญหาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นในห้องเรียน โดยจากการสังเกตของผู้วิจัย

1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้อง เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ พร้อมหาแนวทางแก้ไขปัญหา

1.3 ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์จำนวน 6 แผน โดยแบ่งเป็นวงจรปฏิบัติที่ 1 จำนวน 3 แผน วงจรปฏิบัติที่ 2 จำนวน 3 แผน

2) แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้งหมด 2 ชุด ชุดที่ 1 จำนวน 3 ข้อ ชุดที่ 2 จำนวน 3 ข้อ

3) แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

4) แบบสัมภาษณ์นักเรียน

2. ขั้นปฏิบัติ (Action-A)

จัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดเตรียมไว้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยแบ่งออกเป็น 2 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

วงจรปฏิบัติที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3

วงจรปฏิบัติที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6

โดยนำผลที่ได้จากแต่ละวงจรปฏิบัติการไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าปัญหาในการเรียนจะลดลงและนักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ได้จนถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. ขั้นสังเกต (Observing-O)

เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยความรอบคอบของผู้วิจัย ซึ่งจะสังเกตทั้งสิ่งที่คาดหวังจะให้เกิดและสิ่งที่ไม่คาดหวัง โดยอาศัยเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหา แบบสัมภาษณ์นักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติ และแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของแต่ละวงจรปฏิบัติการ

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflecting-R)

เป็นการประเมินผลหรือตรวจสอบกระบวนการวิจัยที่ดำเนินการมาว่าประสบผลสำเร็จหรือเกิดปัญหา อุปสรรคใดที่เป็นข้อจำกัดต่อการดำเนินการครั้งนี้ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบถึงปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในทุกแง่ทุกมุม เพื่อให้ได้แนวทางการพัฒนา ปรับปรุง และวางแผนการปฏิบัติในครั้งต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพและการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative data)

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน

2. การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative data)

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ใช้วัดหลังสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาดำเนินการประเมินทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ มีรายละเอียดดังนี้

1. การประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเชิงปริมาณ ประเมินจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ดำเนินการดังนี้

1.1 หลังจากนักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาท้ายวงรอบแล้ว ผู้วิจัยจะนำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามาตรวจให้คะแนน

1.2 นำคะแนนที่ได้มาคิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม เพื่อดูว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคิดเป็นร้อยละเท่าใด

2. การประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเชิงคุณภาพ ประเมินจากแบบสังเกตความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา แบบสัมภาษณ์ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบการบรรยาย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, 2559 และสมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553)

1. ร้อยละ (Percentage)

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

เมื่อ P แทน ค่าร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

2. ค่าเฉลี่ย (Mean)

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

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดของกลุ่ม

n แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่ม

3. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$S=\sqrt{\frac{\sum(x-\overline{x})^2}{(n-1)}} \quad \text{หรือ} \quad S=\sqrt{\frac{n\sum x^2-(\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

x แทน ข้อมูลแต่ละตัว

$\overline{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่

ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีสมการในการหาดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา, 2559)

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

เมื่อ IOC แทน ความเที่ยงตรง

$\sum R$ แทน ผลรวมของผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ถูกต้อง ตลอดจนการสื่อความหมายข้อมูลที่ตรงกัน ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย
$\overline{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำเสนอผลวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการจำนวน 2 วงจรปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ มีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์จำนวน 1 ข้อ คะแนนเต็ม 15 คะแนน และเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์วงจรปฏิบัติการละ 3 ข้อ คะแนนเต็ม 45 คะแนน จากนั้นผู้วิจัยได้นำคะแนนมาคิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็มและนำมาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม เพื่อประเมินว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาผ่านเกณฑ์หรือไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม รายละเอียดดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 วิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนคนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์								
	ก่อนเรียน			วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	คะแนน (15)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนน (45)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนน (45)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
1	5	33.33	ไม่ผ่าน	35	77.78	ผ่าน	40	88.89	ผ่าน
2	2	13.33	ไม่ผ่าน	24	53.33	ไม่ผ่าน	42	93.33	ผ่าน
3	7	46.67	ไม่ผ่าน	32	71.11	ผ่าน	35	77.78	ผ่าน
4	3	20.00	ไม่ผ่าน	7	15.56	ไม่ผ่าน	22	48.89	ไม่ผ่าน
5	6	40.00	ไม่ผ่าน	22	48.89	ไม่ผ่าน	38	84.44	ผ่าน

ตารางที่ 10 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์								
	ก่อนเรียน			วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	คะแนน (15)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนน (45)	ร้อยละ	ผลการประเมิน	คะแนน (45)	ร้อยละ	ผลการประเมิน
6	7	46.67	ไม่ผ่าน	40	88.89	ผ่าน	39	86.67	ผ่าน
7	9	60.00	ไม่ผ่าน	39	86.67	ผ่าน	42	93.33	ผ่าน
8	7	46.67	ไม่ผ่าน	28	62.22	ไม่ผ่าน	39	86.67	ผ่าน
9	2	13.33	ไม่ผ่าน	38	84.44	ผ่าน	39	86.67	ผ่าน
10	5	33.33	ไม่ผ่าน	31	68.89	ไม่ผ่าน	37	82.22	ผ่าน
11	9	60.00	ไม่ผ่าน	41	91.11	ผ่าน	38	84.44	ผ่าน
12	7	46.67	ไม่ผ่าน	36	80.00	ผ่าน	38	84.44	ผ่าน
13	4	26.67	ไม่ผ่าน	15	33.33	ไม่ผ่าน	36	80.00	ผ่าน
14	6	40.00	ไม่ผ่าน	24	53.33	ไม่ผ่าน	36	80.00	ผ่าน
15	3	20.00	ไม่ผ่าน	32	71.11	ผ่าน	34	75.56	ผ่าน
16	8	53.33	ไม่ผ่าน	32	71.11	ผ่าน	38	84.44	ผ่าน
17	6	40.00	ไม่ผ่าน	25	55.56	ไม่ผ่าน	33	73.33	ผ่าน
18	9	60.00	ไม่ผ่าน	32	71.11	ผ่าน	36	80.00	ผ่าน
19	8	53.33	ไม่ผ่าน	34	75.56	ผ่าน	38	84.44	ผ่าน
20	2	13.33	ไม่ผ่าน	32	71.11	ผ่าน	41	91.11	ผ่าน
21	5	33.33	ไม่ผ่าน	25	55.56	ไม่ผ่าน	36	80.00	ผ่าน
22	9	60.00	ไม่ผ่าน	33	73.33	ผ่าน	40	88.89	ผ่าน
$\overline{X}$	5.86	39.09	-	29.86	66.36	3	37.14	82.53	-
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ (คน)				13			21		
คิดเป็นร้อยละ				59.09			95.45		

จากตารางที่ 10 พบว่าก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.86 คะแนนจากคะแนนเต็ม 15 คะแนน คิดเป็นร้อยละ

39.09 ของคะแนนเต็ม และหลังการจัดการเรียนรู้โดยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์วงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 29.86 และ 37.14 คะแนนจากคะแนนเต็ม 45 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 66.36 และ 82.53 ของคะแนนเต็ม ตามลำดับ โดยหลังการจัดการโดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ 13 คน จากนักเรียนทั้งหมด 22 คน คิดเป็นร้อยละ 59.09 ของนักเรียนทั้งหมด และในวงปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ 21 คน จากนักเรียนทั้งหมด 22 คน คิดเป็นร้อยละ 95.45 ของนักเรียนทั้งหมด

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการที่ 1

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โมเมนตัม แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม และแผนการเรียนรู้ที่ 3 แรงดลและการดล เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ จำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 45 คะแนน ผลการวิเคราะห์คะแนนแสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 วิเคราะห์ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยแยกตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนคนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์					รวม (45 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละ	ผลการประเมิน
	พิจารณาปัญหา (9 คะแนน)	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (9 คะแนน)	วางแผนแก้ปัญหา (9 คะแนน)	ดำเนินการตามแผน (9 คะแนน)	ประเมินคำตอบ (9 คะแนน)			
1	7	5	7	7	9	35	77.78	ผ่าน
2	6	3	3	3	9	24	53.33	ไม่ผ่าน
3	7	3	6	8	8	32	71.11	ผ่าน
4	5	2	0	0	0	7	15.56	ไม่ผ่าน
5	8	3	2	8	1	22	48.89	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 11 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์					รวม (45 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละ	ผลการประเมิน
	พิจารณาปัญหา (9 คะแนน)	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (9 คะแนน)	วางแผนแก้ปัญหา (9 คะแนน)	ดำเนินการตามแผน (9 คะแนน)	ประเมินคำตอบ (9 คะแนน)			
6	9	6	7	9	9	40	88.89	ผ่าน
7	8	6	7	9	9	39	86.67	ผ่าน
8	7	3	3	6	9	28	62.22	ไม่ผ่าน
9	9	7	6	7	9	38	84.44	ผ่าน
10	8	3	4	8	8	31	68.89	ไม่ผ่าน
11	8	6	9	9	9	41	91.11	ผ่าน
12	9	5	5	9	8	36	80.00	ผ่าน
13	7	2	0	3	3	15	33.33	ไม่ผ่าน
14	8	3	2	5	6	24	53.33	ไม่ผ่าน
15	9	3	4	9	7	32	71.11	ผ่าน
16	9	4	3	7	9	32	71.11	ผ่าน
17	5	3	1	7	9	25	55.56	ไม่ผ่าน
18	8	3	4	9	8	32	71.11	ผ่าน
19	9	3	5	9	8	34	75.56	ผ่าน
20	8	5	4	6	9	32	71.11	ผ่าน
21	7	4	7	6	1	25	55.56	ไม่ผ่าน
22	8	5	6	8	6	33	73.33	ผ่าน
$\bar{X}$	7.68	3.95	4.32	6.91	7.00	29.86	66.36	-
ร้อยละ	85.35	43.94	47.98	76.77	77.78	66.36	-	-

จากตารางที่ 11 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนสามารถเรียงลำดับจากขั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดไปขั้นมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดได้ดังนี้ ลำดับที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 85.35 ของคะแนนเต็ม ลำดับที่ 2 ขั้นประเมินคำตอบ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 77.78 ของคะแนนเต็ม ลำดับที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76.77 ของคะแนนเต็ม ลำดับที่ 4 ขั้น

วางแผนแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 47.98 ของคะแนนเต็ม และอันดับที่ 5 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 43.94 ของคะแนนเต็ม

จากที่ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ในขณะที่นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยทำการสังเกตทั้งหมด 3 ครั้ง ตามจำนวนครั้งที่จัดการเรียนรู้ โดยแต่ครั้งจะมีคะแนนเต็ม 2 คะแนนในแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา จากนั้นจึงนำผลการสังเกตในแต่ละครั้งมารวมกัน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการณ์ที่ 1

นักเรียนคนที่	คะแนนรวม				
	พิจารณาปัญหา (6)	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (6)	วางแผนแก้ปัญหา (6)	ดำเนินการตามแผน (6)	ประเมินคำตอบ (6)
1	5.00	3.00	5.00	6.00	6.00
2	4.00	2.00	2.00	3.00	4.00
3	6.00	1.00	4.00	5.00	6.00
4	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	5.00	2.00	2.00	4.00	3.00
6	6.00	4.00	4.00	6.00	5.00
7	6.00	3.00	3.00	6.00	6.00
8	5.00	2.00	2.00	5.00	6.00
9	6.00	5.00	4.00	6.00	6.00
10	6.00	2.00	3.00	6.00	6.00
11	6.00	4.00	5.00	6.00	6.00
12	6.00	3.00	4.00	6.00	6.00
13	5.00	1.00	1.00	3.00	2.00
14	6.00	2.00	2.00	3.00	3.00
15	6.00	2.00	3.00	4.00	3.00
16	4.00	3.00	3.00	6.00	5.00

ตารางที่ 12 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนรวม				
	พิจารณาปัญหา (6)	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (6)	วางแผนแก้ปัญหา (6)	ดำเนินการตามแผน (6)	ประเมินคำตอบ (6)
13	5.00	1.00	1.00	3.00	2.00
14	6.00	2.00	2.00	3.00	3.00
15	6.00	2.00	3.00	4.00	3.00
16	4.00	3.00	3.00	6.00	5.00
17	2.00	3.00	1.00	5.00	6.00
18	6.00	2.00	4.00	6.00	6.00
19	6.00	2.00	3.00	6.00	5.00
20	6.00	4.00	3.00	5.00	6.00
21	5.00	3.00	5.00	4.00	3.00
22	6.00	4.00	5.00	6.00	6.00

จากผลการสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนดังตารางที่ 12 ผู้วิจัยได้สรุปพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นรายบุคคลไว้ดังต่อไปนี้

นักเรียนคนที่ 2 ไม่เขียนอธิบายแนวคิดสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา และไม่มีการแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหากับผู้อื่น ทั้งยังไม่ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยตัวเอง

นักเรียนคนที่ 4 ไม่สามารถระบุข้อมูลจากโจทย์ แนวคิดที่ใช้และสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ ทำให้ไม่สามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้ ทั้งยังไม่มีการแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้ปัญหากับผู้อื่น และไม่สรุปคำตอบที่สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา

นักเรียนคนที่ 5 ไม่เขียนอธิบายแนวคิดสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา และไม่มีการแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหากับผู้อื่น พร้อมทั้งไม่สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

นักเรียนคนที่ 8 และ นักเรียนคนที่ 10 ระบุสมการแต่ไม่เขียนอธิบายแนวคิดสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา และไม่มีการแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหากับผู้อื่น ทำให้การวางแผนแก้โจทย์ปัญหาไม่ละเอียดเท่าที่ควร

นักเรียนคนที่ 13 และ นักเรียนคนที่ 14 ไม่เขียนอธิบายแนวคิดสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา และไม่มีการแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหากับผู้อื่น ทั้งยังไม่ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง และไม่สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ ไม่เขียนอธิบายแนวคิดสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนคนที่ 17 ไม่วาดรูปให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา ไม่เขียนอธิบายแนวคิดสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา และไม่มีการแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหากับผู้อื่นทำให้การวางแผนแก้โจทย์ปัญหาไม่ละเอียดเท่าที่ควร

นักเรียนคนที่ 21 ไม่เขียนอธิบายแนวคิดสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา และไม่เขียนสรุปคำตอบที่สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาหรือไม่ระบุหน่วยในบางครั้ง

จากการสังเกตพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาในขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์โดยส่วนใหญ่นักเรียนไม่เขียนอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาและในขั้นวางแผนแก้ปัญหาโดยไม่มีการแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหากับผู้อื่น นอกจากนี้ยังมีนักเรียนส่วนน้อยที่มีปัญหาในขั้นอื่น ๆ ได้แก่ ขั้นพิจารณาปัญหา นักเรียนไม่ระบุข้อมูลที่โจทย์ให้หรือสิ่งที่โจทย์ถามหาและไม่วาดรูปแสดงสถานการณ์ของโจทย์ ขั้นดำเนินการตามแผน นักเรียนไม่ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง และขั้นประเมินคำตอบ นักเรียนตอบโดยไม่เขียนสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาหรือไม่ระบุหน่วย

เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1 และเพื่อให้การดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 บรรลุความมุ่งหมายของการวิจัยที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงนำผลการสังเกตชั้นเรียน บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม เพื่อนำปัญหาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ด้านการพิจารณาปัญหา

จากการสังเกตนักเรียนส่วนใหญ่สามารถวาดรูปที่สอดคล้องกับโจทย์และระบุสิ่งที่โจทย์ให้มาและสิ่งที่โจทย์ถามหาได้ด้วยตนเองเนื่องจากเป็นสิ่งที่เห็นจากโจทย์หรือเป็นคำถามในโจทย์ชัดเจนตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ได้ แต่นักเรียนบางคนไม่ทราบว่าสิ่งที่โจทย์ให้มาหรือสิ่งที่โจทย์ถามหาคืออะไร หรือระบุสิ่งที่โจทย์ให้มาไม่ครบถ้วน ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนได้ข้อมูลสอดคล้องกัน ดังจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...วาดรูปได้คร่าว ๆ แต่ไม่แน่ใจว่าเขียนสิ่งที่โจทย์ให้มาได้ครบทุกตัวไหม และบางตัวก็จำตัวแปรไม่ได้...”

(นักเรียนคนที่ 2, วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

"...วาดรูปได้ แต่ไม่เขียนสิ่งที่โจทย์ให้มาหรือสิ่งที่โจทย์ถามทำไม เพราะสามารถดูจากโจทย์ได้เลย จะได้ไม่เสียเวลา..."

(นักเรียนคนที่ 4, วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

ด้านการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์

ในชั้นเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการค้นหา หลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาอธิบายโจทย์ปัญหาด้วยตนเอง รอดูจากเพื่อน และจากการตรวจแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนก็เช่นเดียวกัน นักเรียนส่วนใหญ่เขียนเฉพาะสมการที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งอาจเกิดจากความเคยชินของนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งจะเขียนสูตรและก็เริ่มคำนวณเลย ทำให้นักเรียนมีคะแนนในขั้นตอนนี้ต่ำมาก ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนได้ข้อมูลสอดคล้องกัน ดังจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

"...ไม่รู้จะเขียนอธิบายยังไง เขียนสูตรแล้วก็คำนวณเลย..."

(นักเรียนคนที่ 4, วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

"...เขียนได้สมการ แต่เขียนอธิบายไม่ค่อยได้ ส่วนใหญ่จะดูกับเพื่อนที่เขียนได้..."

(นักเรียนคนที่ 17, วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

ด้านการวางแผนแก้ปัญหา

จากการสังเกตนักเรียนมักจะข้ามขั้นตอนนี้เนื่องจากความเคยชินของนักเรียนเมื่อทราบสูตรก็ทำการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ แล้วก็เริ่มคำนวณเลย และจากการทำแบบฝึกหัดนักเรียนส่วนใหญ่ละเลยในขั้นตอนนี้ คือ เขียนไม่ละเอียด บางคนก็จะไม่เขียนขั้นตอนนี้ ทำให้นักเรียนมีคะแนนในส่วนนี้น้อยรองจากขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนได้ข้อมูลสอดคล้องกัน ดังจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

"...เขียนขั้นตอนคร่าว ๆ เพราะตอนคำนวณก็เป็นลำดับขั้นอยู่แล้ว..."

(นักเรียนคนที่ 2, วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

"...เขียนตามความเข้าใจว่าจะทำอะไรบ้าง แต่พอไปทำบ้างครั้งก็ทำมากกว่าที่เขียนเพราะตอนเราทำมันคิดได้มาขึ้นกว่าตอนที่ยังไม่ได้ทำ..."

(นักเรียนคนที่ 17, วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

ด้านการดำเนินการตามแผน

นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการทำในขั้นตอนนี้ แต่ยังมีบางคนที่ยังแทนค่าตัวแปรในสูตรไม่ได้ ไม่ทราบว่าจะนำค่าไหนมาแทน หรือบางคนมักรอดูขั้นตอนนี้จากเพื่อน และยังมีข้อบอกพร่องในการคำนวณ เช่น การย้ายข้างสมการ การคำนวณเศษส่วนหรือทศนิยม และคิดคำนวณช้าหรือต้องใช้เครื่องช่วยคำนวณ เป็นต้น ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนได้ข้อมูลสอดคล้องกัน ดังจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...บ้างตัวก็แทนไม่ถูกเพราะจำตัวแปลไม่ได้ และก็คำนวณตัวเลขที่เป็นทศนิยมไม่ได้...”

(นักเรียนคนที่ 2, วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

“...แทนค่าได้ แต่แก้สมการไม่ค่อยได้ ไม่รู้จะย้ายตัวไหนไปก่อน...”

(นักเรียนคนที่ 4, วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

ด้านการประเมินคำตอบ

เมื่อคำนวณได้คำตอบแล้วนักเรียนก็จะเขียนคำตอบเลยไม่กลับไปตรวจสอบว่าโจทย์ถามหาอะไร และไม่เขียนอธิบายคำตอบว่าคือปริมาณอะไรให้สอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ถาม

“...ตอบตัวเลขที่เราคำนวณได้ลงไปเลย ไม่ได้เขียนอะไร...”

(นักเรียนคนที่ 4, วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

“...บ้างครั้งก็เขียนสรุปบ้างครั้งก็ไม่ได้เขียนเพราะรีบเสร็จ ส่วนหน่วยบางครั้งก็ลืมเขียน...”

(นักเรียนคนที่ 14, วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

ผู้วิจัยจึงสรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ปัญหาและแนวทางแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหา	แนวทางในการแก้ไข
ด้านการพิจารณาปัญหา นักเรียนไม่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ทั้งหมด เนื่องจากนักเรียนไม่เห็นความสำคัญในข้อมูลที่กำหนดให้	เน้นย้ำให้นักเรียนเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาพร้อมระบุตัวแปรให้ครบทุกตัวตามขั้นการพิจารณาปัญหาของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์และบอกถึงความสำคัญของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ว่าจะทำให้เราสามารถแทนค่าตัวแปรได้ถูกต้อง และถ้ากลัวระบุไม่ครบนักเรียนก็ควรอ่านโจทย์ซ้ำหลาย ๆ รอบ ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้คะแนนในส่วนนี้เต็ม
ด้านการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ นักเรียนไม่เขียนอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา	กระตุ้นให้นักเรียนมีค้นคว้าการหลักการแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาโดยใช้คำถาม จากนั้นมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิดและร่วมกันสรุปแนวคิดที่ถูกต้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาต่อไป
ด้านการวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาไม่ละเอียดเท่าที่ควร	จัดกิจกรรมให้นักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้ปัญหาและแนะนำให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาอย่างละเอียดทุกขั้นตอนเป็นข้อ ๆ และเมื่อดำเนินการแก้ปัญหาไม่สามารถนำไปสู่คำตอบหรือมีส่วนเพิ่มเติมจากการวางแผนให้นักเรียนวนกลับมาเขียนขั้นตอนการวางแผนให้สอดคล้องกัน
ด้านการดำเนินการตามแผน นักเรียนแทนค่าสิ่งที่โจทย์ให้มาลงในสูตรไม่ได้และมีปัญหาเกี่ยวกับการคำนวณ	แนะนำนักเรียนว่า ถ้านักเรียนเขียนข้อมูลที่ได้จากโจทย์และระบุตัวแปรครบ ก็จะสามารถแทนค่าตัวแปรได้ถูกต้อง และปรับตัวเลขให้เหมาะสมสมกับความสามารถของนักเรียน พร้อมทั้งระบุตัวแปรของปริมาณต่าง ๆ ในแบบฝึกทักษะเพื่อให้นักเรียนสามารถจดจำตัวแปรได้

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ปัญหา	แนวทางในการแก้ไข
ด้านการประเมินคำตอบ นักเรียนไม่เขียนอธิบายคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา	จัดกิจกรรมให้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนการสรุปคำตอบของปัญหา และแนะนำให้นักเรียนกลับไปอ่านโจทย์ซ้ำอีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่าสิ่งที่เราดำเนินการอยู่สอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ถาม

วงจรปฏิบัติการที่ 2

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การอนุรักษ์โมเมนตัม แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การชนใน 1 มิติ และแผนการเรียนรู้ที่ 6 การดีดตัวแยกออกจากกันใน 1 มิติ โดยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ดังนี้ 1) ด้านการพิจารณาปัญหาผู้วิจัยได้เน้นย้ำให้นักเรียนเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาพร้อมระบุตัวแปรให้ครบทุกตัว และบอกถึงความสำคัญของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ว่าจะทำให้นักเรียนสามารถแทนค่าตัวแปรในสมการได้ถูกต้อง และถ้านักเรียนกลัวระบุไม่ครบก็ควรอ่านโจทย์ซ้ำหลาย ๆ รอบ ซึ่งจะทำให้นักเรียนระบุได้ครบถ้วนและได้คะแนนในส่วนนี้เต็ม 2) ด้านการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้ปรับกิจกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีค้นคว้าหลักการ แนวคิดหรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาโดยใช้คำถาม และมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิดและร่วมกันสรุปแนวคิดที่ถูกต้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาต่อไป 3) ด้านการวางแผนแก้ปัญหาผู้วิจัยปรับจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาและแนะนำให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามที่นักเรียนจะทำในขั้นต่อไปอย่างละเอียดทุกขั้นตอนเป็นข้อ ๆ หากยังไม่สามารถนำไปสู่คำตอบหรือมีส่วนเพิ่มเติมจากการวางแผนในขณะที่นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาให้นักเรียนวนกลับมาเขียนขั้นตอนการวางแผนให้สอดคล้องกัน 4) ด้านการดำเนินการตามแผนผู้วิจัยแนะนำนักเรียนว่าเขียนข้อมูลที่ได้จากโจทย์และระบุตัวแปรให้ครบทุกตัวซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถแทนค่าตัวแปรได้อย่างถูกต้อง และปรับตัวเลขให้ง่ายขึ้นเพื่อให้เหมาะสมสมกับความสามารถของนักเรียน พร้อมทั้งระบุตัวแปรของปริมาณต่าง ๆ ในใบกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนสามารถจดจำตัวแปรต่าง ๆ ได้ดีขึ้น และ 5) ด้านการประเมินคำตอบผู้วิจัยได้ปรับกิจกรรมให้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนการสรุปคำตอบของปัญหาและแนะนำให้นักเรียนกลับไปอ่านโจทย์ซ้ำอีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่าสิ่งที่นักเรียนดำเนินการอยู่สอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ถาม เมื่อผู้วิจัยปรับ

กิจกรรมการเรียนรู้ในแผนกาจัดการเรียนรู้เสร็จเรียบร้อยผู้วิจัยได้นำเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของกิจกรรมการเรียนรู้ หลักจากนั้นจึงได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ จำนวน 3 ข้อ คะแนนเต็ม 45 คะแนน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 วิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยแยกตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนคนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์					รวม (45 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละ	ผลการประเมิน
	พิจารณาปัญหา (9 คะแนน)	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (9 คะแนน)	วางแผนแก้ปัญหา (9 คะแนน)	ดำเนินการตามแผน (9 คะแนน)	ประเมินคำตอบ (9 คะแนน)			
1	8	8	8	8	8	40	88.89	ผ่าน
2	9	8	8	9	8	42	93.33	ผ่าน
3	8	6	6	7	8	35	77.78	ผ่าน
4	5	3	3	6	5	26	48.89	ไม่ผ่าน
5	9	7	7	8	7	38	84.44	ผ่าน
6	8	7	7	9	8	39	86.67	ผ่าน
7	8	8	8	9	9	42	93.33	ผ่าน
8	8	7	8	9	7	39	86.67	ผ่าน
9	8	7	7	9	8	39	86.67	ผ่าน
10	8	6	6	9	8	37	82.22	ผ่าน
11	8	6	7	9	8	38	84.44	ผ่าน
12	8	7	7	8	8	38	84.44	ผ่าน
13	8	7	7	7	7	36	80.00	ผ่าน
14	8	5	7	9	7	36	80.00	ผ่าน
15	8	5	5	9	7	34	75.56	ผ่าน
16	8	7	7	9	7	38	84.44	ผ่าน

ตารางที่ 14 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์					รวม (45 คะแนน)	คิดเป็นร้อยละ	ผลการประเมิน
	พิจารณาปัญหา (9 คะแนน)	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (9 คะแนน)	วางแผนแก้ปัญหา (9 คะแนน)	ดำเนินการตามแผน (9 คะแนน)	ประเมินคำตอบ (9 คะแนน)			
17	8	5	4	8	8	33	73.33	ผ่าน
18	8	5	7	8	8	36	80.00	ผ่าน
19	8	6	7	9	8	38	84.44	ผ่าน
20	8	7	8	9	9	41	91.11	ผ่าน
21	8	7	4	9	8	36	80.00	ผ่าน
22	8	7	7	9	9	40	88.89	ผ่าน
$\bar{X}$	7.95	6.41	6.59	8.45	7.73	37.14	88.89	-
ร้อยละ	88.38	71.21	77.78	93.94	85.86	82.53	-	-

จากตารางที่ 14 พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนสามารถเรียงลำดับจากขั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดไปขั้นมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดได้ดังนี้ ลำดับที่ 1 ขั้นพิจารณาปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 88.38 ของคะแนนเต็ม ลำดับที่ 2 ขั้นดำเนินการตามแผน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 85.86 ของคะแนนเต็ม ลำดับที่ 3 ขั้นประเมินคำตอบ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 82.53 ของคะแนนเต็ม ลำดับที่ 4 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 73.23 ของคะแนนเต็ม และอันดับที่ 5 ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 71.21 ของคะแนนเต็ม

จากที่ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ในขณะที่นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยทำการสังเกตทั้งหมด 3 ครั้ง ตามจำนวนครั้งที่จัดการเรียนรู้ โดยแต่ครั้งจะมีคะแนนเต็ม 2 คะแนนในแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา จากนั้นจึงนำผลการสังเกตในแต่ละครั้งมารวมกัน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการณ์ที่ 2

นักเรียนคนที่	คะแนนรวม				
	พิจารณาปัญหา (6)	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (6)	วางแผนแก้ปัญหา (6)	ดำเนินการตามแผน (6)	ประเมินคำตอบ (6)
1	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00
2	6.00	4.00	4.00	5.00	4.00
3	6.00	4.00	5.00	5.00	6.00
4	3.00	2.00	2.00	3.00	3.00
5	5.00	4.00	5.00	5.00	5.00
6	6.00	5.00	5.00	6.00	6.00
7	6.00	4.00	5.00	6.00	6.00
8	5.00	5.00	4.00	6.00	6.00
9	6.00	6.00	4.00	6.00	6.00
10	6.00	3.00	5.00	6.00	6.00
11	6.00	4.00	5.00	6.00	6.00
12	6.00	4.00	5.00	6.00	6.00
13	5.00	4.00	4.00	4.00	5.00
14	6.00	3.00	4.00	5.00	4.00
15	6.00	3.00	4.00	4.00	3.00
16	5.00	4.00	5.00	6.00	5.00
17	4.00	3.00	3.00	5.00	6.00
18	6.00	2.00	4.00	6.00	6.00
19	6.00	3.00	4.00	6.00	5.00
20	6.00	4.00	3.00	5.00	6.00
21	5.00	3.00	4.00	4.00	3.00
22	6.00	4.00	5.00	5.00	5.00

จากผลการสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนดังตารางที่ 15 ผู้วิจัยได้สรุปพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นรายบุคคลไว้ดังต่อไปนี้

นักเรียนคนที่ 4 ไม่สามารถระบุสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ในบางครั้ง ไม่เขียนอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา ไม่มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหาและไม่ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง ทั้งยังไม่เขียนสรุปคำตอบและระบุหน่วยให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา

เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า มีนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 1 คน คือนักเรียนคนที 4 โดยมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มทุกขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งถ้าพิจารณาจากแบบทดสอบและการสัมภาษณ์นักเรียนคนดังกล่าว สามารถสรุปได้ดังนี้

ด้านการพิจารณาปัญหา

ในขั้นตอนนี้นักเรียนยังเขียนข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ได้ไม่ครบและระบุตัวแปรไม่ครบทุกตัว ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนได้ข้อมูลสอดคล้องกัน ดังจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...วาดรูปได้คร่าว ๆ แล้วก็เขียนข้อมูลที่ได้จากโจทย์พร้อมระบุตัวแปรได้บ้าง แต่บางปริมาณก็จำไม่ได้ว่าแทนด้วยตัวอะไร...”

(นักเรียนคนที่ 4, วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

ด้านการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์

ในขั้นตอนนี้นักเรียนระบุเพียงสมการที่ใช้ในการคำนวณ ไม่เขียนอธิบายแนวคิดที่สอดคล้องกับโจทย์ที่จะนำไปสู่คำตอบ ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนได้ข้อมูลสอดคล้องกัน ดังจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

“...จำได้แค่ว่ามันเกี่ยวกับเรื่องอะไร สมการที่ใช้คืออะไร ไม่รู้ว่าจะเขียนอธิบายแบบไหน...”

(นักเรียนคนที่ 4, วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

ด้านการวางแผนแก้ปัญหา

ในขั้นตอนนี้นักเรียนเขียนขั้นตอนการวางแผนแก้ปัญหาไม่ค่อยละเอียด ดังจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

"...เขียนขั้นตอนได้คร่าว ๆ ตามที่เราเข้าใจ..."
(นักเรียนคนที่ 4, วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

ด้านการดำเนินการตามแผน

ในขั้นตอนนี้นักเรียนยังคำนวณตัวเลขได้ไม่ถูกต้อง แทนค่าตัวแปรสลับกัน ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนได้ข้อมูลสอดคล้องกัน ดังจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

"...แทนค่าตัวเลขลงในสมการ แต่บางครั้งมันมีมวลสองก้อนทำให้แทนสลับกัน..."
(นักเรียนคนที่ 4, วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

ด้านการประเมินคำตอบ

ในขั้นตอนนี้นักเรียนไม่เขียนอธิบายคำตอบและบางข้อไม่ระบุหน่วย ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนได้ข้อมูลสอดคล้องกัน ดังจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียนดังนี้

"...บางข้อก็เขียนอธิบายคำตอบไม่ได้และก็ลืมระบุหน่วย..."
(นักเรียนคนที่ 4, วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2563 : สัมภาษณ์)

จากผลการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่ 4 สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนจำตัวแปรของปริมาณทางฟิสิกส์บางตัวแปรไม่ได้ ไม่เข้าใจวิธีการเขียนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ วางแผนแก้โจทย์ปัญหาไม่ละเอียด สับสนในการแทนค่าตัวแปรเดียวกันที่มี 2 ปริมาณ และไม่สามารถสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาได้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งมีลำดับขั้นการสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ ดังนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

สรุปผล

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน 22 คน หลังได้รับการได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์สูงขึ้นและมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มเพิ่มขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 66.36 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 13 คน

วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 82.53 ของคะแนนเต็ม โดยมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 21 คน

อภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยแบ่งเป็น 2 วงจรปฏิบัติการ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 13 คน จากนักเรียนทั้งหมด 22 คน ซึ่งในวงจรปฏิบัติการนี้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยรวมทุกขั้นตอนเท่ากับ 29.86 คะแนน จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 66.36 ของคะแนนเต็ม เมื่อวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วยขั้นพิจารณาปัญหา ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นประเมินคำตอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนเท่ากับ 7.68 3.95 4.32 6.91 และ 7.00 คะแนน จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.35 43.94 47.98 76.77 และ 77.78 ของคะแนนเต็ม ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยสูงที่สุดในขั้นพิจารณาปัญหา รองลงมา คือ ขั้นประเมินคำตอบ ขั้นดำเนินการตามแผน ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ตามลำดับ และขั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย 1) ขั้นพิจารณาปัญหา นักเรียนได้ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาโดยการวาดรูปแสดงสถานการณ์ของโจทย์ ทำให้นักเรียนเข้าใจสถานการณ์นั้น ๆ ได้มากยิ่งขึ้น เพราะการวาดรูปจะช่วยให้นักเรียนตีความหมายของข้อความที่มีความซับซ้อนและเข้าใจข้อความนั้นได้ง่ายขึ้น (Meltzer, 2002) นอกจากนี้นักเรียนยังได้วิเคราะห์โจทย์ปัญหาโดยแยกแยะปริมาณที่โจทย์บอกและปริมาณที่โจทย์ถามหา พร้อมทั้งระบุตัวแปรของปริมาณต่าง ๆ ทำให้นักเรียนเห็นรายละเอียดของโจทย์ปัญหาชัดเจนขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของรมิตา ชื่นเปรมชีพและคณะ (2559) ที่กล่าวว่ากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ได้ให้ความสำคัญกับการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนนั้นสามารถเห็นภาพรวมของโจทย์ปัญหาอย่างชัดเจน เพราะการวาดภาพแทนข้อความนั้นจะช่วยให้เข้าใจสิ่งนั้น ๆ มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะข้อความที่เป็นนามธรรม มีความซับซ้อน นักเรียนยิ่งตีความหมายของโจทย์ได้ยาก ภาพจึงเป็นตัวช่วยสำคัญที่ทำให้นักเรียนเข้าใจข้อความนั้น ๆ มากขึ้น นอกจากนี้ยังได้มีการระบุสิ่งที่โจทย์ให้กับสิ่งที่โจทย์ถาม ทำให้นักเรียนสามารถเลือกสมาการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง 2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนจะศึกษา อภิปราย แลกเปลี่ยนหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎี

ทางฟิสิกส์ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้รับความรู้ที่จำเป็นต่อการแก้โจทย์ปัญหา (Heller et al., 1992) และนำแนวคิดไปอธิบายโจทย์ปัญหาเชื่อมโยงไปสู่สมการที่ใช้ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์มากยิ่งขึ้น (Pol et al., 2008) ทั้งยังทำให้นักเรียนเกิดการขยายความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางฟิสิกส์อีกด้วย 3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ฝึกวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาโดยการเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาตั้งแต่เริ่มต้นจนได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา เนื่องจากการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มีความซับซ้อนหรืออาจมีการใช้สมการมากกว่า 1 สมการในการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนจะต้องเรียงลำดับสมการและวางแผนอย่างเป็นขั้นตอนจึงจะสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง (De Jong & Ferguson-Hessler, 1996) ทั้งยังช่วยลดความสับสนในการค้นหาคำตอบด้วย (Ali et al., 2014) แต่นักเรียนยังมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยในขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์และขั้นวางแผนแก้ปัญหาค่อนข้างต่ำ เนื่องจากสองขั้นตอนนี้มีความแปลกใหม่จากวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบเดิมที่นักเรียนคุ้นชินและคิดว่าการแก้โจทย์ปัญหาแบบเดิมก็สามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ได้เช่นเดียวกัน ทำให้นักเรียนยังไม่เห็นความสำคัญของการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์และการวางแผนแก้ปัญหาเท่าที่ควร ซึ่งทิศนา แขมมณี (2557) กล่าวว่า ความรู้ใหม่ที่แตกต่างหรือไม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน จะทำให้นักเรียนไม่เห็นความสำคัญและถือว่าไม่มีความหมายต่อนักเรียน จึงมีนักเรียนส่วนใหญ่ไม่เขียนอธิบายหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและยังเขียนลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไม่ละเอียดเท่าที่ควร แต่เมื่อดำเนินการตามแผนมีความละเอียดมากกว่าทำให้คะแนนในขั้นดำเนินการตามแผนสูงกว่าขั้นวางแผนแก้ปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของสุธิดา แสนวัง (2562) ที่กล่าวว่า นักเรียนบางส่วนเขียนขั้นตอนการวางแผนแก้ปัญหาไม่ครบทุกขั้นตอน แต่เมื่อดำเนินการตามแผนที่วางไว้กลับสามารถหาคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนมีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาไปพร้อมกันทำให้ทราบถึงขั้นตอนที่ไม่ครบถ้วน จึงเพิ่มเติมลงในการดำเนินตามแผนแต่ไม่ได้เพิ่มในขั้นตอนการวางแผนแก้ปัญหาทำให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยให้ขั้นการวางแผนแก้ปัญหายังไม่ดีเท่าที่ควร 4) ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องดำเนินการตามขั้นตอนที่วางไว้ โดยฝึกให้นักเรียนแทนค่าตัวแปรลงบนสมการและใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ ผลการการฝึกฝนทำให้นักเรียนวางแผนและดำเนินการตามแผนได้อย่างรัดกุม สามารถแทนค่าตัวแปรลงบนสมการและดำเนินทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง เพราะการที่นักเรียนได้ฝึกแก้โจทย์ปัญหากับสถานการณ์ที่หลากหลายอย่างสม่ำเสมอจะทำให้นักเรียนเกิดทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาและสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (De Jong, & Ferguson-Hessler, 1996; รมิตา ชื่นเปรมชีพ และคณะ, 2559) และ 5) ขั้นประเมินคำตอบ เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ตรวจสอบความถูกต้องในการแก้โจทย์ปัญหาของตนเองว่าการดำเนินการถูกต้อง เป็นปริมาณที่โจทย์ต้องการให้หาและมีหน่วยถูกต้องหรือไม่ ก่อนจะสรุปคำตอบ เพราะหน่วยเป็นสิ่งจำเป็นต่อปริมาณทางฟิสิกส์ การมีหน่วยกำกับจึงถือว่าปริมาณนั้นถูกต้อง

สมบูรณ์ ซึ่งสุวภัทร บุญผาสุก และคณะ (2556) กล่าวว่า หน่วยที่ใช้ในการคำนวณควรเป็นหน่วยฐานหรือหน่วยอนุพันธ์จึงจะทำให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด หน่วยจึงเป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนจำต้องทราบและระบุให้ถูกต้อง

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์และขั้นวางแผนแก้ปัญหาให้สูงขึ้น พร้อมพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาขั้นอื่น ๆ ให้สูงขึ้นอีกด้วย ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ ด้านการพิจารณาปัญหาผู้วิจัยได้เน้นย้ำให้นักเรียนเขียนข้อมูลที่โจทย์ให้มาพร้อมระบุตัวแปรให้ครบทุกตัว และบอกถึงความสำคัญของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ว่าจะทำให้นักเรียนสามารถแทนค่าตัวแปรในสมการได้ถูกต้อง และถ้านักเรียนกลัวระบุไม่ครบก็ควรอ่านโจทย์ซ้ำหลาย ๆ รอบ ซึ่งจะทำให้นักเรียนระบุได้ครบถ้วนและได้คะแนนในส่วนนี้เต็ม ด้านการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้ปรับกิจกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีค้นคว้าหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาโดยใช้คำถาม และมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิดและร่วมกันสรุปแนวคิดที่ถูกต้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาต่อไป ด้านการวางแผนแก้ปัญหา ผู้วิจัยปรับจัดกิจกรรมให้นักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้ปัญหาและแนะนำให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามที่นักเรียนจะทำในขั้นต่อไปอย่างละเอียดทุกขั้นตอนเป็นข้อ ๆ และเมื่อดำเนินการแก้ปัญหาไม่สามารถนำไปสู่คำตอบหรือมีส่วนเพิ่มเติมจากการวางแผนให้นักเรียนวนกลับมาเขียนขั้นตอนการวางแผนให้สอดคล้องกัน ด้านการดำเนินการตามแผน ผู้วิจัยแนะนำนักเรียนให้เขียนข้อมูลที่ได้จากโจทย์และระบุตัวแปรให้ครบทุกตัวซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถแทนค่าตัวแปรได้อย่างถูกต้อง และปรับตัวเลขให้ง่ายขึ้นเพื่อให้เหมาะสมสมกับความสามารถของนักเรียน พร้อมทั้งระบุตัวแปรของปริมาณต่าง ๆ ในใบงานเพื่อให้นักเรียนสามารถจดจำตัวแปรต่าง ๆ ได้ดีขึ้น และด้านการประเมินคำตอบผู้วิจัยได้ปรับกิจกรรมให้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนการสรุปคำตอบของปัญหา และแนะนำให้นักเรียนกลับไปอ่านโจทย์ซ้ำอีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่าสิ่งที่เราดำเนินการอยู่สอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ถาม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้กระชับมากขึ้นเพื่อในทันต่อเวลาโดยการกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมให้ชัดเจน ลดจำนวนครั้งในการทำการทดลอง จัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมสำหรับการทดลองโดยไม่ต้องให้นักเรียนเตรียมเอง และให้นักเรียนศึกษาวิธีการทดลองเป็นการบ้านผ่านคู่มือหรือวีดีโอที่ครูจัดเตรียมให้ ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า มีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 21 คน จากนักเรียนทั้งหมด 22 คน โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยรวมทุกขั้นตอนเท่ากับ 37.14 คะแนน จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.53 ของคะแนนเต็ม เมื่อวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วยขั้นพิจารณาปัญหา ขั้นอธิบายหลักการทาง

ฟิสิกส์ ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นประเมินคำตอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนในแต่ละขั้นเท่ากับ 7.95 6.41 6.59 8.45 และ 7.73 คะแนน จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 88.38 71.21 73.23 93.94 และ 85.86 ของคะแนนเต็มตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยรวมทุกขั้นตอนเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และเมื่อพิจารณาแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์จะเห็นว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนเพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 เนื่องจากนักเรียนได้รับการฝึกฝนและการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้คุ้นชินกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหา เกิดทักษะและเกิดความชำนาญในการแกโจทย์ปัญหามากยิ่งขึ้น (พันธ์ ทองชุมนุม, 2547) ซึ่งจากคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนจะเห็นว่ามีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดในขั้นดำเนินดารตามแผน รองลงมาคือ ขั้นพิจารณาปัญหา ขั้นประเมินคำตอบ ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ตามลำดับ และขั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้การจัดการเรียนรู้มีความเหมะสมกับเวลา ส่วนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วย 1) ด้านการพิจารณาปัญหา นักเรียนได้เห็นความสำคัญของการเขียนข้อมูลที่โจทย์กำหนดและการระบุตัวแปรของปริมาณนั้นมากขึ้น ซึ่งเมื่อนักเรียนเห็นความสำคัญก็จะทำให้สิ่งนั้นมีความหมายกับนักเรียน (ทิศนา แขมมณี, 2557) ทำให้นักเรียนเขียนปริมาณที่โจทย์ให้มาพร้อมระบุตัวแปรจนครบทุกตัว 2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ นักเรียนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิดและร่วมกันสรุปแนวคิดที่ถูกต้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาได้อย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (De Jong & Ferguson-Hessler, 1996) 2) 3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา นักเรียนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้ปัญหาทำให้นักเรียนมีแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลายสามารถนำไปปรับใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาของตัวเองได้ 4) ขั้นดำเนินการตามแผน เนื่องจากผู้วิจัยเน้นย้ำให้นักเรียนว่าเขียนข้อมูลที่ได้จากโจทย์และระบุตัวแปรให้ครบทุกตัว และได้ระบุตัวแปรของปริมาณต่าง ๆ ในใบงาน ทำให้นักเรียนสามารถจดจำตัวแปรต่าง ๆ และแทนค่าตัวแปรได้อย่างถูกต้อง และ 5) ขั้นประเมินคำตอบ นักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนการสรุปคำตอบของปัญหา เพื่อตรวจสอบว่าผลลัพธ์ของการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาเป็นสิ่งที่โจทย์ถามและมีหน่วยถูกต้องหรือไม่ สามารถสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ในชั้นเรียนยังพบนักเรียนที่มีความกระตือรือร้นในการเรียน ตอบคำถาม เพิ่มขึ้น ให้ความร่วมในการทำกิจกรรมและเอาใจใส่ต่องานที่ได้รับมอบหมายมากยิ่งขึ้น เนื่องจากผู้วิจัยได้มีการเสริมแรงในการจัดการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน และทำให้พฤติกรรมนั้นมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นอีกหรือเพิ่มมากขึ้น (Skinner, 1938) เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า มีนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหารวมทุกขั้นตอนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 1

คน คือ นักเรียนคนที่ 4 เมื่อวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์เฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ประกอบด้วยขั้นพิจารณาปัญหา ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นประเมินคำตอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนในแต่ละขั้นเท่ากับ 5.00 3.00 3.00 6.00 และ 5.00 คะแนน จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 55.56 33.33 33.33 66.67 และ 55.56 ของคะแนนเต็มตามลำดับ ซึ่งจากสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนของนักเรียนคนดังกล่าว พบว่า นักเรียนยังให้ความสนใจในการทำกิจกรรมและการทำใบงานค่อนข้างน้อย อาจเป็นเพราะนักเรียนคนดังกล่าวค่อนข้างที่จะเรียนรู้ช้าและอ่อนการคำนวณ อีกทั้งในการจัดการเรียนสอนมีเวลาที่จำกัดและมีนักเรียนจำนวนมากในชั้นเรียน ทำให้ครูผู้สอนตรวจสอบและให้ความช่วยเหลือไม่ทั่วถึงในบางครั้ง ส่งผลให้นักเรียนคนดังกล่าวลอกคำตอบจากเพื่อนแทนการพยายามทำด้วยตนเอง เพื่อให้ทันเพื่อนและทันต่อเวลา อย่างไรก็ตามนักเรียนคนดังกล่าวก็ยังมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทั้งในภาพรวมและในแต่ละขั้นของการแก้โจทย์ปัญหา การที่จะพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนคนดังกล่าวนั้น ครูควรที่จะใส่ใจและให้คำแนะนำอย่างละเอียดใกล้ชิดตลอดเวลา ให้เวลามากพอที่จะได้ฝึกคิดพิจารณาพอสมควร จึงจะสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนคนดงกล่าวให้สูงขึ้นได้

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ ซึ่งเป็นกลวิธีแก้ปัญหาที่เป็นระบบ สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนในสูงขึ้นได้ และจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อนักเรียนได้รับการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอกับสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย (รมิตา ชื่นเปรมชีพ, พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ และวรากร เฮ้งปัญญา, 2560) จะทำให้นักเรียนได้ความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหา คุ้นชินกับวิธีการแก้ปัญหาที่ต่างจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของวิรัตน์ ขันเขต และคณะ (2562) ที่ได้ทำการพัฒนาความสามารถในในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ โดยได้ทำการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ 51.58 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง และมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงขึ้นร้อยละ 71.04 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้เวลามากในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นตอนควรเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกิจกรรมให้พร้อมและกำหนดเวลาให้ชัดเจน เพื่อให้ทำกิจกรรมได้ทันเวลา

1.2 ควรให้นักเรียนได้ฝึกการแก้โจทย์ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อให้นักเรียนข้าใจและมีทักษะในการแก้โจทย์ปัญหาในทุก ๆ สถานการณ์

1.3 ครูอาจจะอธิบายขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่ชัดเจน

1.4 ควรนำกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ไปใช้กับเนื้อหาอื่น หรือกลุ่มเป้าหมายอื่น

1.5 ควรเพิ่มระยะเวลาในการทำวิจัยให้มากขึ้น อาจสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละด้านได้มากยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนก่อน เพื่อที่จะพัฒนาได้ตรงประเด็นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.2 ควรเน้นการจัดกิจกรรมในขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์และขั้นดำเนินการตามแผนให้มาขึ้น เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่นักเรียนไม่เคยทำในการแก้โจทย์ปัญหาทั่วไป

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมลชนก ชัยชนะ และปกรณ์ ประจันบาน. (2018). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยประยุกต์แนวคิดของโรจาส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แนวตรง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4. *วารสารการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, *11*(3), 130–138.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2562). การแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม* , *13*(2), 7–21.

คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา. (2559). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 4. มหาสารคาม: ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ณัฐวุฒิ ยกน้อยวงค์. (2561). *การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีแก้ปัญหาเชิงตรรกะร่วมกับผังมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ทิศนา แขมมณี. (2557). *ศาสตร์การสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 18. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2560). *รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย*. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรมหาวิทยาลัย.

ธันยากร ช่วยทุกข์เพื่อน. (2559). การศึกษาข้อบกพร่องของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิ สิกส์ โดยใช้กลวิธี แก้ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักศึกษาระดับ ปริญญาตรี: กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย. *วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, *11*(1), 26–35.

นฤมล ฉิมงาม. (2558). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้เทคนิคการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักการเรียนรู้ 7 ขั้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

นิภาพร ช่วยธานี. (2555). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง จลนศาสตร์ เพื่อพัฒนาความสามารถใน การแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้เมตาคอกนิชันสำหรับนักศึกษาของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, *พิเศษ*(การ

ประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5), 38–35.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.

ประวิต เอราวรรณ์. (2545). *การวิจัยปฏิบัติการ: การเรียนรู้ของครูและการสร้างพลังร่วมในโรงเรียน*. กรุงเทพฯ: ดอกหญ้าวิชาการ.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2561). *การวิจัยปฏิบัติการทางการเรียนการสอน*. ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พินันทร์ คงคาเพชร. (2552). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: บริษัท แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น จำกัด.

รมิตา ชื่นเปรมชีพ, พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ และวรากร เฮ้งปัญญา. (2560). ผลของกลยุทธ์การแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ ทางการศึกษา*, *12*(1), 155–171.

โรงเรียนสารคามพิทยาคม. (2562). ประวัติโรงเรียน. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.spk.ac.th/home/blog/2019/11/30/about-school/ [สืบค้นเมือ วันที่ 28 ธันวาคม 2563]

วรรณดี สุทธินรากร. (2556). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการ: การวิจัยเพื่อเสรีภาพและการสรรค์สร้าง*. กรุงเทพฯ: เคล็ดไทย.

วิรัตน์ ขันเขต และคณะ. (2562). การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์เชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *21*(4), 286–300.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2553). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาสารคาม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุธิดา แสนวัง. (2562). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุวภทรั บุญผาสุข, พงษ์พิชิต จันทร์นุ้ย และจรรยารักษ์ ทองสมพร. (2556). ผลการแปลงลาปลาซและการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์. *วารสารฟิสิกส์ไทย*, *30*(3–4), 22–28.

สุวิมล ว่องวานิช. (2552). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรมหาวิทยาลัย.

เอกวิทย์ ดวงแก้ว. (2558). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา*

ทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์. มหาวิทยาลัยบูรพา.

Ali, M., Ibrahim, N. H., Abdullah, A. H., Surif, J., & Saim, N. (2014). Physics problem solving: Selecting more successful and less successful problem solvers. *Proceedings of IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering: Learning for the Future Now, TALE 2014*, (December), 186–191.

Chei-Chang Chiou. (2008). The effect of concept mapping on students' learning achievements and interests. *Journal of Innovations in Education and Teaching International*, *45*(4), 375–387.

De Jong, T., & Ferguson-Hessler, M. G. M. (1996). Types and qualities of knowledge. *Journal of Educational Psychologist*, *31*(2), 105–113.

Docktor, J., & Heller, K. (2009). Assessment of student problem solving processes. *AIP Conference Proceedings*, *1179*, 133–136.

Docktor, J. L., Dornfeld, J., Frodermann, E., Heller, K., Hsu, L., Jackson, K. A., … Yang, J. (2016). Assessing student written problem solutions: A problem-solving rubric with application to introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, *12*(1), 010130.

Gaigher, E., Rogan, J. M., & Braun, M. W. H. (2006). The effect of a structured problem solving strategy on performance in physics in disadvantaged South African schools. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, *10*(2), 15–26.

Gok, T., & Silay, L. (2008). EFFECTS OF PROBLEM-SOLVING STRATEGIES TEACHING ON THE PROBLEM- SOLVING ATTITUDES OF COOPERATIVE LEARNING GROUPS IN PHYSICS EDUCATION. *Journal of Theory and Practice in Education*, *4*(2), 253–266.

Gok, T. (2010). The General Assessment of Problem Solving Processes and Metacognition in Physics Education. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, *2*(2), 110–122.

Heller, K., & Heller, P. (2010). Cooperative Problem Solving in Physics A User's Manual. In *University of Minnesota*.

Heller, P., Krith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 1: Group Versus Individual Problem Solving. *American Journal of Physics*, *60*(7), 627–636.

Huffman, D. (1998). Effect of explicit problem solving instruction on high school students' problem□solving performance and conceptual understanding of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, *34*(6), 551–570.

Krulik, S. and Rudnick, J. A. (1989). *Problem Solving: A Handbook for Senior High School Teacher*. Boston: Allyn and Bacon.

Mathan, S., & Koedinger, K. (2005). Fostering the Intelligent Novice: Learning From Errors With Metacognitive Tutoring. *Journal of Educational Psychologist*, *40*(4), 257–265.

Meltzer, D. E. (2002). Students Learning of Physics Concepts□: Efficacy of Verbal and Written Forms of Expression in Comparison to other Representational Modes. *[Invited Paper] Conference on Ontological, Epistemological,. Linguistic and Pedagogical Considerations of Language and Science*, 1–18.

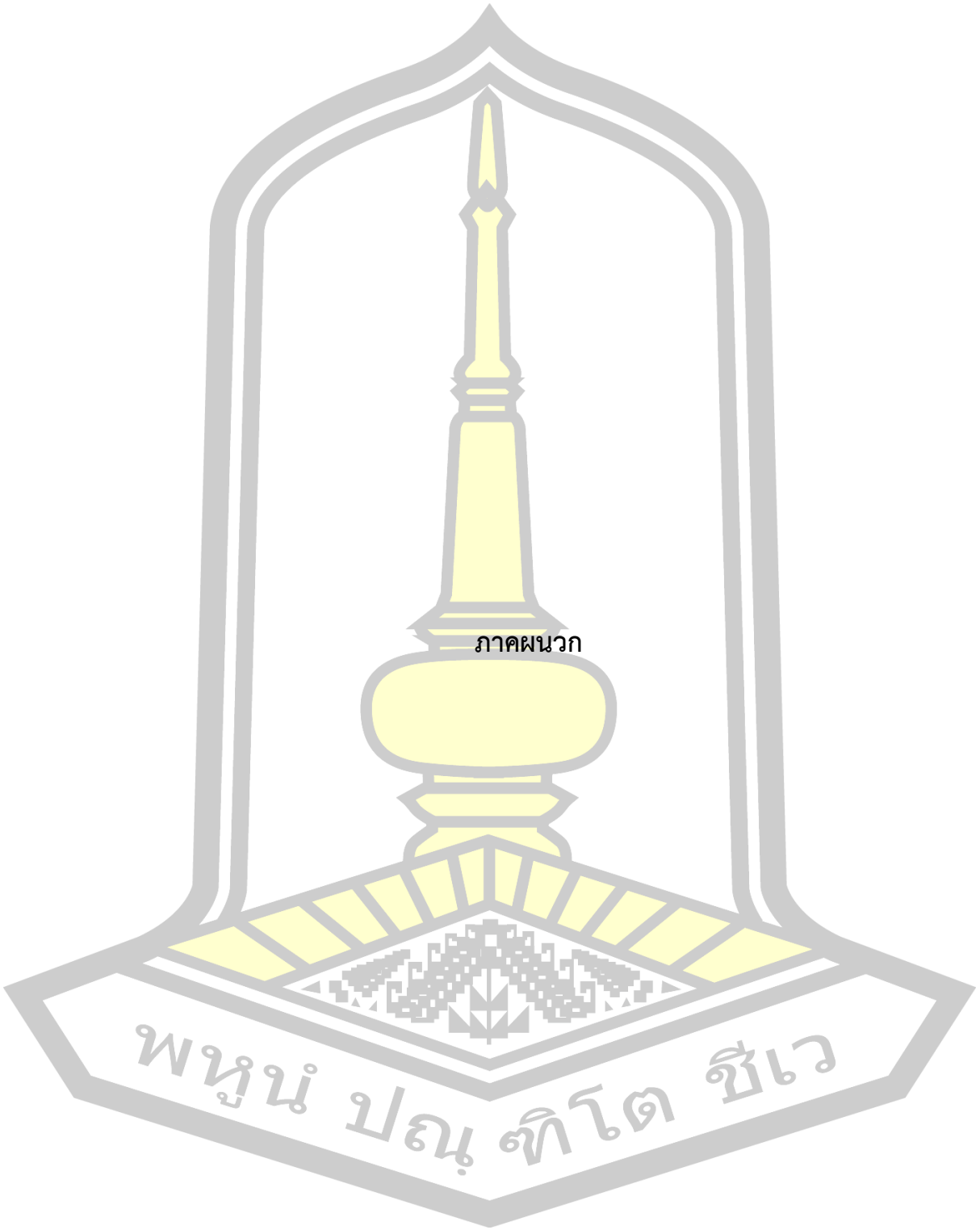
Niss, M. (2017). Obstacles Related to Structuring for Mathematization Encountered by Students when Solving Physics Problems. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *15*(8), 1441–1462.

Pol, H. J., Harskamp, E. G., Suhre, C. J. M., & Goedhart, M. J. (2008). The effect of hints and model answers in a student-controlled problem-solving program for secondary physics education. *Journal of Science Education and Technology*, *17*(4), 410–425.

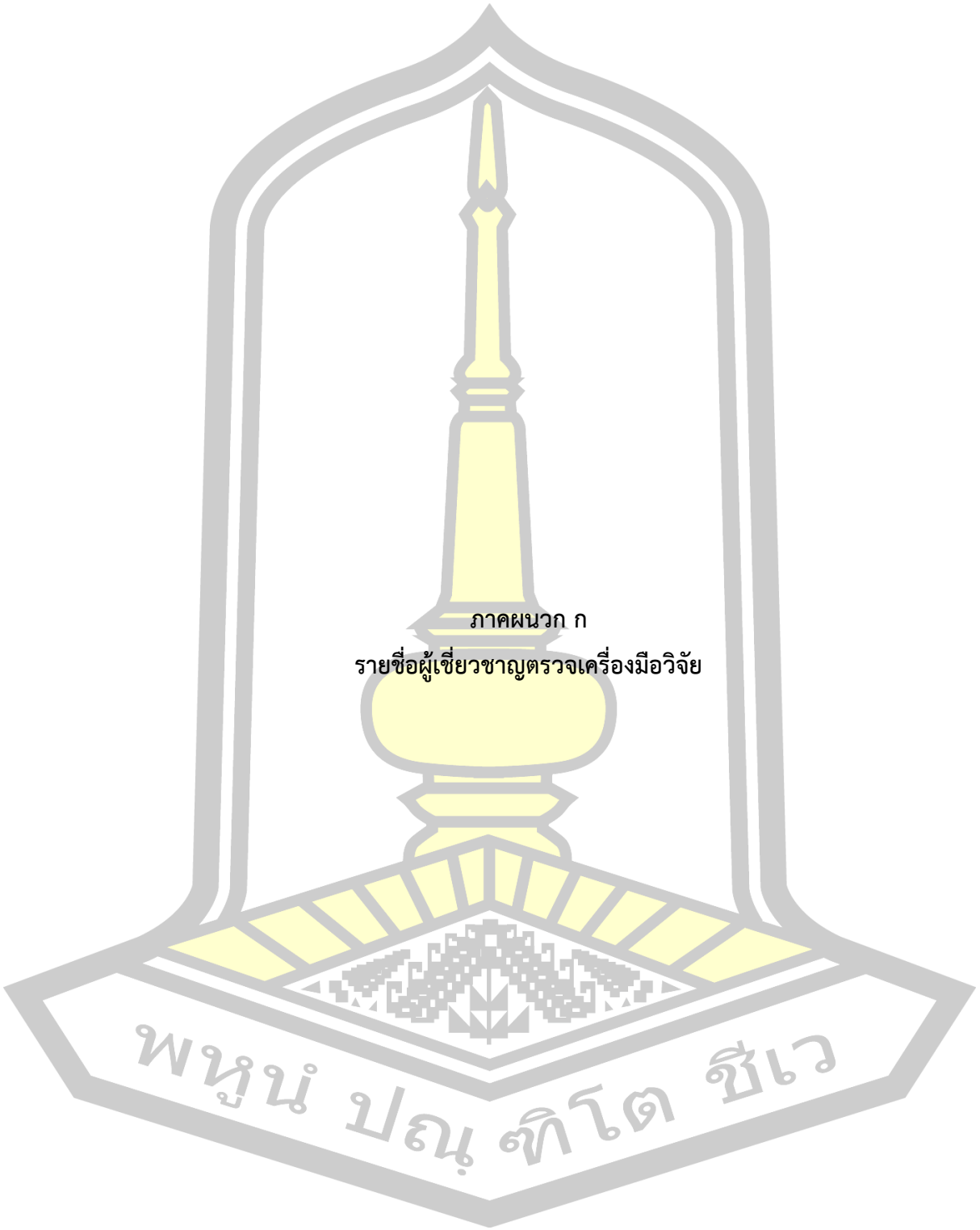
Redish, E. F. (1994). The Implications of Cognitive Studies for Teaching Physics. *American Journal of Physics*, *62*(6), 796–803.

Redish, E. F., & Kuo, E. (2015). Language of Physics, Language of Math: Disciplinary Culture and Dynamic Epistemology. *Science and Education*, *24*(5–6), 561–590.

Skinner, B. F. (1938). *The Behavior of Organisms: An Experimental Analysis*. New York: Appleton – Century - Crofts.



ภาคผนวก



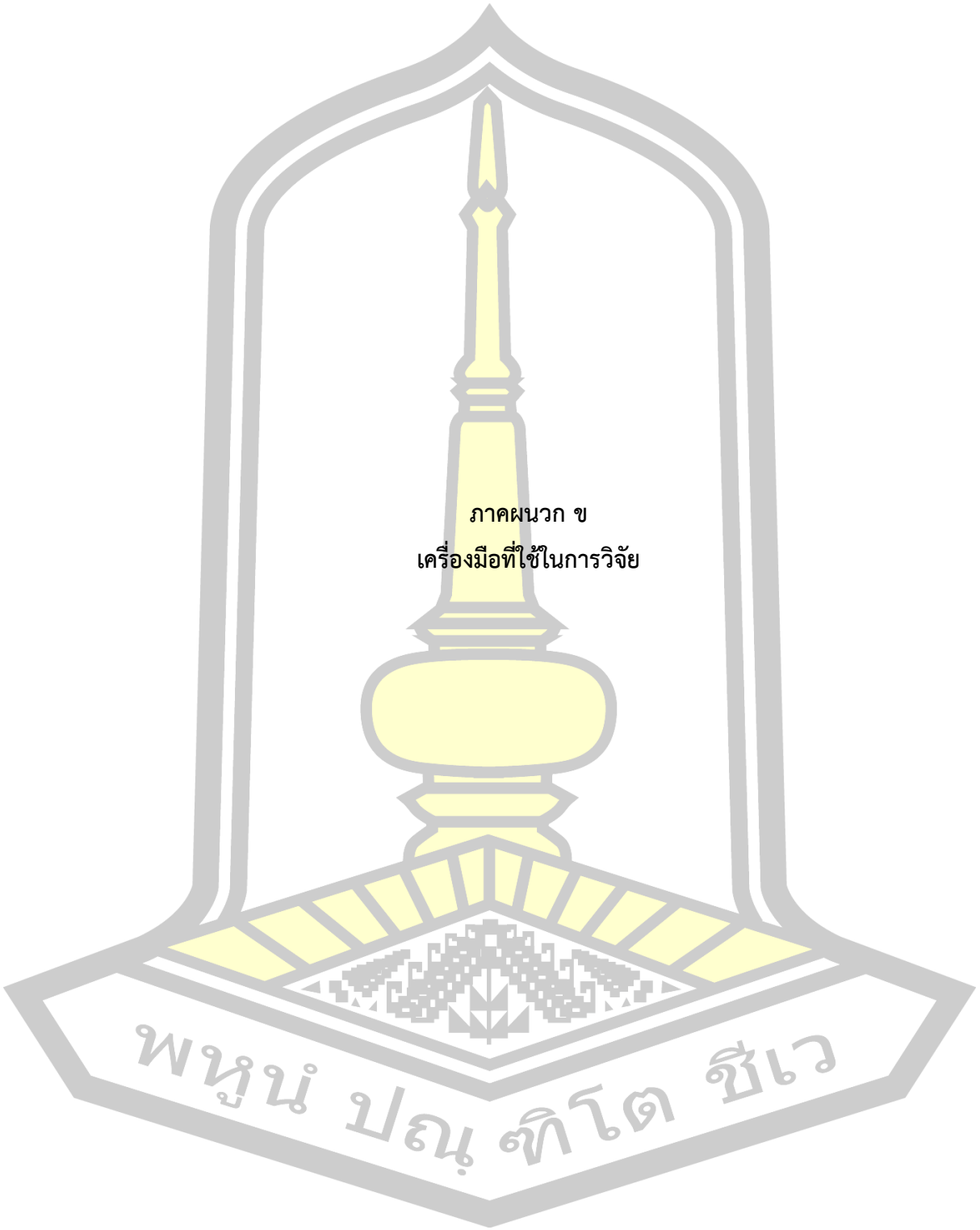
ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร สมทรง สิทธิ วุฒิการศึกษา ศษ.ด. (หลักสูตรและการสอน) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต. ดร. อรัญ ซุยกระเดื่อง วุฒิการศึกษา กศ.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประสาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล
3. อาจารย์ ดร. ฤทธิไกร ไชยงาม วุฒิการศึกษา วท.ด. (ฟิสิกส์) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนฟิสิกส์
4. นางสาวขวัญชนก ภูทองขาว วุฒิการศึกษา ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่ง ครู วิทยาฐานะ ชำนาญการ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนฟิสิกส์
5. นายเอกวิทย์ ดวงแก้ว วุฒิการศึกษา กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์) ตำแหน่ง ครู โรงเรียนอำนาจเจริญ ผู้เชี่ยวชาญด้านกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เล่ม 2	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ โมเมนตัมและการชน	เรื่อง โมเมนตัม
เวลา 2 ชั่วโมง	ผู้สอน นายวุฒิชัย จารุตัน

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของวัตถุและการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม

2. สาระสำคัญ

การอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุในกรณีที่ไม่ทราบข้อมูลเกี่ยวกับแรงโดยตรง จำเป็นต้องอาศัยปริมาณที่บ่งบอกถึงความพยายามหรืออำนาจอย่างหนึ่ง ที่จะต้องใช้แรงกระทำต่อวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ให้หยุดนิ่ง ในวิชาฟิสิกส์เรียกกว่าโมเมนตัม (momentum) มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลกับความเร็วของวัตถุ สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า $\vec{p}=m\vec{v}$

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1) นักเรียนสามารถอธิบายโมเมนตัมของวัตถุได้ (K)

2) นักเรียนสามารถคำนวณหาโมเมนตัมของวัตถุหรือปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ (P)

3) นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนและมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)

4. สาระการเรียนรู้

โมเมนตัม

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

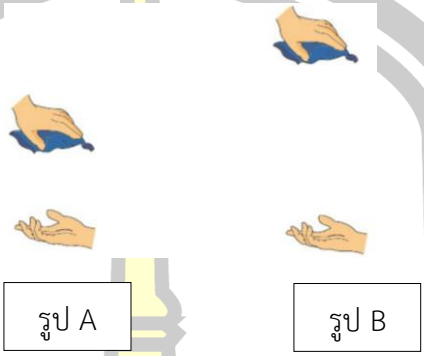
ครูชี้แจงเรื่องที่จะเรียนคือ เรื่อง โมเมนตัม และจุดประสงค์การเรียนรู้ พร้อมอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียนและจุดประสงค์พอให้นักเรียนเข้าใจขอบข่ายของเนื้อหา

ขั้นสอน

1. พิจารณาปัญหา

1.1 ครูแจกอุปกรณ์พร้อมใบกิจกรรมที่ 1 และชี้แจงรายละเอียดตามใบกิจกรรม จากนั้นให้นักเรียนกิจกรรมจนแล้วเสร็จ ครูคอยให้คะแนะนำนักเรียนเพื่อให้สามารถทำกิจกรรมได้ถูกต้อง

1.2 ครูให้นักเรียนดูรูปจากสไลด์



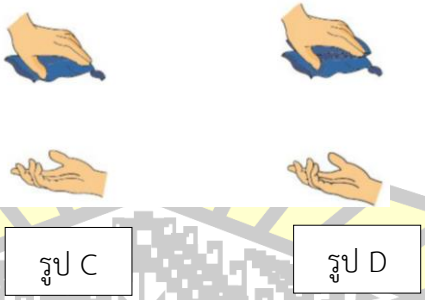
รูป A รูป B

จากนั้นครูถามคำถามต่อไปนี้

1) จากรูป A และ B ซึ่งปล่อยถุงทรายมวล m ให้เคลื่อนที่อย่างเสรี ขณะที่ถุงทรายทั้งสองกระทบมือ ถุงทรายมีความเร็วเป็นอย่างไร

2) ถ้าต้องการให้วัตถุหยุดนิ่ง ณ ตำแหน่งที่มือรับ รูปใดจำเป็นออกแรงในการรับมากกว่ากัน

1.3 ครูให้นักเรียนดูรูปจากสไลด์



รูป C รูป D

จากนั้นครูถามคำถามต่อไปนี้

1) จากรูป C และ D ปล่อยถุงทรายที่มีมวล m และ 2m จากที่สูงระดับเดียวกัน ขณะที่ถุงทรายทั้งสองกระทบมือ ถุงทรายมีความเร็วเป็นอย่างไร

2) ถ้าต้องการให้วัตถุหยุดนิ่ง ณ ตำแหน่งที่มือรับ รูปใดจำเป็นออกแรงในการรับมากกว่ากัน

1.4 ครูอธิบายเพื่อชี้ให้เห็นว่า มวลและความเร็วของวัตถุมีผลต่อการออกแรงทำให้วัตถุหยุดนิ่ง ความพยายามหรืออำนาจอย่างหนึ่ง ซึ่งจะต้องออกแรงกระทำเพื่อให้วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่

หยุดนิ่งนั้น เรียกว่า โมเมนตัม (momentum) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลกับความเร็ว สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า $\vec{p}=m\vec{v}$ และพร้อมอธิบายความหมายของตัวแปรแต่ละตัว

1.4 ครูแจกใบงานที่ 1 แล้วให้นักเรียนแต่ละคนอ่านโจทย์ปัญหาในใบงานที่ตนเองได้รับ จากนั้นครูให้นักเรียนวาดรูปสถานการณ์ที่ได้จากโจทย์ปัญหาลงในใบกิจกรรม ในขณะที่นักเรียนวาดรูปครูเดินสังเกตพฤติกรรมนักเรียนเพื่อดูว่านักเรียนคนไหนทำได้หรือทำไม่ได้

1.5 ครูให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสิ่งที่โจทย์และคำถามที่โจทย์ถามลงในใบกิจกรรม ขณะนี้ครูเดินสังเกตพฤติกรรมนักเรียนเพื่อดูว่านักเรียนคนไหนทำได้หรือทำไม่ได้

2. ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์

2.1 ค้นคว้าหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา โดยให้นักเรียนเขียนหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาลงบนสมุดประจำตัว

2.2 สุ่มนักเรียนอธิบายหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาของตนเอง

2.3 กระตุ้นให้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

2.4 ชักนำนักเรียนสู่หลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีที่ถูกต้อง และให้นักเรียนเขียนลงในใบงานที่ครูแจกให้

3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

3.1 ให้นักเรียนแตะละคนวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาตามความคิดของตนเอง ในขณะนี้ครูเดินสังเกตพฤติกรรมนักเรียนเพื่อดูว่านักเรียนคนไหนทำได้หรือทำไม่ได้

3.2 สุ่มนักเรียน 2-3 คน อธิบายขั้นตอนการวางแผนแก้ปัญหา

3.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและให้นักเรียนปรับแก้แผนการแก้ปัญหาของตนเอง

4. ขั้นดำเนินการตามแผน

4.1 นักเรียนแตะละคนดำเนินการตามแผนที่ตัวเองวางไว้จนได้มาซึ่งคำตอบ

5. ประเมินคำตอบ

4.2 นักเรียนแต่ละคนตรวจสอบคำตอบว่าสิ่งที่ได้มาคือสิ่งที่โจทย์ให้หา มีหน่วยมีหน่วยถูกต้องหรือไม่

4.3 นักเรียนแต่ละคนสรุปคำตอบให้สมบูรณ์ลงในใบกิจกรรม โดยจะต้องสอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ถาม

ขั้นสรุป

นักเรียนแต่ละทำแบบทดสอบและรวมรวมส่ง หลังจากนั้นร่วมกันกันสรุปโดยครูถามคำถามในแบบทดสอบและอธิบายเพิ่มเติม พร้อมตอบข้อซักถามที่นักเรียนสงสัย

6. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน (ผ่านเกณฑ์)
1) นักเรียนสามารถอธิบายโมเมนตัมของวัตถุได้ (K)	ตรวจแบบทดสอบที่ 1 โมเมนตัม	แบบทดสอบที่ 1 โมเมนตัม	ได้คะแนนรวมตั้งแต่ 4 คะแนนขึ้นไป
2) นักเรียนสามารถคำนวณหาโมเมนตัมของวัตถุหรือปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ (P)	ตรวจใบงานที่ 1	แบบประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา	ได้คะแนนรวมตั้งแต่ 10 คะแนนขึ้นไป
3) นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนและมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	สังเกตพฤติกรรมการเรียนและการทำใบงาน	แบบประเมินพฤติกรรม	ผลการประเมินตั้งแต่ดีขึ้นไป

7. สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้

- Power point
- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่ม ฟิสิกส์ เล่ม 2
- ใบกิจกรรม
- ใบงาน
- https://www.youtube.com/watch?v=W60TbLU3ifQ

8. เอกสารอ้างอิง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่ม ฟิสิกส์ เล่ม 2.* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

บันทึกหลังสอน

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เล่ม 2 (ว31221) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ โมเมนตัมและการชน เรื่อง โมเมนตัม
เวลา 1 ชั่วโมง ผู้สอน นายวุฒิชัย จารุตัน

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ ครูผู้สอน

(นายวุฒิชัย จารุตัน)

นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู มมส.

ใบกิจกรรมที่ 1

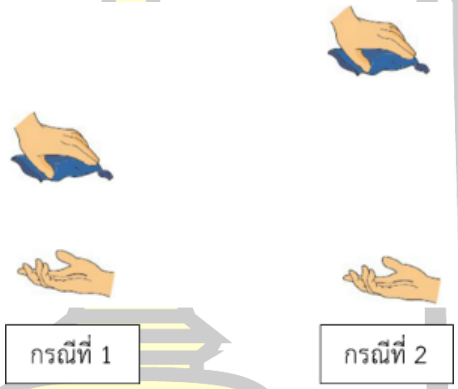
โมเมนตัม

วัสดุ/อุปกรณ์

ถุงทรายมวล 500 กรัม จำนวน 2 ถุง

ตอนที่ 1

1) ให้นักเรียนคนที่ 1 ถือถุงทรายแล้วแล้วปล่อยถุงทรายลงมา โดยให้นักเรียนคนที่ 2 รับถุงทรายโดยมือทั้งสองอยู่ห่างกันประมาณ 30 เซนติเมตร (รับถุงทรายโดยพยายามให้มือไม่เคลื่อนที่) จากนั้นทำซ้ำแต่เพิ่มระดับจุดปล่อยให้สูงขึ้น ดังรูป



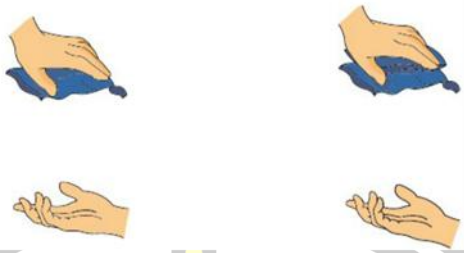
2) นักเรียนแต่ละคู่สลับหน้าที่กันระหว่างผู้ปล่อยกับผู้รับ

3) เปรียบเทียบมวล ความเร็วที่จุดรับ และแรงพยายามที่มือใช้รับถุงทราย ในแต่ละกรณี แล้วบันทึกผล

มวลของถุงทราย	ความเร็วของถุงทรายที่จุดรับ	แรงพยายามที่ใช้รับถุงทราย

ตอนที่ 2

1) ให้นักเรียนคนที่ 1 ถือถุงทรายแล้วแล้วปล่อยถุงทรายลงมา โดยให้นักเรียนคนที่ 2 รับถุงทรายโดยมือทั้งสองอยู่ห่างกันประมาณ 30 เซนติเมตร (รับถุงทรายโดยพยายามให้มือไม่เคลื่อนที่) จากนั้นทำซ้ำแต่เพิ่มมวลเป็น 2 เท่า ที่ระดับความสูงเท่าเดิม ดังรูป



กรณีที่ 1 กรณีที่ 2

2) นักเรียนแต่ละคู่สลับหน้าที่กันระหว่างผู้ปล่อยกับผู้รับ

3) เปรียบเทียบมวล ความเร็วที่จุดรับ และแรงพยายามที่มือใช้รับถุงทราย ในแต่ละกรณี แล้วบันทึกผล

มวลของถุงทราย	ความเร็วของถุงทรายที่จุดรับ	แรงพยายามที่ใช้รับถุงทราย

ตอบคำถาม

จากกิจกรรมที่ผ่านมา นักเรียนต้องออกแรงรับถุงทรายมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณใด จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

ชื่อ.....

ชั้น..... เลขที่.....

คะแนน

(ครูวุฒิชัย จารุตัน)

ผู้ตรวจ

ใบงานที่ 1

โมเมนตัม

โจทย์ปัญหา

รถยนต์ A มวล 1200 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาทีในแนวระดับไปทางขวา รถยนต์ B มวล 1000 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 25 เมตรต่อวินาทีในทิศทางเดียวกัน รถยนต์คันใดมีขนาดโมเมนตัมมากกว่าและมากกว่าอยู่เท่าใด

1) พิจารณาปัญหา

วาดรูปให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่โจทย์กำหนด

สิ่งที่โจทย์ถาม	สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ Ex. v = 25 m/s

2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์

หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

ระบุสมการที่ใช้ (ระบุหมายเลขกำกับถ้ามีมากว่า 1 สมการ)

3) วางแผนแก้ปัญหา

เขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ

4) ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (ระบุหน่วย)

5) ประเมินคำตอบ

ตรวจสอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

พหุน์ปณฺฑิโต ชีเว

แบบทดสอบที่ 1 โมเมนตัม

คำชี้แจง: ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✖ หน้าข้อที่ถูกต้อง

1.ข้อใดคือหน่วยของโมเมนตัม

ก. m/s ข. m/s^2

ค. $kg \cdot m/s$ ง. $kg \cdot m/s^2$

2. โมเมนตัมของวัตถุขึ้นอยู่กับปริมาณใดบ้าง

ก. มวล ข. ความเร็ว

ค. ระยะทาง ง.ทั้ง ก. และ ข.

3. โมเมนตัมมีทิศเดียวกันกับปริมาณใด

ก. ระยะทาง ข. อัตราเร็ว

ค. ความเร็ว ง. มวล

4. สถานการณ์ข้อใดต่อไปนี้มีโมเมนตัมเท่ากัน

ก. วัตถุสองชนิดมวลเท่ากันเคลื่อนที่มาด้วยอัตราเร็วต่างกัน

ข. วัตถุสองชนิดมวลเท่ากันเคลื่อนที่มาขนาดของความเร็วเท่ากันแต่มีทิศตรงกันข้าม

ค. โมเมนตัมขณะกระทบของวัตถุสองชนิดที่มีมวลไม่เท่ากันแต่ปล่อยจากตำแหน่งเดียวกัน

ง. รถยนต์สองคันมวล 1200 กิโลกรัม และ 1500 กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งเคลื่อนที่ในทิศเดียวกันด้วยอัตราเร็ว 5 เมตรต่อวินาที และ 4 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ

5. รถทดลองมวล 0.5 กิโลกรัมเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาทีไปทางซ้าย ขนาดโมเมนตัมของรถทดลองนี้เป็นเท่าใด

ก. 5 ข. 10

ค. 15 ง. 20

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

แบบประเมินใบงานที่ 1 โมเมนตัม

เลขที่	ชื่อ-สกุล	คะแนนที่ได้						ผลการประเมิน	
		พิจารณาปัญหา	อธิบายหลักการทางฟิสิกส์	วางแผนแก้ปัญหา	ดำเนินการตามแผน	ประเมินคำตอบ	รวม	ผ่าน ✓	ไม่ผ่าน ✗

เกณฑ์การให้คะแนน

ประเด็น \ คะแนน	3	2	1	0
พิจารณาปัญหา	วาดรูปแสดงสถานการณ์ของโจทย์ได้สอดคล้องพร้อมระบุสิ่งที่โจทย์ให้และสิ่งที่โจทย์ถามได้ถูกต้องครบถ้วน	วาดรูปแสดงสถานการณ์ของโจทย์ได้สอดคล้องและระบุสิ่งที่โจทย์หรือสิ่งที่โจทย์ถามผิดบางส่วน หรือระระบุสิ่งที่โจทย์ให้และสิ่งที่โจทย์ถามได้ถูกต้องครบถ้วนแต่วาดรูปไม่สอดคล้อง	วาดรูปได้สอดคล้องแต่ระบุระบุสิ่งที่โจทย์หรือสิ่งที่โจทย์ถามผิด หรือระบุสิ่งที่โจทย์หรือสิ่งที่โจทย์ถามผิดบางส่วนแต่วาดรูปไม่สอดคล้อง	วาดรูปไม่สอดคล้องและระบุระบุสิ่งที่โจทย์หรือสิ่งที่โจทย์ถามผิดทั้งหมด
อธิบายหลังการทางฟิสิกส์	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ได้สอดคล้องครอบคลุมพร้อมระบุสมการที่ใช้ได้ถูกต้องครบถ้วน	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ได้สอดคล้องครอบคลุมแต่ระบุสมการผิด หรือระบุสมการได้ถูกต้องครบถ้วนและอธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ได้สอดคล้องแต่ไม่ครอบคลุม	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ได้สอดคล้องแต่ไม่ครอบคลุมและระบุสมการผิด หรือเขียนอธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ไม่สอดคล้องแต่ระบุสมการที่ใช้ได้ถูกต้องครบถ้วน	อธิบายแนวคิดทางฟิสิกส์ไม่สอดคล้องและระบุสมการที่ใช้ผิด

เกณฑ์การให้คะแนน (ต่อ)

ประเด็น \ คะแนน	3	2	1	0
วางแผนแก้ปัญหา	เขียนลำดับการแก้ปัญหาได้อย่างละเอียด สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	เขียนลำดับการแก้ปัญหาไม่ค่อยละเอียด แต่สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	เขียนลำดับการแก้ปัญหาไม่ละเอียด มีส่วนที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ได้อย่างถูกต้อง	ไม่เขียนลำดับการแก้ปัญหาหรือไม่มีส่วนชี้นำนำไปสู่การแก้ปัญหาเลย
ดำเนินการตามแผน	ดำเนินการตามแผนที่วางไว้และการดำเนินทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง	ดำเนินการตามแผนที่วางไว้และการดำเนินทางคณิตศาสตร์ผิดบางส่วน	ดำเนินการไม่สอดคล้องกับแผนที่วางไว้และการดำเนินทางคณิตศาสตร์ผิดบางส่วน	ดำเนินการไม่สอดคล้องกับแผนที่วางไว้และการดำเนินทางคณิตศาสตร์ผิด
ประเมินคำตอบ	สรุปคำตอบได้สอดคล้องครอบคลุมและระบุหน่วยถูกต้อง	สรุปคำตอบได้สอดคล้องแต่คอบคลุมและระบุหน่วยถูกต้อง หรือสรุปคำตอบได้สอดคล้องครอบคลุมแต่ระบุหน่วยผิด	สรุปคำตอบได้สอดคล้องแต่คอบคลุมและระบุหน่วยผิด หรือระบุหน่วยถูกต้องแต่สรุปคำตอบไม่สอดคล้อง	สรุปคำตอบไม่สอดคล้องและระบุหน่วยผิด

เกณฑ์การประเมิน

14-15 คะแนน หมายถึง ดีมาก

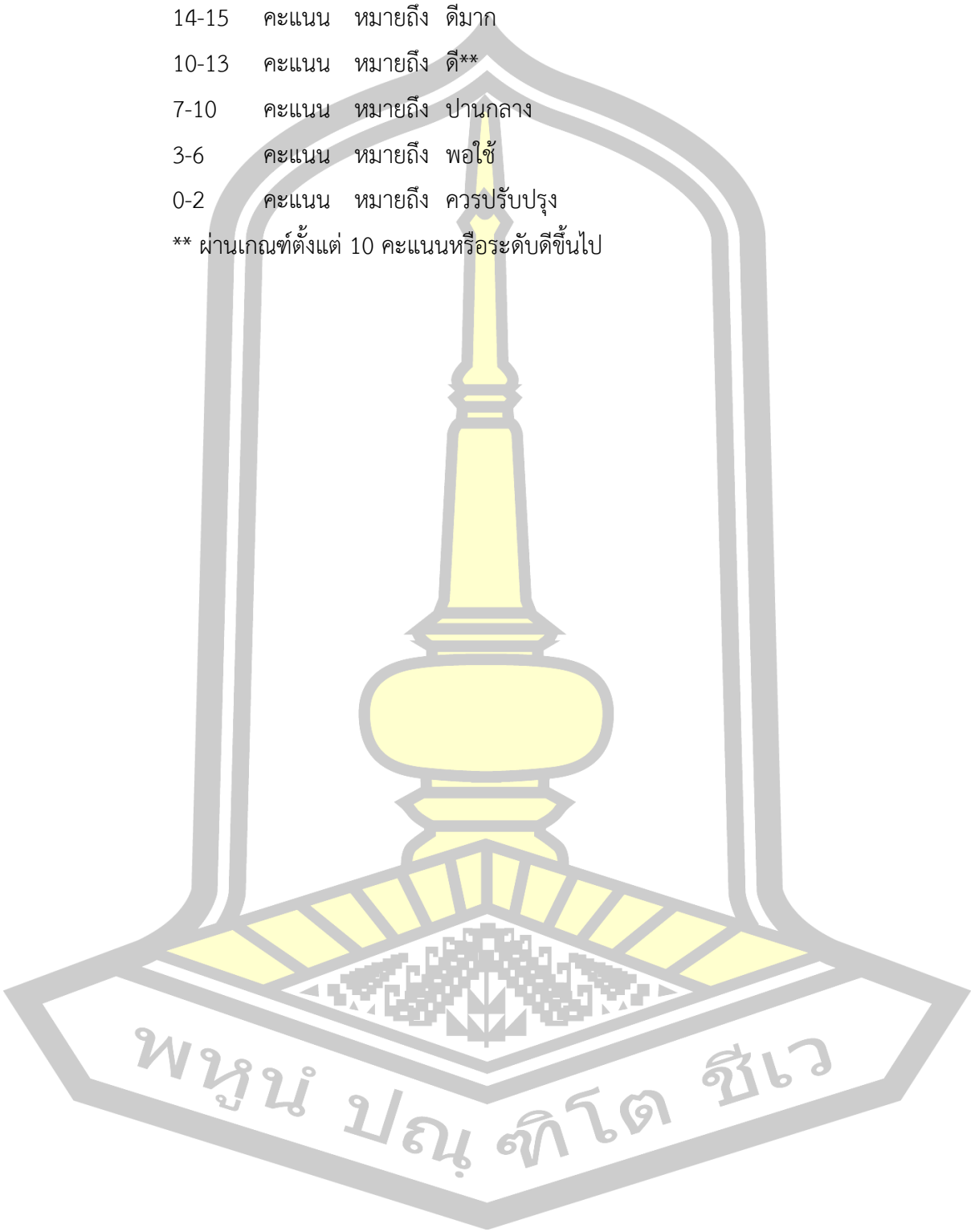
10-13 คะแนน หมายถึง ดี**

7-10 คะแนน หมายถึง ปานกลาง

3-6 คะแนน หมายถึง พอใช้

0-2 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง

** ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 10 คะแนนหรือระดับดีขึ้นไป



แบบประเมินแบบทดสอบที่ 1 โมเมนตัม

เลขที่	ชื่อ-สกุล	คะแนนที่ได้	ผลการประเมิน	
		เต็ม 5 คะแนน	ผ่าน ✓	ไม่ผ่าน ✘

เกณฑ์การให้คะแนน

ตอบถูกได้ 1 คะแนน

ตอบผิดได้ 0 คะแนน

เกณฑ์การประเมิน

4-5 คะแนน หมายถึง ดีมาก**

2-3 คะแนน หมายถึง ดี

0-1 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง

** ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 4 คะแนนขึ้นไป

มหาวิทยาลัยปทุมธานี

แบบประเมินพฤติกรรมนักเรียน

เลขที่	ชื่อ-สกุล	คะแนนที่ได้			ผลการประเมิน	
		ความใฝ่รู้ใฝ่เรียน	ความมุ่งมั่นในการทำงาน	รวม	ผ่าน ✓	ไม่ผ่าน ✘

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน / พฤติกรรม	3	2	1	0
ความใฝ่รู้ใฝ่เรียน - ตอบคำถามครูถาม - มีการจดบันทึกสิ่งที่ครูสอน - ไม่มีพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ เช่น เล่นโทรศัพท์ คุยหรือเล่นในขณะครูสอน เป็นต้น	มีพฤติกรรมครบทุกพฤติกรรม	ขาด 1 พฤติกรรม	ขาด 2 พฤติกรรม	ไม่แสดงพฤติกรรมดังกล่าว
มุ่งมั่นในการทำงาน - ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม - ทำแบบฝึกหัดอย่างตั้งใจไม่เล่นหรือหยอกล้อกัน หรือคุยกันนอกประเด็นจนสังเกตได้ - ส่งแบบฝึกหัดตามเวลามีครูกำหนด	มีพฤติกรรมครบทุกพฤติกรรม	ขาด 1 พฤติกรรม	ขาด 2 พฤติกรรม	ไม่แสดงพฤติกรรมดังกล่าว

เกณฑ์การประเมิน

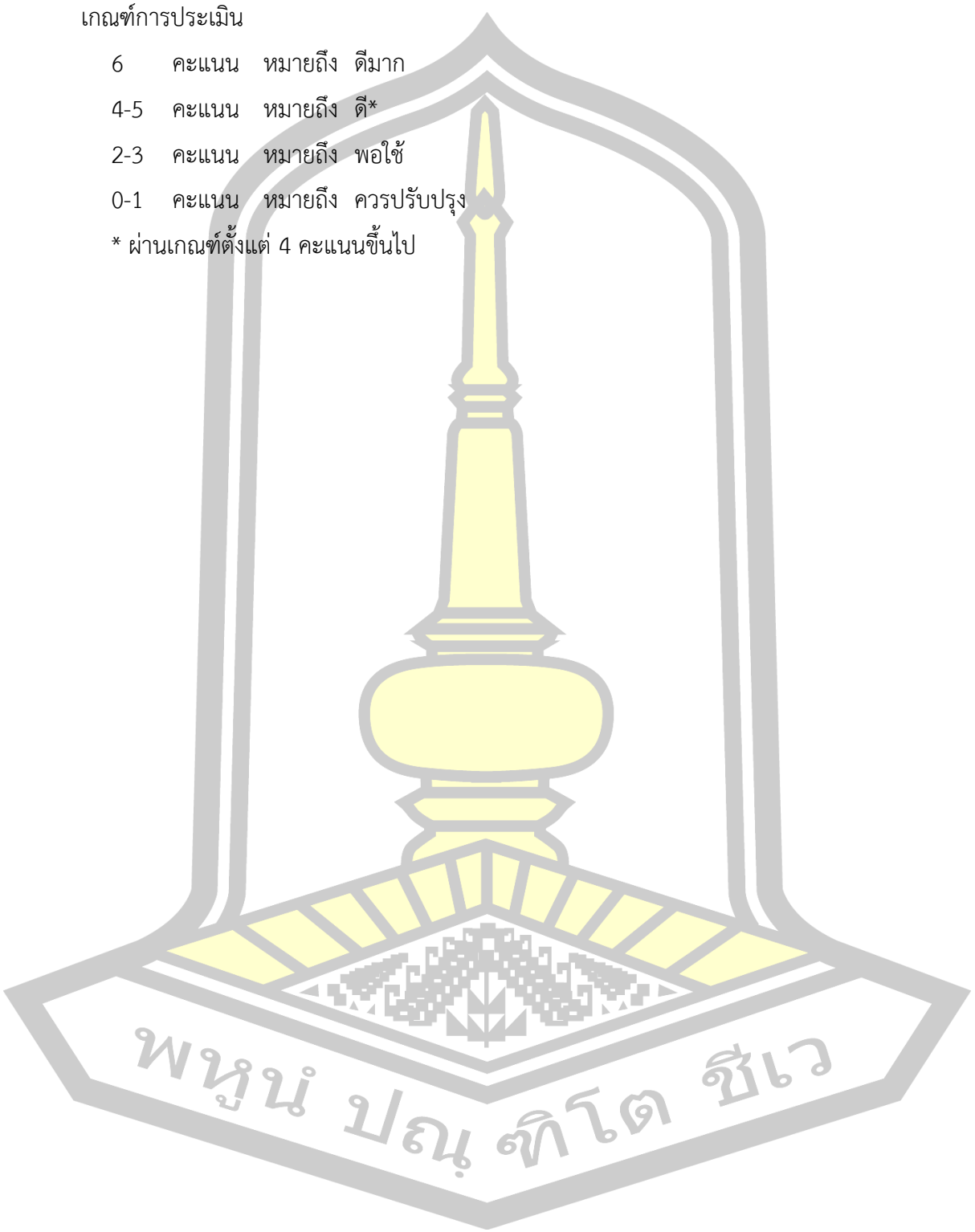
6 คะแนน หมายถึง ดีมาก

4-5 คะแนน หมายถึง ดี*

2-3 คะแนน หมายถึง พอใช้

0-1 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง

* ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 4 คะแนนขึ้นไป



แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์
โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์

โจทย์ปัญหา

วัตถุมวล 4 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 เมตรต่อวินาทีเข้าชนกำแพง หลังชนกระดอนกลับด้วยความเร็ว 3 เมตรต่อวินาที ในทิศตรงข้าม ถ้าเวลาที่วัตถุชนกำแพงเท่ากับ 0.5 วินาที แรงเฉลี่ยที่วัตถุกระทำต่อกำแพงเป็นเท่าใด

1) พิจารณาปัญหา

วาดรูปให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่โจทย์กำหนด

สิ่งที่โจทย์ถาม	สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ Ex. v = 25 m/s

2) ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์

หลักการและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา

ระบุสมการที่ใช้

3) วางแผนแก้ปัญหา

เขียนลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาจนได้มาซึ่งคำตอบ (อย่างละเอียด)

4) ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (ระบุหน่วย)

5) ประเมินคำตอบ

ตรวจสอบ/สรุปคำตอบให้สอดคล้องกับโจทย์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 16 แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน

ชื่อนักเรียน	พิจารณาปัญหา			อธิบายหลักการทางฟิสิกส์			วางแผนแก้ปัญหา			ดำเนินการตามแผน			ประเมินคำตอบ			หมายเหตุ
	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	

ตารางที่ 17 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหา

ประเด็นการแก้โจทย์ปัญหา	ระดับคะแนน		
	2	1	0
พิจารณาปัญหา	นักเรียนวาดรูป ระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ถาม	นักเรียนไม่วาดรูปหรือระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ถาม	นักเรียนไม่วาดรูปและไม่ระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ถาม
อธิบายหลักการทางฟิสิกส์	นักเรียนเขียนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์และสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา	นักเรียนไม่เขียนอธิบายหลักการทางฟิสิกส์หรือสมการที่ใช้	นักเรียนไม่เขียนอธิบายแนวคิดและสมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา
วางแผนแก้ปัญหา	นักเรียนเขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาและแลกเปลี่ยนแนวทางการแก้ปัญหากับผู้อื่น	นักเรียนเขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาแต่ไม่แลกเปลี่ยนแนวทางการแก้ปัญหากับผู้อื่น	นักเรียนไม่เขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาแต่
ดำเนินการตามแผน	นักเรียนเขียนแทนค่าลงในสมการและดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยตัวเอง	นักเรียนไม่ดำเนินการเขียนแทนค่าลงในสมการหรือไม่ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยตัวเอง	ไม่ดำเนินการใด ๆ เลย
ประเมินคำตอบ	ตอบโดยมีการเขียนสรุปคำตอบ	ตอบโดยไม่เขียนสรุปคำตอบ	ไม่เขียนคำตอบ

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

แบบสัมภาษณ์นักเรียน

ชื่อ-สกุล (นักเรียน).....ชั้น.....เลขที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้อคำถาม

1. เมื่อนักเรียนอ่านทำความเข้าใจโจทย์เสร็จแล้วนักเรียน นักเรียนสามารถวาดรูปและแยกแยะข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้กับสิ่งที่โจทย์ถามได้หรือไม่

2. นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดหรือหลักการทางฟิสิกส์ และเลือกสมการที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา โดยใช้ความรู้ที่เรียนมาได้หรือไม่

3. นักเรียนเขียนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาอย่างละเอียด ครบทุกขั้นตอนหรือไม่

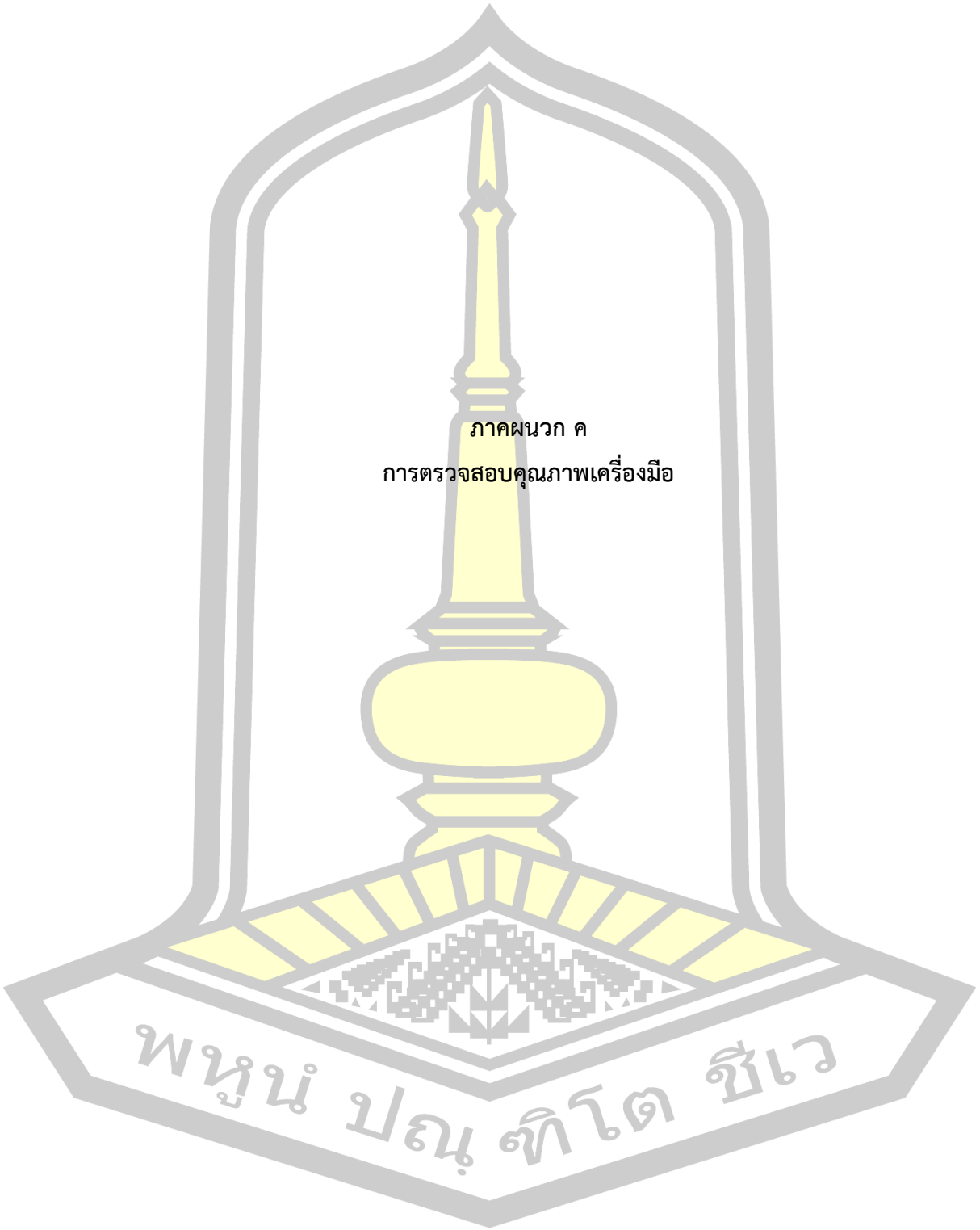
4. นักเรียนสามารถแทนค่าตัวแปรลงในสมการ ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่

5. นักเรียนสามารถสรุปคำตอบได้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา และระบุหน่วยทุกครั้งหรือไม่

ลงชื่อ..... ผู้สัมภาษณ์

(นายวุฒิชัย จารุตัน)

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ค
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ตารางที่ 18 วิเคราะห์ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	แผน 1	แผน 2	แผน 3	แผน 4	แผน 5	แผน 6
1. องค์ประกอบของแผนและหน่วยการเรียนรู้						
1.1 หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสมสมและมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน	4.20	4.20	4.20	4.40	4.20	4.40
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนด	4.60	4.60	4.40	4.60	4.60	4.20
1.3 แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วน	4.80	4.80	4.60	4.80	4.80	4.20
2. สาระสำคัญ						
2.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4.60	4.60	4.60	4.60	4.60	4.40
2.2 ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาสาระที่กำหนด	4.60	4.40	4.60	4.60	4.60	4.20
2.3 กระชับ ชัดเจน สมบูรณ์	4.60	4.60	4.40	4.60	4.20	4.40
2.4 เหมาะสมสมกับวัยของนักเรียน	4.40	4.20	4.40	4.20	4.20	4.40
3. จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4.40	4.20	4.40	4.20	4.20	4.20
3.2 ระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้ชัดเจน	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.20
3.3 สามารถประเมินผลได้	4.60	4.40	4.60	4.60	4.60	4.80
3.4 เน้นพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา	4.60	4.60	4.80	4.60	4.80	4.40
3.5 เหมาะสมสมกับวัยของนักเรียน	4.40	4.40	4.20	4.60	4.60	4.60
4. สาระการเรียนรู้						
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์	4.60	4.60	4.80	4.60	4.80	4.60
4.2 เหมาะสมสมกับกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาที่ใช้	4.40	4.40	4.20	4.00	4.40	4.40
4.3 เหมาะสมสมกับเวลา	4.20	4.20	4.20	4.40	4.20	4.40
4.4 เหมาะสมสมกับวัยของนักเรียน	4.60	4.40	4.40	4.80	4.60	4.40

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการประเมิน	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	ครูฯ 1	ครูฯ 2	ครูฯ 3	ครูฯ 4	ครูฯ 5	ครูฯ 6
5. กิจกรรมการเรียนรู้						
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.80	4.60	6.40	4.60	4.40	4.20
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.20	4.20	4.40	4.20	4.20	4.20
5.3 ความเหมาะสมสมของกิจกรรม/วิธีการ/เทคนิคที่ใช้ในแต่ละขั้น	3.80	4.00	3.80	3.80	4.00	4.40
5.4 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	4.40	4.20	4.40	4.40	4.60	4.40
5.5 เร้าความสนใจของนักเรียน	4.20	4.20	3.80	4.40	4.20	4.20
5.6 ส่งเสริมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน	4.60	4.80	4.60	4.60	4.40	4.60
5.7 เหมาะสมสมวัยกับนักเรียน	4.20	4.20	4.40	4.20	4.20	4.20
5.8 เหมาะสมสมกับเวลา	4.00	4.00	4.20	4.20	4.40	4.20
6. สื่อและแหล่งเรียนรู้						
6.1 เหมาะสมสม/สามารถสื่อถึงเรื่องที่สอนได้ชัดเจน	4.80	4.60	4.40	4.40	4.60	4.00
6.2 มีความน่าสนใจ	3.80	4.20	4.20	3.80	3.80	4.40
6.3 เหมาะสมสมกับวัยของนักเรียน	3.80	4.20	4.20	4.20	4.40	4.20
7. การวัดและประเมินผล						
7.1 เป็นไปตามวัตถุประสงค์	4.80	4.60	4.80	4.60	4.80	4.40
7.2 ความเหมาะสมสมของเครื่องมือที่ใช้	4.20	4.40	4.60	4.60	4.40	4.20
7.3 ความเหมาะสมสมของเกณฑ์การให้คะแนน	4.20	4.20	4.20	4.40	4.20	4.20
7.4 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.40	4.40	4.40	4.20	4.20	4.20
รวมเฉลี่ย	4.41	4.39	4.46	4.42	4.42	4.33
ระดับความเหมาะสมสม	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก

ตารางที่ 19 วิเคราะห์ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างโจทย์ปัญหากับจุดประสงค์

โจทย์ปัญหาข้อที่	ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ					ICO	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	1
2	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	ตัดทิ้ง
3	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	2
4	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	ตัดทิ้ง
5	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	3
6	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	ตัดทิ้ง
7	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	4
8	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	ตัดทิ้ง
9	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	5
10	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	ตัดทิ้ง
11	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	6
12	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง	ตัดทิ้ง

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ตารางที่ 20 วิเคราะห์ผลการประเมินแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

รายการประเมิน	คะแนนประเมินเฉลี่ย					
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2		
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6
1. ความเหมาะสมสมของสถานการณ์ปัญหา	4.80	4.20	4.80	4.60	4.60	4.60
2. ความถูกต้องของโจทย์ปัญหา	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
3. ความเหมาะสมสมของข้อคำถามในแบบวัด	4.60	4.60	4.40	4.80	5.00	5.00
4. ความยาก-ง่ายของโจทย์ปัญหา	4.20	3.80	4.20	4.40	3.80	3.80
5. ลำดับขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์มีความชัดเจน	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
6. เกณฑ์การประเมินเหมาะสมสมสอดคล้องกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์	4.00	4.00	3.80	4.00	4.00	4.00
รวมเฉลี่ย	4.57	4.60	4.40	4.50	4.60	4.53
ระดับความเหมาะสมสม	มากที่สุด	มากที่สุด	มาก	มากที่สุด	มากที่สุด	มากที่สุด

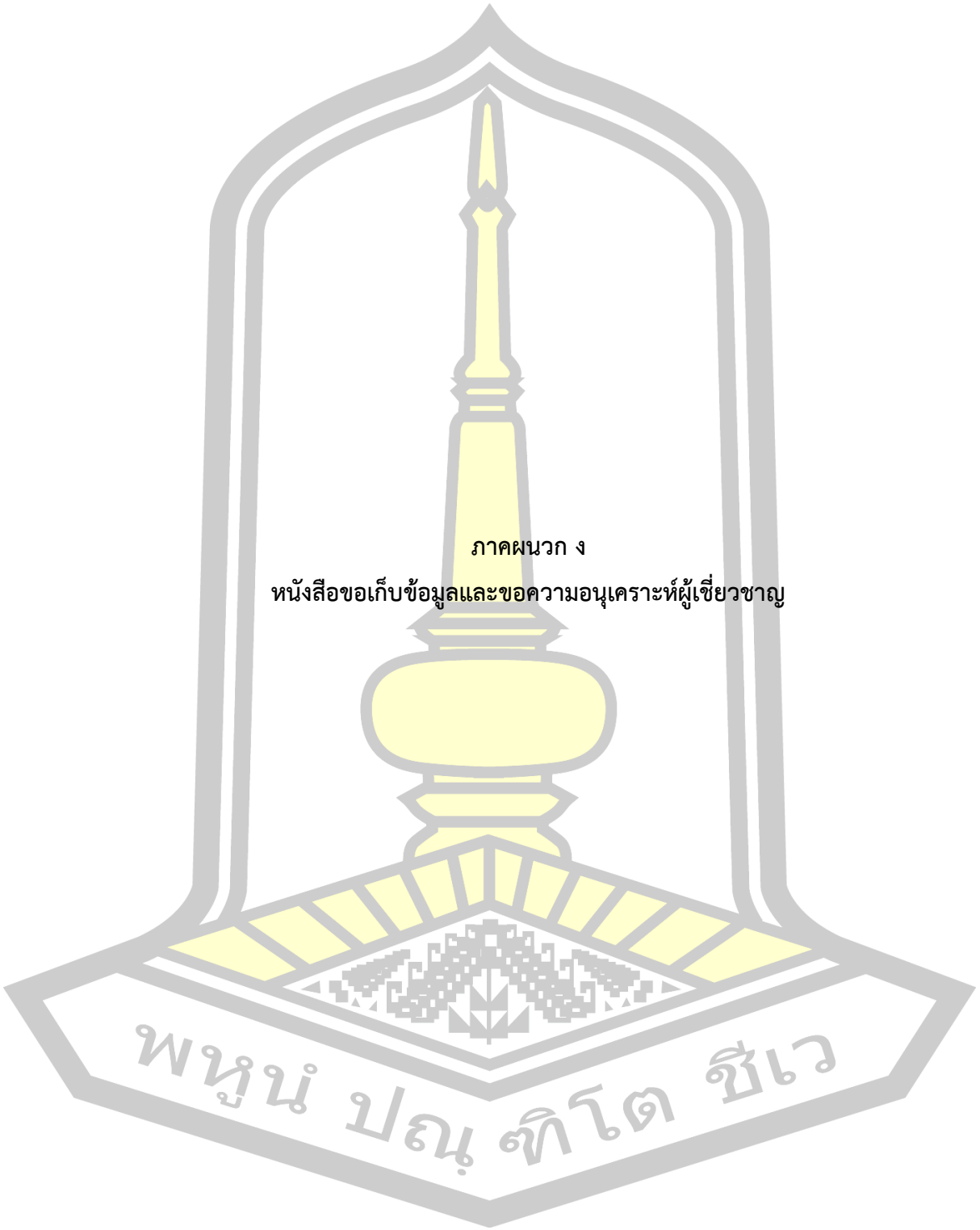
ตารางที่ 21 วิเคราะห์ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมกับประเด็นในการสังเกตของแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหา

ประเด็นในการสังเกต	คะแนนประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
พิจารณาปัญหา	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
อธิบายหลักการทางฟิสิกส์	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
วางแผนแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
ดำเนินการตามแผน	1	1	1	1	1	1	สอดคล้อง
ประเมินคำตอบ	1	1	0	1	1	0.8	สอดคล้อง

ตารางที่ 22 วิเคราะห์ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับประเด็นในการสัมภาษณ์ของแบบสัมภาษณ์นักเรียน

ประเด็นในการสัมภาษณ์	คะแนนประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ					IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
การจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
พิจารณาปัญหา	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
อธิบายหลักการทางฟิสิกส์	+1	+1	-1	+1	+1	0.6	สอดคล้อง
วางแผนแก้ปัญหา	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
ดำเนินการตามแผน	+1	+1	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
ประเมินคำตอบ	+1	+1	0	+1	+1	0.8	สอดคล้อง

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ง

หนังสือขอเก็บข้อมูลและขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ

ที่ อว 0605.5(2)/416

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

3 กุมภาพันธ์ 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคม

ด้วย นายวุฒิชัย จารุตัน นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : “การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นายวุฒิชัย จารุตัน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0986093381

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว263 วันที่ 27 มกราคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.สมทรง สิทธิ

ด้วย นายวุฒิชัย จารุตัน นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 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

ที่ อว 0605.5(2)/ว263

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

27 มกราคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรัญ ชุยกระเดื่อง

ด้วย นายวุฒิชัย จารุตัน นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 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 0986093381

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว263 วันที่ 27 มกราคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.ฤทธิไกร ไชยงาม

ด้วย นายวุฒิชัย จารุตัน นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 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

ที่ อว 0605.5(2)/ว263

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

27 มกราคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวขวัญชนก ภูทองขาว

ด้วย นายวุฒิชัย จารุตัน นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 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 0986093381

ที่ อว 0605.5(2)/ว263

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

27 มกราคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายเอกวิทย์ ดวงแก้ว

ด้วย นายวุฒิชัย จารุตัน นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ 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 0986093381

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายวุฒิชัย จารุตัน
วันเกิด	20 กรกฎาคม 2538
สถานที่เกิด	อำเภอชานุมาน จังหวัดอำนาจเจริญ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	142 หมู่ 7 ตำบลคำเขื่อนแก้ว อำเภอชานุมาน จังหวัดอำนาจเจริญ 37210
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2561 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี พ.ศ. 2563 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว