ผลการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชา

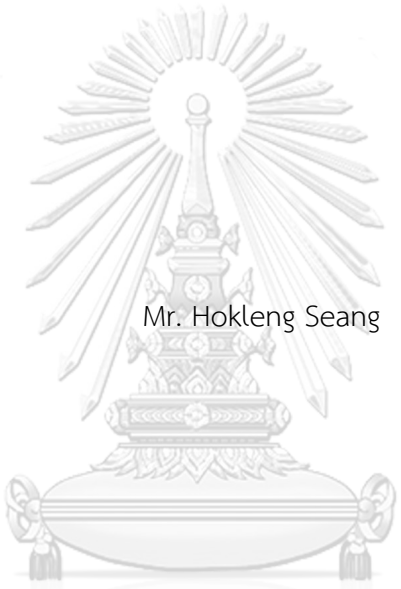
นายฮกเพง เสียง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF USING ERRONEOUS SOLUTIONS AND PROBLEM SOLVING ON PROBLEM-SOLVING ABILITIES IN PHYSICS OF HIGH SCHOOL STUDENTS IN CAMBODIA

Mr. Hokleng Seang



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชา
โดย	นายฮกเฟง เสียง
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฮกเฟง เสียง : ผลการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชา. (EFFECTS OF USING ERRONEOUS SOLUTIONS AND PROBLEM SOLVING ON PROBLEM-SOLVING ABILITIES IN PHYSICS OF HIGH SCHOOL STUDENTS IN CAMBODIA) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.สกลรัชต์ แก้วดี

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย และ (2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนเกรด 10 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560-2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา จำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง มีนักเรียนจำนวน 44 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ คือ กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย มีนักเรียนจำนวน 43 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร สถิติทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน และสถิติทดสอบไคสแควร์

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า (1) ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอยู่ในระดับไม่ผ่าน และมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยไม่แตกต่างกัน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5983400227 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORD: ERRONEOUS SOLUTIONS PROBLEM SOLVING PROBLEM-SOLVING ABILITIES IN PHYSICS CAMBODIA

Hokleng Seang : EFFECTS OF USING ERRONEOUS SOLUTIONS AND PROBLEM SOLVING ON PROBLEM-SOLVING ABILITIES IN PHYSICS OF HIGH SCHOOL STUDENTS IN CAMBODIA. Advisor: Asst. Prof. Sakolrat Kaewdee, Ph.D.

This study was a quasi-experimental research. The objectives of this research were (1) to analyze level of problem-solving abilities in Physics of high school students in Cambodia in terms of the group that learned with erroneous solution and the group that learned with problem solving and (2) to compare the problem-solving abilities in Physics of high school students in Cambodia between the group that learned with erroneous solution and the group that learned with problem solving. The sample groups were 10th grade students in their first semester of the academic year 2017-2018 at high school located in Kompongthom Province, Cambodia. The number of an experimental group taught with erroneous solution was 44, and the number of the compared group taught with problem solving was 43. The research instrument was the problem-solving abilities in Physics test about Mechanic. The data were analyzed by one sample t-test, independent sample t-test and Chi-square test.

The results showed that (1) level of problem-solving abilities in Physics of high school students in Cambodia in terms of the group that learned with erroneous solution and the group that learned with problem solving did not reach the passing score and got statistically significant scores lower than good criteria at level .05. (2) The Mean score of problem-solving abilities in Physics of high school students in Cambodia between the group that learned with erroneous solution and the group that learned with problem solving was not significantly different.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Science Education Student's Signature .....

Academic Year: 2018 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณโครงการพระราชทานความช่วยเหลือแก่ราชอาณาจักรกัมพูชา ด้านการศึกษา ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีเป็นอย่างสูงที่ได้มอบโอกาสและทุนการศึกษาให้ผู้วิจัยได้ศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ และระดับมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณที่ยิ่งใหญ่อย่างหาที่สิ้นสุดไม่ได้ ขอขอบพระคุณคณบดี คณะผู้บริหาร คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่คณะครุศาสตร์ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และการดูแลเอาใจใส่

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ทุ่มเททั้งแรงกาย แรงใจ และเวลาในการอบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยและการทำงาน ร่วมทั้งการให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาที่ได้รับเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ณสรรค์ ผลโภค ประธานกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้อง ชัดเจน และสมบูรณ์มากขึ้น รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้อำนวยการ คณะผู้บริหาร และคณะครูโรงเรียนสาธิต สถาบันเทคโนโลยีกำปงเฌอเตียลที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการทดลองและเก็บรวมรวมข้อมูล ร่วมทั้งนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทุกคนที่ได้ให้ความรวมมือในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ รหัส 59 สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกคนที่ทำให้มีความทรงจำดี ๆ ตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาร่วมกัน

ขอขอบคุณบิดา และมารดา ที่ให้การอบรมสั่งสอน ให้ความรู้ ความรัก และความห่วงใย พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาและการสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน ขอขอบคุณภรรยา ลูกสาว ญาติพี่น้อง และเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ฮกเฟง เสียง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูปภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
2. คำถามการวิจัย 5
3. วัตถุประสงค์การวิจัย 5
4. สมมติฐานของการวิจัย 5
5. ขอบเขตการวิจัย 6
6. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
1. โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 11
1.1 ความสำคัญของโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 11
1.2 ความหมายของโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 12
1.3 การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 14
1.3.1 การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ 14
1.3.2 การปฏิบัติของนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 15
2. การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 28
3.1 ทฤษฎีกระบวนการประมวลข้อมูล (Information processing theory) 28
3.2 ทฤษฎีภาระทางปัญญา (Cognitive load theory) 31
4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 33
4.1 ความหมายของปัญหาทางฟิสิกส์ 33
4.2 ความหมายของการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 33
4.3 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 34
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43
5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 43
5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 46
6. กรอบแนวคิดในการวิจัย 51
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 52
1. รูปแบบการวิจัย 52
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 53
2.1 ประชากร 53
2.2 กลุ่มตัวอย่าง 53
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 54
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 54
3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 54
3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย 59
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 61
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 67
4.1 การเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง 67
4.2 การดำเนินการทดลอง 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 68
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 69
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 70
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 94
สรุปผลการวิจัย 95
อภิปรายผลการวิจัย 95
ข้อเสนอแนะ 97
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 98
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป 98
บรรณานุกรม 99
ภาคผนวก 103
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย 104
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 106
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 113
ภาคผนวก ง ตัวอย่างข้อสอบระดับชาติประเทศกัมพูชา 141
ภาคผนวก จ ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 143
ภาคผนวก ฉ ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 150
ประวัติผู้เขียน 157

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีกระบวนการประมวลข้อมูล 30

ตารางที่ 2 จำนวนนักเรียน (N) คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ F-test ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ประจำเดือนธันวาคม ปีการศึกษา 2560-2561 54

ตารางที่ 3 หัวข้อ วิธีสอน และจำนวนคาบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ 55

ตารางที่ 4 จำนวนข้อของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ในแต่ละหัวข้อ 64

ตารางที่ 5 เกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 69

ตารางที่ 6 คะแนนเต็ม คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ (t) และค่านัยสำคัญ (p) ขององค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 71

ตารางที่ 7 คะแนนเต็ม คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ (t) และค่านัยสำคัญ (p) ขององค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย 72

ตารางที่ 8 ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบในแต่ละองค์ประกอบที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 72

ตารางที่ 9 จำนวนนักเรียน (N) คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ (t) และค่านัยสำคัญ (p) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบ 73

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบจำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติ Chi-square 74

ตารางที่ 11 เกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 112

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์กับองค์ประกอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 144

ตารางที่ 13 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์กับองค์ประกอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ (ต่อ) 145

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 14 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนใน แต่ละองค์ประกอบกับคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 145

ตารางที่ 15 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละข้อ 146

ตารางที่ 16 ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเที่ยง (α) ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 147

ตารางที่ 17 จำนวน ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) ช่วงความเชื่อมั่น และค่านัยสำคัญ (p) ระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนทั้ง 3 คนในแต่ละระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน 148

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ 151

ตารางที่ 19 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 152

ตารางที่ 20 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง (ต่อ) 153

ตารางที่ 21 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง (ต่อ) 154

ตารางที่ 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ 155

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

แผนภาพที่ 1 การทำงานของสมองตามทฤษฎีกระบวนการประมวลข้อมูล (ชนาธิป พรกุล, 2554) . 28

แผนภาพที่ 2 ความสัมพันธ์โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับทฤษฎีกระบวนการประมวลข้อมูล (ดัดแปลงจากชนาธิป พรกุล, 2554) 31

แผนภาพที่ 3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน A1 กลุ่มทดลองที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีมาก 75

แผนภาพที่ 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน B1 กลุ่มเปรียบเทียบที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีมาก 77

แผนภาพที่ 5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน A2 กลุ่มทดลองที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดี 80

แผนภาพที่ 6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน B2 กลุ่มเปรียบเทียบที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดี 82

แผนภาพที่ 7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน A3 กลุ่มทดลองที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับปานกลาง 85

แผนภาพที่ 8 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน B3 กลุ่มเปรียบเทียบที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับปานกลาง 86

แผนภาพที่ 9 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน A4 กลุ่มทดลองที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับไม่ผ่าน 89

แผนภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน B4 กลุ่มเปรียบเทียบที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับไม่ผ่าน 91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิชาฟิสิกส์จัดอยู่ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ การวัด และการหาความสัมพันธ์เชิงปริมาณทางกายภาพ แล้วสรุปเป็นกฎ หลักการ และทฤษฎี โดยกฎ หลักการ และทฤษฎีจำนวนมากต้องอาศัยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ ซึ่งนำไปสู่การสร้างเครื่องมือ อุปกรณ์ วิธีการ และความรู้ต่าง ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 17) วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่เน้นกระบวนการให้นักเรียนเกิดความคิด ความเข้าใจ และฝึกให้นักเรียนรู้จักคิดด้วยการพิจารณาอย่างมีเหตุผลตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นเครื่องมือที่เอื้อต่อความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (เสฏฐวุฒิ มุลอามาตย์, 2549 อ้างถึงใน สิริเกศ หมัดเจริญ, 2554: 95) การศึกษาวิชาฟิสิกส์ต้องอาศัยความสามารถในการแปลความโจทย์ปัญหาเป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ กราฟความสัมพันธ์ของตัวแปร และสมการต่าง ๆ ที่เรียกว่า การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ การจัดการเรียนการสอนโดยการแก้โจทย์ปัญหาเป็นหนึ่งในเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ให้ประสบผลสำเร็จ (Redish, 2003 อ้างถึงใน เกริก ศักดิ์สุภาพ, 2556: 2) การที่จะประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ด้านการแก้โจทย์ปัญหานั้น นักเรียนต้องสังเคราะห์ความรู้ต่างๆ เช่น มโนทัศน์ กฎ และหลักการเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางฟิสิกส์ สร้างความสัมพันธ์เชิงปริมาณ และใช้ความสัมพันธ์เหล่านั้นหาปริมาณที่ยังไม่ทราบค่าโดยผ่านสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งความสามารถดังกล่าวนี้เรียกว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ (Chekuri, 1996: ii)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์มีความสำคัญมากสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชา เนื่องจากนักเรียนต้องใช้ความสามารถนี้ในการทำข้อสอบฟิสิกส์ซึ่งเป็นข้อสอบที่เน้นการแก้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยทั้งการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับชั้นเรียนและการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับชาติ หรือการสอบประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาทุติยภูมิ ซึ่งเป็นการสอบเพื่อสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของนักเรียนประเทศกัมพูชา สำหรับการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับชั้นเรียน นักเรียนต้องได้คะแนนเฉลี่ยจากการสอบทุกรายวิชาร้อยละ 50 ขึ้นไปจึงผ่าน แต่ถ้านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการสอบทุกรายวิชาไม่ถึงร้อยละ 50 นักเรียนต้องเรียนซ้ำชั้น เพราะฉะนั้นการที่นักเรียนต้องทำข้อสอบฟิสิกส์ให้ผ่านหรือได้คะแนนสูง

นั้นเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยให้คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนเพิ่มขึ้น และส่งผลให้นักเรียนสามารถเลื่อนไปเรียนในระดับชั้นที่สูงขึ้นได้ (กระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชา, 2560ก)

ส่วนการสอบประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาทุติยภูมิที่เป็นการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อนักเรียนจบการศึกษาขั้นพื้นฐานหรือเกรด 12 นักเรียนต้องได้คะแนนเฉลี่ยจากการสอบทุกรายวิชาร้อยละ 50 ขึ้นไปจึงผ่านเช่นเดียวกันกับการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับชั้นเรียน แต่สิ่งสำคัญคือ คะแนนที่ได้จากการสอบประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาทุติยภูมินี้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่นักเรียนต้องนำไปใช้ในการสมัครเข้าเรียนในระดับอุดมศึกษา โดยเฉพาะในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ ถ้านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยสูง และได้คะแนนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับสาขาที่ตนมีประสงค์จะเรียนต่อสูง นักเรียนจะได้เรียนต่อในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐสาขานั้น ๆ โดยไม่เสียค่าเล่าเรียน (กระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชา, 2560) ดังนั้นความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์จึงมีความสำคัญมากสำหรับนักเรียนเกรด 12 เนื่องจากนักเรียนต้องใช้ความสามารถนี้ในการทำข้อสอบฟิสิกส์ในการสอบประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาทุติยภูมิให้ผ่านเกณฑ์ที่กระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬากำหนดและ/หรือผ่านเกณฑ์การรับสมัครเข้าเรียนระดับอุดมศึกษาสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ เช่น สาขาฟิสิกส์ สาขาเคมี และสาขาวิศวกรรมศาสตร์ และสาขาเทคนิคการแพทย์ เป็นต้น ซึ่งเกณฑ์การรับสมัครเข้าเรียนระดับอุดมศึกษาสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ที่กล่าวมานั้น คือ นักเรียนต้องได้คะแนนวิชาฟิสิกส์จากการสอบประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาทุติยภูมิอยู่ในเกณฑ์ระดับดีหรือร้อยละ 70 ขึ้นไป

โดยทั่วไปแล้วการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์จะเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และสรุปความคิดรวบยอดเนื้อหาของบทเรียน จากนั้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน ซึ่งแบบฝึกหัดแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นคำถาม และส่วนที่เป็นโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ คำถามมุ่งตรวจสอบความเข้าใจเนื้อหาของบทเรียน ส่วนโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มุ่งให้นักเรียนได้ฝึกฝนและตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ นอกจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน ยังมีแบบฝึกหัดที่ครูสร้างหรือรวบรวมหรือคัดเลือกที่เหมาะสมให้นักเรียนทำเพิ่มเติม เพื่อส่งเสริมความเข้าใจเนื้อหาบทเรียน และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 4) ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์มีส่วนเน้นให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยการให้นักเรียนได้ฝึกแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ทั้งโจทย์ปัญหาที่มีในหนังสือแบบเรียน และโจทย์ปัญหาที่ครูได้สร้างขึ้น

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ดังกล่าว มีนักการศึกษาฟิสิกส์หลายท่านได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในรูปแบบต่าง ๆ และในแต่ละรูปแบบล้วนเน้นให้นักเรียนได้ฝึกแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัย (Problem solving) เช่น Heller, Keith, and

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Anderson (1992) และ Gok and Silay (2008) ได้จัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบร่วมมือในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ผ่านการแก้โจทย์ปัญหาแบบรวมมือดีกว่าการแก้โจทย์ปัญหาแบบรายบุคคล Huffman (1997) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดเจน (Explicit problem solving) กับกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม ผลการวิจัยพบว่า กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดเจนช่วยส่งเสริมคุณภาพของตัวแทนทางฟิสิกส์ (Quality of physics representation) และความสมบูรณ์ของตัวแทนทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้มากกว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม แต่ทั้งสองกลยุทธ์ไม่แตกต่างกันในด้านการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ และการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ Pol (2009) ได้จัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ด้วยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Physhint ในการแก้โจทย์ปัญหาทางทางฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Physhint สูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งเรียนตามหนังสือแบบเรียนอย่างเดียว อรชา ชูเชื้อ (2554) ได้จัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ด้วยการสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์และสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติ อมรรัตน์ บุบผโชติ (2558) ได้จัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ด้วยการตั้งปัญหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการตั้งปัญหามีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้ นอกจากแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่ได้อธิบายข้างต้น ยังมีแนวทางการจัดการเรียนการสอนหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การเรียนรู้ คือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง (Erroneous solutions) (McLaren et al., 2012)

โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง เป็นโจทย์ปัญหาที่ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาและรายละเอียดคำตอบที่มีข้อผิดพลาดและ/หรือไม่สมบูรณ์ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้มโนทัศน์ หลักการและทฤษฎีในการวินิจฉัยโดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะของข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและสมบูรณ์ (Hieggelke et al., 2006 อ้างถึงใน Yerushalmi, 2014: 1342) ก่อนที่ครูจะนำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมาใช้นั้น นักเรียนควรได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการและหรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องนั้น ๆ ครบถ้วนแล้ว (Tsovaltzi, McLaren, Melis, & Meyer, 2012: 224)

นักวิชาการด้านการศึกษาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์หลายท่านได้นำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เช่น Yerushalmi, Puterkovsky, and Bagno (2013) และ Yerushalmi (2014) ได้นำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องช่วยให้นักเรียนอธิบายการตีความมโนทัศน์และหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้หลายแบบ ปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่ขัดแย้งกัน เข้าใจมโนทัศน์และกระบวนการบูรณาการความรู้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้สู่การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ดี Großе and Renkl (2007) McLaren et al. (2012) Tsovaltzi et al. (2012) และ Adams et al. (2014) ได้นำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีความเข้าใจมโนทัศน์และเขียนคำอธิบายทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น มีการเรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกรวมทั้งมีการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและคงทน สามารถถ่ายโยงความรู้สู่การแก้ปัญหาได้ดี และสามารถประเมินความสมบูรณ์ในการแก้โจทย์ปัญหาของตนเองได้

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย (Problem solving) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการแก้สถานการณ์โจทย์ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่โจทย์ต้องการหลังจากนักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยนั้น ๆ ครบถ้วนแล้ว ส่วนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง (Erroneous solutions) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดที่มีในรายละเอียดคำตอบให้ถูกต้องหลังจากนักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องนั้น ๆ ครบถ้วนแล้ว เห็นได้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนระหว่างสองวิธีนี้เน้นให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาหลังจากได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเหมือนกัน แต่ลักษณะโจทย์ปัญหาที่นำไปใช้มีความแตกต่างกัน โดยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยเป็นโจทย์ปัญหาที่ยังไม่มีรายละเอียดคำตอบ โจทย์ปัญหาลักษณะนี้มักใช้ทั่วไปในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ ส่วนโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง เป็นโจทย์ปัญหาที่ให้รายละเอียดคำตอบ แต่ในรายละเอียดคำตอบนั้นอาจมีส่วนที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ ซึ่งไม่พบการใช้โจทย์ปัญหาลักษณะนี้ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในประเทศกัมพูชา

จากความสำคัญและความเป็นมาที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่ประเทศกับพูชาเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และสรุปเนื้อหาของบทเรียนแล้ว จึงให้นักเรียนฝึกทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม ซึ่งแบบฝึกหัดส่วนมากเน้นการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ อย่างไรก็ตามพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ประสบผลสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์นี้เท่าใดนัก จากงานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อ้างอิงว่า การใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและการใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

2. คำถามการวิจัย

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยจะส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาหรือไม่ อย่างไร

3. วัตถุประสงค์การวิจัย

1) วิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

4. สมมติฐานของการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยสามารถพัฒนาความสามารถในการแกปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้ (Gok & Silay, 2008; Heller et al., 1992; Huffman, 1997; Pol, 2009; อมรรัตน์ บุบผโชติ, 2558; อรชา ชูเชื้อ, 2554) และการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้เช่นเดียวกัน (Yerushalmi, 2014) แต่การใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องสามารถพัฒนาความสามารถในหารแก้ปัญหาทางฟิกส์ของนักเรียนได้ดีกว่าการใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ดังผลการวิจัยของ Yerushalmi (2014: 1352) แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องความสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทีระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ McLaren et al. (2012: 222) ที่พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีคะแนนความคงทนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการศึกษาดังกล่าว และเกณฑ์ระดับดีของความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่กำหนดโดยกระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชาในระดับชั้นเรียนมีคะแนนร้อยละ 65-79 จึงได้เสนอแนวทางในการกำหนดสมมติฐานที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

1) ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอยู่ในระดับดีหรือร้อยละ 65 ขึ้นไป

2) คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ขอบเขตการวิจัย

1) ประชากร ได้แก่ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานการศึกษามัธยมศึกษาสายสามัญ กระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชา

2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนเกรด 10 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560–2561 (วันที่ 1 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 6 เดือนเมษายน พ.ศ. 2561)

3) ตัวแปรในการวิจัย

3.1) ตัวแปรจัดกระทำ ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องใช้กับกลุ่มทดลอง และการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยใช้กับกลุ่มเปรียบเทียบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2) ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

4) เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย สาระการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์เกรด 10 หลักสูตรการศึกษา ปี 2011 ประเทศกัมพูชา หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กลศาสตร์ จำนวน 3 บทเรียน ได้แก่ (1) กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (2) งานและพลังงาน และ (3) พลศาสตร์ของไหล

5) ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 7 สัปดาห์ โดยเริ่มทดลองวันที่ 5 กุมภาพันธ์ และเก็บรวบรวมข้อมูลวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2561

6. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1) โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง (Erroneous solutions) หมายถึง โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาทางฟิสิกส์ ข้อความและรายละเอียดแสดงคำอธิบายการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์เพื่อให้นักเรียนได้ใช้มโนทัศน์ หลักการและทฤษฎีทางฟิสิกส์วินิจฉัยโดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะของข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและสมบูรณ์

2) การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง หมายถึง การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่มีการเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องให้นักเรียนแก้ไขหลังจากได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์แล้ว โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนดังต่อไปนี้

2.1) ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละบทเรียนเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์ จากนั้นยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย และแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวพร้อมอธิบายการได้มาซึ่งคำตอบทีละขั้น

2.2) การเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องครั้งที่ 1 ให้ทำเป็นกลุ่ม ครูเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 1 ตัวอย่างให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ไข โดยในใบงานประกอบด้วยสถานการณ์โจทย์ปัญหาและรายละเอียดของคำตอบที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและสมบูรณ์ มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้ (1) ระบุข้อผิดพลาด ระบุส่วนของคำตอบที่ไม่ถูกต้องและ/หรือส่วนของคำตอบขาดหายไป (2) อธิบายข้อผิดพลาด อธิบายสาเหตุที่ทำให้การแก้โจทย์ปัญหาไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ (3) แก้ไขข้อผิดพลาด แก้ไขคำตอบในส่วนที่ไม่ถูกต้อง และเพิ่มเติมในส่วนที่ไม่สมบูรณ์

2.3) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแสดงการวินิจฉัย และการแก้ไขข้อผิดพลาดหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบของแต่ละกลุ่มให้ถูกต้อง

2.4) การเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องครั้งที่ 2 ให้ทำรายบุคคล ครูเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 1 ตัวอย่างให้นักเรียนแต่ละคนแก้ไข โดยในใบงานประกอบด้วยสถานการณ์โจทย์ปัญหาและรายละเอียดของคำตอบ ให้นักเรียนแต่ละคนวินิจฉัยว่า คำตอบนั้นถูกต้องและ/หรือสมบูรณ์หรือไม่ ถ้าหากว่าคำตอบนั้นมีส่วนที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ ให้นักเรียนแก้ไขให้ถูกต้องและสมบูรณ์โดยผ่านขั้นตอนการปฏิบัติเหมือนในงานกลุ่ม

2.5) ครูสุ่มเลือกนักเรียน 3 คนออกมาแสดงการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบของนักเรียน 3 คนดังกล่าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6) ครูนำนักเรียนอภิปรายสรุปมโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์ในบทเรียนอีกครั้ง จากนั้นมอบหมายโจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัยให้นักเรียนทำเป็นแบบฝึกหัด

3) การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย หมายถึง การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่มีการเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยให้นักเรียนตอบหลังจากได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์แล้ว มีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนดังนี้

3.1) ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละบทเรียนเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์ จากนั้นยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย และแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวพร้อมอธิบายการได้มาซึ่งคำตอบทีละขั้น

3.2) การเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยครั้งที่ 1 ครูเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย 1 ตัวอย่างให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบ

3.3) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบ และแก้ไขคำตอบของแต่ละกลุ่มให้ถูกต้อง

3.4) การเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยครั้งที่ 2 ครูเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย 1 ตัวอย่างให้นักเรียนแต่ละคนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบโดยเขียนวิธีการหาคำตอบลงในใบงาน

3.5) ครูสุ่มเลือกนักเรียน 3 คนออกมาแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบของนักเรียน 3 คนดังกล่าว

3.6) ครูนำนักเรียนอภิปรายสรุปมโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์ในบทเรียนอีกครั้ง จากนั้นมอบหมายโจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัยให้นักเรียนทำเป็นแบบฝึกหัด

4) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ (Problem solving ability in physics) หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางฟิสิกส์ สร้างความสัมพันธ์ของปริมาณทางฟิสิกส์ และใช้ความสัมพันธ์เหล่านั้นในการหาปริมาณที่ยังไม่ทราบค่าโดยผ่านสมการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบดังนี้

4.1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ (Evidence of conceptual understanding) การวาดภาพแทนสถานการณ์ การระบุปริมาณที่ทราบค่า ปริมาณที่ไม่ทราบค่า เงื่อนไขต่าง ๆ และกฎ หลักการ หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง

4.2) การะบุตัวแทนทางฟิสิกส์ (Completeness of physics representation) การวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ การระบุปริมาณที่ทราบค่า ปริมาณที่ไม่ทราบค่า และเงื่อนไขต่าง ๆ ในรูปสัญลักษณ์ พร้อมแสดงความสัมพันธ์ทั่วไปของปริมาณทางฟิสิกส์

4.3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical equation) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์

4.4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ (Logical progression) การแก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้สมการสุดท้ายที่มีปริมาณเป้าหมายอยู่ด้านหนึ่งของสมการและปริมาณที่ทราบค่าอยู่อีกด้านหนึ่งของสมการมีความสอดคล้องกันอย่างต่อเนื่อง การสนับสนุนในแต่ละขั้นตอนปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน

4.5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Mathematical execution) การนำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการสุดท้าย การคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณเป้าหมาย และการระบุหน่วยของค่าคำตอบได้ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชา ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย แนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย โดยรายละเอียดข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามีการนำเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง
    1.1 ความสำคัญของโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง
    1.2 ความหมายของโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง
    1.3 การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง
        1.3.1 การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์
        1.3.2 การปฏิบัติของนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง
2. การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย
3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์
4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
    4.1 ความหมายของปัญหาทางฟิสิกส์
    4.2 ความหมายของการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
    4.3 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง
    5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีการนำเสนอรายละเอียดในประเด็นดังนี้ ความสำคัญของโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ความหมายของโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

1.1 ความสำคัญของโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง เป็นเทคนิคการจัดการเรียนการสอนที่ได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การเรียนรู้ (McLaren et al., 2012: 222) โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง (Erroneous solutions) หมายถึง โจทย์ปัญหาที่ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา ข้อความและรายละเอียดแสดงคำอธิบายการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์เพื่อให้นักเรียนได้ใช้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีวินิจฉัยโดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะของข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและสมบูรณ์ (Hieggelke et al., 2006 อ้างถึงใน Yerushalmi, 2014: 1342) นักการศึกษาด้านการศึกษาฟิสิกส์และการศึกษาคณิตศาสตร์ได้อธิบายความสำคัญของโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไว้ดังนี้

การเรียนรู้ด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีความเกี่ยวข้องกับแนวคิด การเรียนรู้จากการสอน (learning by teaching) เนื่องจากการตรวจสอบ แก้ไข และอธิบายส่วนของคำตอบที่ไม่ถูกต้องของนักเรียนมีบทบาทคล้ายกับการสอนของครู หรือการสอนบททวน (tutoring) (Leelawong and Biswas, 2008 อ้างถึงใน McLaren et al., 2012: 223) โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องเป็นงานที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ประมวลความรู้ของตนเองออกมาใช้ในการตรวจสอบหาข้อผิดพลาดและอธิบายลักษณะของข้อผิดพลาดที่มีในรายละเอียดของคำตอบที่ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องยังเป็นงานที่ช่วยส่งเสริมประสบการณ์ด้านการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเริ่มจากการสร้างความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับสิ่งที่เรียนรู้ จากนั้นนำไปสู่การเรียนรู้เนื้อหาเชิงลึก และสุดท้ายสร้างความคงทนในการเรียนรู้ (McLaren et al., 2012: 231) สำหรับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องที่แสดงถึงความคลาดเคลื่อนด้านมโนทัศน์สามารถช่วยกระตุ้นความคิดของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนต้องวินิจฉัย คัดกรอง และแสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองออกมาอย่างมีทิศทางเพื่อแก้ไขคำตอบที่ไม่ถูกต้องโดยการระบุและแก้ไขส่วนของคำตอบที่ผิดพลาด รวมทั้งอธิบายลักษณะของข้อผิดพลาดนั้น ๆ โดยการวิเคราะห์จะตระหนักถึงการตีความความหมายมโนทัศน์และหลักการที่มีความคลาดเคลื่อน (Yerushalmi, 2014: 1343) และการที่นักเรียนได้วิจารณ์กระบวนการแก้ปัญหาที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ไม่ถูกต้องของคนอื่นสามารถช่วยให้นักเรียนมีการเรียนรู้ลึกมากขึ้น มีการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และสามารถประเมินความสมบูรณ์ในการแก้ปัญหาของตนเองได้ดีขึ้น Adams et al. (2014: 402)

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไม่เพียงช่วยนักเรียนในด้านการแก้ปัญหาเท่านั้น แต่ยังช่วยนักเรียนให้เกิดความเข้าใจมโนทัศน์อีกด้วย จากผลการวิจัยของ Yerushalmi (2014: 1354) พบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยส่วนมากให้คำตอบการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมือนกัน แต่การอธิบายสถานการณ์ปัญหามีความแตกต่างกันมาก คือ นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องสามารถอธิบายสถานการณ์ปัญหาได้ดีกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tsovaltzi et al. (2012: 215) ที่พบว่านักเรียนเกรด 9 และเกรด 10 กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีความเข้าใจมโนทัศน์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Yerushalmi et al. (2013: 463) ที่พบว่าการเรียนรู้โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีการอธิบายการตีความด้านหลักการและมโนทัศน์เกี่ยวกับปัญหาได้หลากหลาย และนักเรียนมีความพยายามในการปรับมโนทัศน์ที่มีความขัดแย้งกัน

โดยสรุป โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องเป็นงานที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านการแก้ปัญหาและด้านความเข้าใจมโนทัศน์ โดยในด้านการแก้ปัญหา โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องเป็นงานที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีการประมวลความรู้ของตนเองออกมาใช้เพื่อการแก้ปัญหาและส่งเสริมความสามารถด้านการตัดสินความสมบูรณ์ในการแก้ปัญหาของตนเอง ส่วนในด้านความเข้าใจมโนทัศน์ โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องเป็นงานที่ช่วยกระตุ้นความคิดของนักเรียน ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึก ส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และสร้างความคงทนในการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 ความหมายของโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

นักวิชาการด้านการศึกษาฟิสิกส์และด้านการศึกษาคณิตศาสตร์ได้นำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยมีการใช้คำศัพท์แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ในวิชาคณิตศาสตร์ ใช้คำว่า ตัวอย่างที่มีข้อผิดพลาด (Erroneous example) ซึ่ง Isotani et al. (2011) และ McLaren et al. (2012) ใช้ในการสอน เรื่อง ทศนิยม และ Tsovaltzi et al. (2010) ใช้ในการสอน เรื่อง เศษส่วน ส่วนในวิชาฟิสิกส์ Yerushalmi (2013) ใช้คำว่า กิจกรรมแก้ไขข้อผิดพลาด (Troubleshooting activity) สอนเรื่องวงจรไฟฟ้า Hieggeke et al. (2006, อ้างถึงใน Yerushalmi, 2014) ใช้คำว่า งานแก้ไขข้อผิดพลาด (Troubleshooting tasks) สอน เรื่อง วงจรไฟฟ้า และ Ailabouni, Safadi, and Yerushalmi (2014) ใช้คำว่า คำตอบที่ไม่ถูกต้อง (Erroneous solutions)

สอน เรื่อง เรขาคณิตของแสงและคลื่นกล อย่างไรก็ตามแม้ว่านักวิชาการมีการใช้คำศัพท์แตกต่างกัน แต่ความหมายของคำศัพท์ดังกล่าวมีความใกล้เคียงกัน และมีการนำไปใช้ในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ เป็นการให้นักเรียนแก้ไขคำตอบที่ไม่ถูกต้องของโจทย์ปัญหาโดยระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะของข้อผิดพลาด รวมทั้งแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวให้ถูกต้อง นักการศึกษาและนักวิชาการได้ให้ความหมายโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

Tsovaltzi et al. (2010: 357) กล่าวว่า ตัวอย่างที่มีข้อผิดพลาด (Erroneous example) เป็นตัวอย่างการแก้ปัญหาที่ครูสร้างขึ้นให้มีข้อผิดพลาดหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งประการเพื่อให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบหาข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดเหล่านั้นให้ถูกต้อง

Isotani et al. (2011: 2) ได้กล่าวว่า ตัวอย่างที่มีข้อผิดพลาด (Erroneous example) หมายถึง ตัวย่างการตอบที่แสดงวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีลำดับขั้นตอน โดยในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งหรือหลายขั้นตอนยังมีการแก้ไขไม่ถูกต้อง

McLaren et al. (2012: 222) กล่าวว่า ตัวอย่างที่มีข้อผิดพลาด (Erroneous example) หมายถึง ตัวอย่างการตอบที่แสดงการแก้ปัญหาอย่างมีลำดับขั้นตอน โดยในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งหรือหลายขั้นตอนยังมีการแก้ไขไม่ถูกต้อง

Yerushalmi et al. (2013: 465-466) กล่าวว่า กิจกรรมแก้ไขข้อผิดพลาด (Troubleshooting activity) หมายถึง การจัดกิจกรรมโดยมีการนำเสนอตัวอย่างที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องเพื่อให้นักเรียนได้วินิจฉัยหาข้อผิดพลาดที่มีในคำตอบนั้น และแก้ไขข้อผิลาดที่มีให้ถูกต้อง

Hieggeke et al. (2006 อ้างถึงใน Yerushalmi, 2014: 1342-1343) กล่าวว่า งานแก้ไขข้อผิดพลาด (Troubleshooting tasks) หมายถึง งานที่ครูสร้างขึ้นโดยทำให้มีข้อผิดพลาดที่สะท้อนให้เห็นถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายละเอียดของการแก้ปัญหา และให้นักเรียนได้ระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะของข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้อง

Ailabouni et al. (2014: 8) กล่าวว่า คำตอบที่ไม่ถูกต้อง (Erroneous solutions) หมายถึง คำตอบของการแก้ปัญหาที่ครูได้สร้างขึ้นให้มีข้อผิดพลาดบางอย่าง เพื่อให้นักเรียนวินิจฉัยโดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะของข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้อง

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง (Erroneous solutions) หมายถึง โจทย์ปัญหาที่ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา ข้อความและรายละเอียดที่แสดงคำอธิบายการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ เพื่อให้นักเรียนได้วินิจฉัยโดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะของข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

1.3.1 การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553: 6-7) ได้กล่าวว่า การดำเนินการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ จำเป็นต้องใช้วิธีสอน รูปแบบการสอน และ/หรือเทคนิคการสอนที่หลากหลายผสมผสานกัน ถ้ามีการใช้วิธีการเดียวย่อมไม่ประสบผลสำเร็จ แนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่จะแนะนำไว้เบื้องต้นได้แก่ การใช้คำถาม การทดลอง กิจกรรมและการสาธิต การอภิปราย และการนิรนัย

1) การใช้คำถาม นอกจากช่วยให้นักเรียนได้จดจำเนื้อหาที่เป็นความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์แล้ว ยังช่วยให้นักเรียนได้อธิบายเปรียบเทียบ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และคาดคะเนผลสรุปอีกด้วย ดังนั้นในการฝึกความสามารถนักเรียนด้านการคิด ครูต้องให้โอกาสนักเรียนฝึกคิด โดยครูเป็นผู้ป้อนคำถามต่าง ๆ คอยกระตุ้นให้กำลังใจ และชี้แนะแนวทางในการตอบปัญหาให้เป็นไปตามขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่ก่อนที่จะมีการดำเนินการจัดการเรียนการสอนครูควรเตรียมคำถามไว้ล่วงหน้าโดยคำนึงถึงพื้นฐานประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นสำคัญ ถ้าครูมานึกคำถามอย่างเร่งรีบระหว่างการสอนอาจทำให้ได้คำถามที่ไม่เหมาะสม หลังจากการถามคำถาม ครูต้องมีความอดทนในการรอคำตอบจากนักเรียน และต้องระลึกไว้เสมอว่า ปฏิกิริยาของครูที่มีต่อคำตอบของนักเรียนมีส่วนอย่างมากในการเสริมสร้างหรือทำลายความกระตือรือร้นที่จะตอบปัญหาของนักเรียน

2) การทดลอง กิจกรรมและการสาธิต การสอนฟิสิกส์บางเนื้อหาอาจเริ่มด้วยการให้นักเรียนทำกิจกรรม หรือทำการทดลอง และสังเกตผลการทดลองตามขั้นตอนต่าง ๆ จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของกิจกรรม หรือการทดลองนั้น ๆ แทนที่ครูจะเล่าการทดลอง และบอกผลสรุปโดยตรง ในการดำเนินการทดลองเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น นักเรียนจะได้เรียนรู้วิธีคิดแก้ปัญหาที่สอดคล้องตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการปฏิบัติจริง เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความมั่นใจในการนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่ประสบในชีวิตประจำวันได้เหมาะสม แต่ถ้าหากว่าสถานที่ เครื่องมือ หรือเวลามีความจำกัด ครูอาจใช้วิธีการสาธิตเพื่อจูงใจให้นักเรียนเกิดความสนใจ ใคร่รู้ในเนื้อหาที่จะดำเนินการสอนต่อไป โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรือทำนายผลที่เกิดขึ้น อันจะมีผลให้นักเรียนรู้สึกว่าการเรียนมีชีวิตชีวา ไม่น่าเบื่อหน่าย

3) การอภิปราย เป็นกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่มุ่งปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง ยอมรับความคิดเห็นของคนอื่นอย่างมีเหตุผล กล้าแสดงความคิดเห็น และไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ ครูควรดำเนินการสอนให้เด็กมีโอกาสได้อภิปรายร่วมกันส่วนครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทาง ครูอาจใช้วิธีการอภิปรายนี้เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนที่จะเรียนต่อไป

หรืออภิปรายเพื่อนำสู่การสังเกต การทดลอง และที่จำเป็นที่สุด คือ การอภิปรายผลการทดลองและการทำกิจกรรมกลุ่ม

4) การนิรนัย เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ กฎ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อสรุปตามวัตถุประสงค์ในบทเรียน จากนั้นจึงให้ตัวอย่างการประยุกต์ใช้มโนทัศน์ กฎ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อสรุปนั้นหลาย ๆ ตัวอย่าง หรืออาจให้นักเรียนฝึกนำมโนทัศน์ กฎ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อสรุปที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่หลากหลาย เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ กฎ หลักการ ทฤษฎี หรือข้อสรุปของบทเรียนมากยิ่งขึ้น

1.3.2 การปฏิบัติของนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง หมายถึง โจทย์ปัญหาที่ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา ข้อความและรายละเอียดแสดงคำอธิบายการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ เพื่อให้นักเรียนได้วินิจฉัยโดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้อง ส่วนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ครูมุ่งนำเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องให้นักเรียนแก้ไขหลังจากนักเรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี ความคิดหลัก หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ ครบถ้วนแล้ว

มีนักการศึกษาทางด้านฟิสิกส์และคณิตศาสตร์หลายท่านได้เสนอแนวทางการปฏิบัติของนักเรียนในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องพร้อมตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องดังต่อไปนี้

Yerushalmi and Polingher (2006) ได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับนักเรียนเกรด 11 ประเทศอิสราเอล การปฏิบัติของนักเรียนในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีขั้นตอนดังนี้

1) ระบุส่วนที่ไม่ถูกต้องของคำตอบ

2) อธิบายสาเหตุของคำตอบที่ไม่ถูกต้อง

3) แก้ไขคำตอบที่ไม่ถูกต้องให้ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องของ Yerushalmi and Polingher (2006) เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

คำชี้แจง: ด้านล่างนี้เป็นตัวอย่างสถานการณ์โจทย์ปัญหาพร้อมคำตอบ และในคำตอบนั้นมีส่วนที่ไม่ถูกต้อง ให้นักเรียน 1) ระบุคำตอบในส่วนที่ไม่ถูกต้อง 2) อธิบายสาเหตุของคำตอบที่ไม่ถูกต้อง 3) แก้ไขคำตอบที่ไม่ถูกต้องให้ถูกต้อง
สถานการณ์: กล่องใบหนึ่งมีมวล 4kg วางบนพื้นในแนวระนาบ มีแรงขนาด 20N กระทำต่อกล่องใบนี้ในแนวระนาบ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นมีค่า 0.6 ภายใต้เงื่อนไขนี้กล่องจะนิ่งอยู่กับที่ เพราะว่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างกล่องกับพื้นมากกว่าแรงที่กระทำต่อกล่อง
1) ระบุคำตอบในส่วนที่ไม่ถูกต้อง: กล่องจะนิ่งอยู่กับที่ เพราะว่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างกล่องกับพื้นมากกว่าแรงที่กระทำต่อกล่อง **2) อธิบายสาเหตุของคำตอบที่ไม่ถูกต้อง:** สิ่งที่ได้ระบุไว้คือ “กล่องอยู่นิ่งกับที่” ในสภาพที่อยู่นิ่งตามกฎข้อ 2 ของนิวตันอธิบายว่าแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับศูนย์ สำหรับสถานการณ์นี้ จึงเป็นไปไม่ได้ที่แรงเสียดทานจะมากกว่าแรงที่กระทำ แรงทั้งสองนี้อย่างมากมีค่าเท่ากัน ไม่อย่างนั้นกล่องก็จะมีความเร่งเกิดขึ้นแทนที่จะอยู่นิ่งกับที่ **3) แก้ไขคำตอบที่ไม่ถูกต้องให้ถูกต้อง:** กล่องจะอยู่นิ่งกับที่ ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อกล่องมีค่าเท่ากับศูนย์ แรงลัพธ์ที่เกิดขึ้นในแนวระนาบเป็นผลรวมเวกเตอร์ของแรงกระทำกับแรงเสียดทาน แรงเสียดทานสถิตจะมีค่าเท่ากับแรงกระทำเสมอตราบใดที่แรงกระทำ (กรณีนี้แรงกระทำมีค่าเท่ากับ 20N) มีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสูงสุด (กรณีนี้แรงเสียดทานสูงสุดมีค่าเท่ากับ 24N คือ $f_{max} = \mu N = \mu mg = 0.6 \times 4 \times 10 = 24$ N) แรงเสียดทานเป็นแรงที่มีทิศทางตรงข้ามกับแรงกระทำเสมอ ดังนั้นแรงลัพธ์ในแนวระนาบจะเป็นศูนย์ แต่ถ้าแรงกระทำมากกว่า 24N กล่องจะมีการเคลื่อนที่

McLaren et al. (2012: 227) ได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยม โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับนักเรียนเกรด 6 และ 7 โดยผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การปฏิบัติของนักเรียนในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีขั้นตอนดังนี้

1) อธิบายข้อผิดพลาด

2) ตรวจสอบ และแก้ไขข้อผิดพลาด

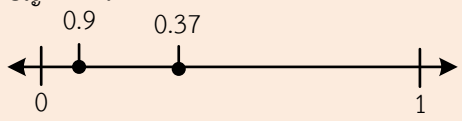
3) อธิบาย และสะท้อนให้เห็นคำตอบที่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องของ McLaren et al. (2012) ในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยม

สถานการณ์ปัญหา: Ryan มีช็อกโกแลต 2 แท่ง แท่งหนึ่งมีน้ำหนัก 0.9 ปอนด์ และอีกแท่งหนึ่งมีน้ำหนัก 0.37 ปอนด์ ถ้า Ryan ต้องการเลือกช็อกโกแลตที่มีน้ำหนักมากกว่า Ryan ควรเลือกช็อกโกแลตแท่งใด

คำตอบไม่ถูกต้อง: Ryan พูดว่า : ผมจะเลือกแท่งช็อคโกแลตที่มีน้ำหนัก 0.37 ปอนด์ เพราะเป็นน้ำหนักมากกว่า และผมจะใช้เส้นจำนวนในการแก้ปัญหาดังนี้

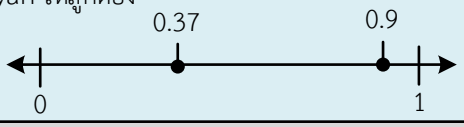


1) อธิบายข้อผิดพลาด:

Ryan คิดว่าจำนวนทศนิยมเหมือน.....

- ○ เศษส่วน ตัวเลขน้อยกว่ามีค่าน้อยกว่าศูนย์
- ○ เศษส่วน ตัวเลขน้อยกว่ามีค่าน้อยกว่า
- ○ จำนวนเต็ม ตัวเลขน้อยกว่ามีค่าน้อยกว่า
- ○ จำนวนเต็ม ตัวเลขน้อยกว่ามีค่ามากกว่า

2) การตรวจสอบ และแก้ไขข้อผิดพลาด: คลิกบนบรรทัดที่จุดไม่ถูกต้อง เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดของ Ryan ให้ถูกต้อง



3) อธิบายและสะท้องคำตอบที่ถูกต้อง: จากเส้นจำนวนด้านซ้ายมือ ช็อคโกแลตแท่งใดที่มีน้ำหนักมากกว่า

- ○ 0.9 ปอนด์ เพราะเข้าใกล้ 1
- ○ 0.37 ปอนด์ เพราะเข้าใกล้ 0

3) อธิบายและสะท้องคำตอบที่ถูกต้อง: นักเรียนจะแนะนำ Ryan อย่างไร เพื่อแก้ปัญหาครั้งต่อไปได้ถูกต้อง

หาก Ryan ต้องการหาจำนวนทศนิยมที่มีค่ามากว่า Ryan ควรดูว่า เป็นจำนวนทศนิยมที่.....

- ○ มีตำแหน่งทศนิยมมากที่สุด
- ○ มีตำแหน่งทศนิยมน้อยที่สุด
- ○ ออกไปทางซ้ายของเส้นจำนวน
- ○ ออกไปทางขวาของเส้นจำนวน

จำนวนทศนิยมไม่เหมือนกับจำนวนเต็มเพราะว่า ตำแหน่งทศนิยมที่มาก .....มีค่ามากกว่า

- ○ ไม่ได้หมายความว่า
- ○ หมายความว่า

ข้อความ

นักเรียนทำได้ถูกต้อง

ย้อนกลับ **ถัดไป**

เสร็จแล้ว

Tsovaltzi et al. (2012: 199) ได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับนักเรียนเกรด 6 ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การปฏิบัติของนักเรียนในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีขั้นตอนดังนี้

1) ตรวจสอบหาข้อผิดพลาด ในตัวอย่างจะมีรายละเอียดของการแก้ปัญหาอย่างมีลำดับขั้นตอน โดยในขั้นตอนใดขั้นหนึ่ง หรือหลายขั้นตอนอาจมีการแก้ไขไม่ถูกต้อง ให้นักเรียนเลือกขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ไม่ถูกต้อง

2) แก้ไขข้อผิดพลาด เป็นขั้นที่นักเรียนแก้ไขส่วนหรือขั้นตอนของคำตอบที่ไม่ถูกต้อง

ตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องที่ Tsovaltzi et al. (2012) ใช้ในการจัดการเรียนการสอนนักเรียนเกรด 6 ในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน

สถานการณ์ปัญหา: มีนักเรียน 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มได้รับพิซซ่า 1 ถาด กลุ่มแรกมีสมาชิก 3 คน เป็นผู้หญิง 2 คน ส่วนกลุ่มที่ 2 มีสมาชิก 5 คน เป็นผู้หญิง 4 คน พิซซ่าถูกแบ่งเท่า ๆ กันในแต่ละกลุ่ม Karl พยายามคำนวณหาจำนวนชิ้นพิซซ่าที่ผู้หญิงทั้ง 2 กลุ่มได้รับ ผลการคำนวณพบว่า ผู้หญิงได้รับพิซซ่า 3/4 ชิ้นของจำนวนชิ้นทั้งหมด ซึ่งไม่ถูกต้อง ให้นักเรียนหาข้อผิดพลาดในการคำนวณของ Karl โดยเลือกขั้นตอนการคำนวณที่ผิด จากนั้นทำการแก้ไขให้ถูกต้อง
1) การตรวจสอบหาข้อผิดพลาด: หาข้อผิดพลาดในการคำนวณของ Karl จงเลือกขั้นตอนการคำนวณที่ผิด ○ ขั้นตอนที่ 1 $\frac{2}{3}+\frac{4}{5}=$ ○ ขั้นตอนที่ 2 $\frac{2+4}{3+5}=$ ○ ขั้นตอนที่ 3 $\frac{6}{8}$ ○ ขั้นตอนที่ 4 $\frac{3}{4}$
2) แก้ไขข้อผิดพลาด ~~ขั้นตอนที่ 1~~ ~~$\frac{2}{3}\times\frac{4}{5}$~~ ขั้นตอนที่ 1 $\frac{2+4}{3+5}=$ ขั้นตอนที่ 2 $\frac{6}{8}$ ขั้นตอนที่ 3 $\frac{3}{4}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Yerushalmi et al. (2013: 466) ได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับนักเรียนเกรด 12 ผ่านระบบออนไลน์ การปฏิบัติงานของนักเรียนในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีขั้นตอนดังนี้

1) ตัดสิน ให้นักเรียนไฮไลท์คำอธิบายของบุคคลในสถานการณ์ในส่วนที่นักเรียนเห็นด้วย และตัดสินว่า คำอธิบายของบุคคลในสถานการณ์นั้นถูกต้องหรือไม่ถูกต้องอย่างไร (มีตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบ)

2) วินิจฉัย ให้นักเรียนบันทึกและวางคำอธิบายของบุคคลในสถานการณ์ในส่วนที่ผิดพลาด จากนั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ที่บุคคลในสถานการณ์นำไปใช้ไม่ถูกต้อง และความเข้าใจของบุคคลในสถานการณ์ที่แตกต่างจากมุมมองที่ยอมรับโดยวิทยาศาสตร์

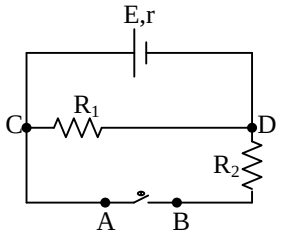
3) สะท้อน ระบบออนไลน์จะให้ผลการวินิจฉัยของครูเกี่ยวกับข้อผิดพลาดของบุคคลในสถานการณ์ ตามผลการวินิจฉัยของครู ให้นักเรียนบันทึกหลักการหรือมโนทัศน์ที่บุคคลในสถานการณ์ได้ทำผิดพลาดวางในช่องว่าง จากนั้นให้นักเรียนอธิบายคำอธิบายของบุคคลในสถานการณ์ในส่วนที่แตกต่างจากมุมมองที่ยอมรับโดยวิทยาศาสตร์

4) เปรียบเทียบ ให้นักเรียนทำการตรวจสอบว่าการวินิจฉัยของครูเกี่ยวกับข้อผิดพลาดของบุคคลในสถานการณ์น่าเชื่อถือได้หรือไม่ จากนั้นเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยของครูกับผลการวินิจฉัยของนักเรียนเอง

ตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องที่ Yerushalmi et al. (2013) ใช้ในการจัดการเรียนการสอนทางออนไลน์สำหรับนักเรียนเกรด 12 ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า

ระวัง ! อุปสรรคข้างหน้า

1. ตัดสิน



แหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่มีความต้านทาน r ถูกเชื่อมต่อเป็นวงจรไฟฟ้ากับตัวต้านทาน 2 ตัว (R_1 และ R_2) และสวิทช์ S ดังแสดงรูป ถ้าหากว่ามีใครคนหนึ่งเปิดสวิทช์ เหตุการณ์ใดจะเกิดขึ้น

Danny ได้อธิบายว่า “หลังจากการเปิดสวิทช์ จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านระหว่างจุด A และ B ตามกฎของโอห์ม ถ้ากระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับศูนย์ ความต่างศักย์ระหว่างจุด A และ B ก็มีค่าเท่ากับศูนย์เช่นเดียวกัน”

นักเรียนคิดอย่างไรเกี่ยวกับคำอธิบายของ Danny

- o ถูกต้อง
- o ดูเหมือนสมเหตุสมผล แต่ไม่แน่ใจ
- o ไม่แน่ใจ

- o ดูเหมือนไม่สมเหตุสมผล แต่ไม่แน่ใจ
- o ไม่ถูกต้อง

2. วินิจฉัย

คำอธิบายของ Danny อาจมีข้อผิดพลาด จงคัดลอกคำอธิบายของ Danny ในส่วนที่นักเรียนคิดว่ามีความผิดพลาดวางลงในช่องว่าง

อธิบายหลักการหรือมโนทัศน์ที่ Danny นำมาใช้ไม่ถูกต้อง และอธิบายความเข้าใจของ Danny ที่แตกต่างจากมุมมองที่ยอมรับโดยวิทยาศาสตร์

3. สะท้อน การวินิจฉัยของครูเกี่ยวกับข้อผิดพลาดของ Danny

ข้อผิดพลาดของ Danny คือการใช้กฎของโอห์มอธิบายสถานการณ์ไม่ถูกต้อง กฎของโอห์มได้ระบุไว้ว่า กระแสไฟฟ้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต่างศักย์ที่มีในตัวนำไฟฟ้า

ถูกต้องแล้วเมื่อมีการเปิดสวิตช์กระแสไฟฟ้าระหว่างจุด A และ B มีค่าเท่ากับศูนย์ แต่ในส่วนคำอธิบายที่ว่า เมื่อกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับศูนย์ ความต่างศักย์จะมีค่าเท่ากับศูนย์เช่นเดียวกัน ไม่ถูกต้องเสมอไป ในความเป็นจริงเป็นไปได้ที่จะมีความต่างศักย์ระหว่างสองจุดตัดขาดจากกัน แม้แต่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านระหว่างสองจุดนั้นก็ตาม คือ จุดที่ไม่ได้เชื่อต่อกันด้วยตัวนำไฟฟ้า

ตามการวินิจฉัยของครู หลักการ หรือมโนทัศน์ใดที่ Danny นำมาใช้ไม่ถูกต้อง คือ

ตามการวินิจฉัยของครู ความผิดพลาดของ Danny ขัดแย้งกับมุมมองที่ยอมรับโดยวิทยาศาสตร์อย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. เปรียบเทียบ

ผลการวินิจฉัยของครูและนักเรียนเกี่ยวกับการอธิบายมโนทัศน์หรือหลักการที่ Danny นำมาใช้ไม่ถูกต้อง และขัดแย้งกับมุมมองที่ยอมรับโดยวิทยาศาสตร์

ผลการวินิจฉัยของครู	ผลการวินิจฉัยของนักเรียน
มโนทัศน์หรือหลักการที่ Danny ใช้ไม่ถูกต้อง คือ กฎของโอห์ม ข้อผิดพลาดของ Danny แสดงให้เห็นความแตกต่างหรือขัดแย้งกับมุมมองที่ยอมรับ	การวินิจฉัยของนักเรียน

โดยวิทยาศาสตร์อย่างไร ตามกฎของโอห์มระบุว่ากระแสไฟฟ้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความต่างศักย์ที่มีในตัวนำไฟฟ้าถูกต้องแล้ว เวลาที่สวิทช์ถูกเปิด กระแสไฟฟ้าระหว่างจุด A และ B มีค่าเท่ากับศูนย์ แต่ในคำอธิบายที่ว่า เมื่อกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับศูนย์ ความต่างศักย์จะมีค่าเท่ากับศูนย์เช่นกัน ไม่ถูกเสมอไป ในความเป็นจริงเป็นไปได้ที่จะมีความต่างศักย์ระหว่างสองจุดที่ตัดขาดจากกัน แม้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านระหว่างสองจุดนั้นก็ตาม คือ จุดที่ไม่ได้เชื่อต่อกันด้วยตัวนำไฟฟ้า	

นักเรียนมั่นใจในการวินิจฉัยของครูเกี่ยวกับข้อผิดพลาดของ Danny หรือไม่?	ให้รายละเอียด
o ใช่ นี่เป็นวิธีที่ฉันอธิบาย	
o ใช่ แต่คำอธิบายของฉันไม่ชัดเจน	ฉันไม่ได้พูดถึงมโนทัศน์หรือหลักการที่ Danny นำมาใช้ไม่ถูกต้อง ฉันไม่ได้ระบุว่าความเข้าใจของ Danny แตกต่างจากมุมมองที่ยอมรับโดยวิทยาศาสตร์อย่างไร
o ใช่ คำอธิบายของฉันคือ	ความผิดพลาดของฉันคือ
o ไม่ใช่ การวินิจฉัยของครูไม่ถูกต้อง การอธิบายของฉันถูกต้อง	การวินิจฉัยของครูไม่ถูกต้องเพราะ
o ฉันยังกังวลอยู่	ฉันกังวลเกี่ยวกับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Yerushalmi (2014: 1346) ได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ เรื่อง วงจรไฟฟ้าโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับนักเรียนเกรด 6 การปฏิบัติของนักเรียนในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีขั้นตอนดังนี้

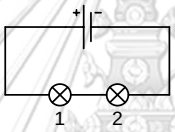
1) ระบุข้อผิดพลาด

2) อธิบายข้อผิดพลาด

3) แก้ไขข้อผิดพลาด

4) อภิปรายหน้าชั้นเรียน

ตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องที่ Yerushalmi (2014: 1350) ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง วงจรไฟฟ้า

<table>
<tr>
<td>ปัญหา: วงจรนี้มีหลอดไฟเหมือนกัน 2 หลอด สมมติว่า นักเรียนมีเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูงในการจับเวลาที่หลอดไฟทั้งสองสว่างขึ้นหลังจากปิดวงจร นักเรียนคิดว่าหลอดไฟดวงไหนจะสว่างก่อน
 

ก. หลอดไฟที่ 1
ข. หลอดไฟที่ 2
ค. หลอดไฟทั้งสองสว่างพร้อมกัน
จงอธิบายคำตอบของนักเรียน
Sammy อธิบายว่า เมื่อปิดวงจรไฟฟ้า หลอดไฟที่ 1 ซึ่งในวงจรเข้าใกล้กับขั้วบวกของแบตเตอรี่จะสว่างก่อน เนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจึงผ่านหลอดไฟที่ 1 ก่อนหลอดไฟที่ 2
จงขีดเส้นใต้คำตอบของ Sammy ในส่วนที่ผิดพลาด พร้อมอธิบายสาเหตุของการเกิดความผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดเหล่านั้นให้ถูกต้อง</td>
<td>ก. ระบุข้อผิดพลาด ขีดเส้นใต้คำตอบของ Sammy ในส่วนที่ไม่ถูกต้อง
เมื่อปิดวงจรไฟฟ้า หลอดไฟที่ 1 ซึ่งในวงจรเข้าใกล้กับขั้วบวกของแบตเตอรี่<u>จะสว่างก่อน</u> เพราะว่ากระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ <u>ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจึงผ่านหลอดไฟที่ 1 ก่อนหลอดไฟที่ 2</u>
ข. อธิบายข้อผิดพลาด
Sammy คิดว่ากระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วบวกของแบตเตอรี่ และไหลผ่านจุดต่าง ๆ ที่มีในวงจรตามลำดับไปยังขั้วลบของแบตเตอรี่ แต่แบตเตอรี่ต่างหากที่ "ผลักดัน" อิเล็กตรอนที่มีอยู่แล้วในสายไฟให้เริ่มเคลื่อนไปพร้อมกันทั่ววงจร ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจึงเกิดขึ้นพร้อมกันทุกจุดในวงจร
ค. แก้ไขข้อผิดพลาด
หลอดไฟทั้งสองจะสว่างในเวลาเดียวกัน เพราะว่ากระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นพร้อมกันทุกจุดในวงจร</td>
</tr>
</table>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Adams et al. (2014: 404) ได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยม โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับนักเรียนเกรด 6 และ 7 ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การปฏิบัติของนักเรียนในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีขั้นตอนดังนี้

1) ระบุข้อผิดพลาด ให้นักเรียนอ่านรายละเอียดการแก้ปัญหาของบุคคลในสถานการณ์คนหนึ่งที่ครูสร้างขึ้นมา เพื่อตรวจสอบว่าบุคคลในสถานการณ์ได้ทำผิดพลาดในส่วนใดบ้าง แล้วทำการระบุส่วนที่บุคคลในสถานการณ์ได้ทำผิดพลาด

2) อธิบายข้อผิดพลาด เป็นการอธิบายสาเหตุที่ทำให้บุคคลในสถานการณ์แก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

3) แก้ไขความผิดพลาด ให้นักเรียนแก้ไขในส่วนที่บุคคลในสถานการณ์ทำไม่ถูกต้องให้ถูกต้อง

4) ยืนยันการแก้ไขที่ถูกต้อง เป็นการอธิบายเหตุผลว่าทำไมคำตอบใหม่จึงถูกต้อง

5) อธิบายการแก้ไขที่ถูกต้อง ให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง

จากการศึกษาขั้นตอนการปฏิบัติของนักเรียนในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องจากงานวิจัยจำนวน 6 เรื่องแล้ว พบว่า ส่วนใหญ่มีขั้นตอนการปฏิบัติสอดคล้องกันได้แก่ การระบุข้อผิดพลาด การอธิบายข้อผิดพลาด และการแก้ไขข้อผิดพลาด ในส่วนที่มีการปฏิบัติแตกต่างกันได้แก่ การเปรียบเทียบ (Yerushalmi et al., 2013) และการอภิปรายหน้าชั้นเรียน (Yerushalmi, 2014) ทั้งนี้สามารถสรุปขั้นตอนการปฏิบัติของนักเรียนในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องได้ดังนี้

1) ระบุข้อผิดพลาด ตรวจสอบหาข้อผิดพลาดที่มีในคำตอบ

2) อธิบายข้อผิดพลาด อธิบายสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการตอบ

3) แก้ไขข้อผิดพลาด แก้ไขคำตอบในส่วนที่มีข้อผิดพลาดให้ถูกต้อง

4) อภิปรายหน้าชั้นเรียน นำผลงานการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องนำเสนอหน้าชั้นเรียน และร่วมกันอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบให้ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ในปัจจุบันควรมีเป้าหมายในการฝึกให้นักเรียนเป็นนักแก้ปัญหาที่ดี เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง จนเกิดความรู้ความเข้าใจ หาสาเหตุของปัญหา และวิธีการแก้ไข เพื่อให้เกิดทักษะในการตัดสินใจ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ (เสฏวุฒิ มุลอามาตย์, 2549 อ้างถึงใน สิริเกศ หมัดเจริญ, 2554: 95)

Hestenes (1987: 8-12) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์ให้แก่นักเรียน มีขั้นตอนการสอน 4 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นอธิบายปัญหา (Description stage) เป็นการอธิบายและบรรยายลักษณะสำคัญของโจทย์ปัญหาซึ่งมี 3 ประการ คือ บรรยายโจทย์ปัญหาแทนด้วยรูปของวัตถุ บรรยายลักษณะ

การเคลื่อนที่ของวัตถุ และเขียนแผนภาพแสดงแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาที่กระทำซึ่งกันและกัน รวมถึงเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ

2) ขั้นวางแผนกำหนดสูตรที่ใช้ (Formulation stage) เป็นการนำกฎ สูตร และ/หรือสมการต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น สมการการเคลื่อนในแนวเส้นตรง สมการการเคลื่อนที่แบบหมุนมาใช้เพื่อนำไปสู่การคำนวณหาคำตอบที่โจทย์ต้องการทราบ

3) ขั้นขยาย (Ramification stage) เป็นการใช้สูตรทางฟิสิกส์ และการแก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้บรรลุคำตอบเป้าหมาย

4) ขั้นตรวจสอบความถูกต้อง (Validation stage) เป็นการประเมินและตรวจสอบความเป็นไปได้และความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

Heller et al. (1992: 628-629) ได้เสนอขั้นตอนของการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 5 ขั้นตอนเพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์

1) ขั้นมองสภาพปัญหา (Visualize the problem) เป็นการแปลความหมายจากสถานการณ์โจทย์ปัญหาให้เป็นคำพูดหรือถ้อยคำที่เข้าใจง่าย ประกอบด้วย การวาดภาพร่างแทนสถานการณ์ปัญหา การระบุตัวแปรที่ทราบค่าและตัวแปรที่ไม่ทราบค่า การตั้งคำถามใหม่ที่เข้าใจง่าย การกำหนดวิธีการ มโนทัศน์ หรือหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา

2) ขั้นอธิบายเชิงฟิสิกส์ (Physics description) เป็นการใช้ความเข้าใจด้านมโนทัศน์ และหลักการทางฟิสิกส์ เพื่อวิเคราะห์ และแสดงสถานการณ์โจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปของฟิสิกส์ ประกอบด้วย การวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ การระบุตัวแปรในรูปสัญลักษณ์ และการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ทราบค่าและตัวแปรที่ไม่ทราบค่าในรูปของสัญลักษณ์

3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan a solution) เป็นการแปลจากคำอธิบายเชิงฟิสิกส์เป็นสัญลักษณ์หรือตัวแทนทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม และพิจารณาว่าในการแก้ปัญหานี้มีข้อมูลเพียงพอหรือยัง ประกอบด้วย การระบุมโนทัศน์ หรือหลักการทางฟิสิกส์ในรูปของสมการ (เช่น $\vec{a}_x = \Delta\vec{v}_x / \Delta t$, $\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x$) การประยุกต์ใช้หลักการกับสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจง (เช่น $N_1 - W_1 \cos\theta = m_1 a_{1x}$, $W_1 = m_1 g$) การเพิ่มสมการเงื่อนไขเฉพาะบางอย่างที่กำหนดให้ในโจทย์ปัญหา (เช่น $a_1 = a_2$)

4) ขั้นดำเนินการตามแผน (Execute the plan) เป็นการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย การแก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อทำให้ตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอยู่ด้านหนึ่งของสมการและตัวแปรที่ทราบค่าอยู่อีกด้านหนึ่งของสมการ จากนั้นแทนค่าตัวแปรที่ทราบค่าลงในสมการสุดท้ายและแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) ขั้นตรวจสอบและประเมิน (Check and evaluation) เป็นการประเมินความเหมาะสมในคำตอบของตนเองว่า สัญลักษณ์ ตัวเลข และหน่วยมีความถูกต้องหรือยัง ประกอบด้วย การตรวจความสมบูรณ์ของการแก้ปัญหา การตรวจความถูกต้องของคำตอบและหน่วย และการประเมินความเหมาะสมของค่าคำตอบ

Chekuri (1996: 45-51) ได้พัฒนากลยุทธ์การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ มีขั้นตอนการดำเนินการ 6 ขั้นตอนดังนี้

1) การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นการทำความเข้าใจข้อมูลที่มีในโจทย์ปัญหาว่า มีเงื่อนไขอะไรบ้าง กำหนดให้อะไรบ้าง และถามหาอะไรบ้าง

2) การสร้างและวางแผนแก้ปัญหา (Reconstructing the problem and planning) เป็นขั้นที่มีการสร้างภาพแทนโจทย์ปัญหา และระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ที่จำเป็น เช่น ตัวแปร ทิศทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุ ภาพองค์ประกอบของแรง และวางแผนแก้ปัญหาบนพื้นฐานหลักฐานทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง

3) การระบุวิธีการที่หลากหลาย (Identifying multiple methods) เป็นขั้นตอนที่มีการระบุกฎ หลักการ และสูตรต่าง ๆ ที่มีความเป็นไปได้เพื่อนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ เช่น กฎการอนุรักษ์พลังงาน และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม เป็นต้น

4) การคัดเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (Selecting the best method and solving) เป็นขั้นตอนที่มีการเลือกสมการที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ประกอบด้วย การระบุสมการที่นำมาใช้ และการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ

5) การตรวจสอบคำตอบ (Checking the results) เป็นขั้นของการตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบ หน่วยของปริมาณทางฟิสิกส์ โดยอาจทำการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์เชิงมิติ หรือวิธีการด้านพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) การอธิบายคำตอบ (Results interpretation) เป็นขั้นที่มีความสำคัญ ซึ่งเป็นการให้ความหมายของคำตอบที่ได้จากการคำนวณในรูปของการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับหลักการทางฟิสิกส์

Huffman (1997: 555) ได้ทำการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาในหนังสือแบบเรียน และกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดเจน

กลยุทธ์การแก้ปัญหาในหนังสือแบบเรียน มีขั้นตอนการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอนดังนี้

1) การวาดภาพร่าง (Draw a sketch) เป็นการวาดภาพแสดงให้เห็นองค์ประกอบทุกอย่างที่มีความสัมพันธ์กับวัตถุ

2) การกำหนดปริมาณที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า (Define known and unknown quantities) เป็นการกำหนดตัวแปรด้วยการระบุปริมาณที่ทราบค่า และปริมาณที่ไม่ทราบค่าที่มีในสถานการณ์ปัญหา

3) การคัดเลือกสมการ (Select equations) เป็นการสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงให้เห็นความเกี่ยวข้องกันระหว่างปริมาณที่ทราบค่ากับปริมาณที่ไม่ทราบค่า

4) การแก้สมการ (Solve equations) เป็นการแทนค่าที่กำหนดให้ในสถานการณ์ปัญหาในความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ และทำการแก้ไขเพื่อให้ได้ปริมาณที่ไม่ทราบค่า

5) การตรวจสอบคำตอบ (Check the answer) เป็นการนำค่าคำตอบที่ได้ไปแทนในสมการแตกต่างจากเดิมเพื่อยืนยันความถูกต้องของคำตอบ

กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดเจน มีขั้นตอนในการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอนดังนี้

1) การเน้นที่ปัญหา (Focus the problem) เป็นการแปลจากคำอธิบายสถานการณ์ปัญหาให้เป็นภาพแทนสถานการณ์ปัญหา ประกอบด้วย การวาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหา การระบุข้อมูลสำคัญที่มีให้ปัญหา ตั้งคำถามง่าย ๆ เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ และกำหนดวิธีการทั่วไปที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

2) การอธิบายเชิงฟิสิกส์ (Describe the physics) เป็นการแปลจากภาพแทนสถานการณ์ปัญหาเป็นคำอธิบายเชิงฟิสิกส์ที่เข้าใจง่าย ประกอบด้วย การวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ การกำหนดตัวแปรที่ทราบค่า และตัวแปรที่ไม่ทราบค่า และการเลือกความสัมพันธ์เชิงปริมาณ

3) การวางแผนแก้ปัญหา (Plan the solution) เป็นการแปลจากคำอธิบายเชิงฟิสิกส์เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่เฉพาะเจาะจงเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ที่เฉพาะเจาะจง การตรวจสอบความสมบูรณ์ของสมการ และการอธิบายแนวทางการแก้สมการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) การดำเนินการตามแผน (Execute the plan) เป็นการดำเนินการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ทำอย่างไรเพื่อให้ตัวแปรที่ไม่ทราบค่าอยู่ด้านหนึ่ง และตัวแปรที่ทราบค่าอยู่อีกด้านหนึ่งของสมการ จากนั้นแทนค่าแล้วแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์

5) การประเมินการแก้ปัญหา (Evaluate the solution) เป็นการตรวจสอบความเหมาะสมและความครบถ้วนของรายละเอียดการแก้ปัญหา

Çalışkan, Selçuk, and Erol (2012: 25) ได้สังเคราะห์กลยุทธ์การแก้ปัญหา UQAPAC (UQAPAC problem solving strategy) มีขั้นตอนในการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอนดังนี้

1) การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นการอ่านปัญหาอย่างละเอียดรอบขอบ แก้ไขหรือเขียนปัญหาด้วยคำพูดของตนเอง ระบุตัวแปรที่ทราบค่าและตัวแปรที่ไม่

ทราบค่าในปัญหาพร้อมหน่วย แสดงสภาพปัญหาด้วยการวาดภาพ diagrams กำหนดสมบัติของปริมาณเสกลาร์ และปริมาณเวกเตอร์ของตัวแปรที่ทราบค่าและตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

2) การวิเคราะห์ปัญหาเชิงคุณภาพ (Qualitative analyzing of the problem) เป็นการกำหนดมโนทัศน์หลักของปัญหาทางฟิสิกส์ การกำหนดวิธีการแก้ปัญหาทั่วไป และการแสดงกฎพื้นฐานหรือกฎที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3) การวางแผนแก้ปัญหา (Solution plan for the problem) เป็นการวางแผนอย่างไรให้บรรลุตัวแปรที่ทราบค่าและตัวแปรที่ไม่ทราบค่า เขียนสูตรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา พิจารณาว่าสูตรฟิสิกส์ที่ระบุมามีความเหมาะสมหรือยัง กำหนดสูตรสุดท้ายก่อนดำเนินการเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ตรวจสอบว่ามีตัวแปรอะไรบ้างที่ยังไม่ทราบค่าในสูตรสุดท้าย

4) การประยุกต์ใช้แผนในการแก้ปัญหา (Applying the solution plan) เป็นการนำค่าตัวแปรที่ทราบพร้อมหน่วยมาแทนในสูตร แล้วทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์อย่างรอบคอบ

5) การตรวจสอบ (Checking) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมของค่าคำตอบ ความถูกต้องของหน่วย และทบทวนความสมบูรณ์ของขั้นตอนการแก้ปัญหาทั้งหมด

จากการศึกษาขั้นตอนของการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของ Hestenes (1987) Heller et al. (1992) Chekuri (1996) Huffman (1997) และ Çalışkan et al. (2012) ข้างต้นแล้วพบว่า ขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักการศึกษาเหล่านี้ส่วนมากมีความสอดคล้องกัน จึงทำการสรุปได้ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนดังนี้

1) การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นการแปลความหมายสถานการณ์โจทย์ปัญหาเป็นภาพร่างที่เข้าใจง่ายและการระบุข้อมูลที่มีให้ในปัญหา เช่น การวาดภาพแทนสถานการณ์ การระบุปริมาณที่ทราบค่า ปริมาณที่ไม่ทราบค่า และเงื่อนไขต่าง ๆ พร้อมตั้งคำถามง่าย ๆ เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) การอธิบายเชิงฟิสิกส์ (Physics description) เป็นการแปลจากภาพแทนสถานการณ์ปัญหาเป็นการอธิบายเชิงฟิสิกส์ที่เข้าใจง่าย ประกอบด้วย การวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ การระบุปริมาณที่ทราบค่าและปริมาณที่ไม่ทราบค่าในรูปของสัญลักษณ์ และการแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไป

3) การวางแผนแก้ปัญหา (Solution plan) เป็นการแปลความจากคำอธิบายเชิงฟิสิกส์เป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณที่ทราบค่ากับปริมาณที่ไม่ทราบค่า และพิจารณาว่าในความสัมพันธ์นั้นมีข้อมูลเพียงพอหรือยัง

4) การดำเนินการตามแผน (Execution the plan) เป็นการกำหนดสูตรหรือสมการสุดท้ายด้วยการแสดงขั้นตอนการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ทำอย่างไรให้ปริมาณที่ไม่ทราบค่าอยู่ด้านหนึ่ง

ของสมการ และปริมาณที่ทราบค่าอยู่อีกด้านหนึ่งของสมการ จากนั้นนำค่าปริมาณที่ทราบแทนลงไปในสูตรหรือสมการสุดท้าย แล้วแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์

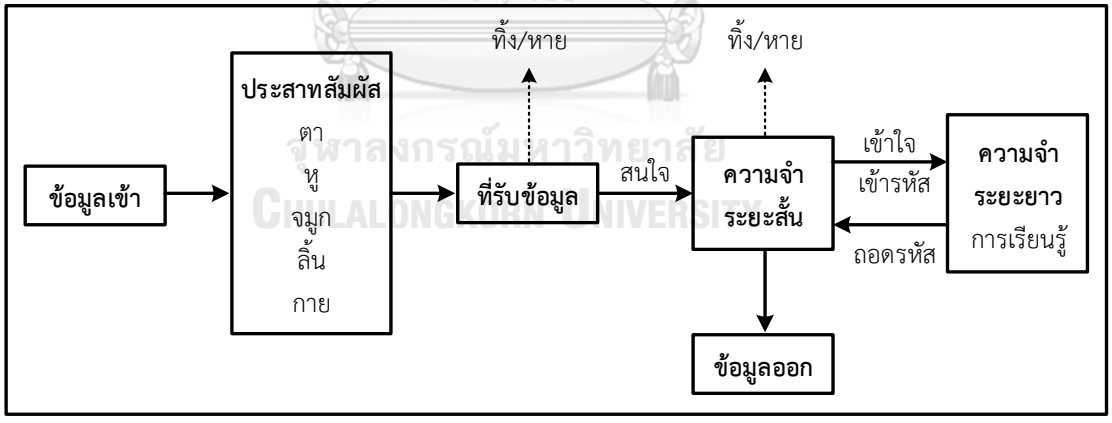
5) การตรวจสอบและการประเมิน (Checking and evaluation) เป็นการตรวจสอบรายละเอียดของการแก้ปัญหาเพื่อให้มั่นใจว่า สัญลักษณ์ ตัวเลข และหน่วยมีความถูกต้อง และสมบูรณ์ พร้อมประเมินความเหมาะสมของค่าคำตอบ

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีกระบวนการประมวนข้อมูล (Information processing theory) และทฤษฎีภาระทางปัญญา (Cognitive load theory)

3.1 ทฤษฎีกระบวนการประมวลข้อมูล (Information processing theory)

ชนาธิป พรกุล (2554: 64-70) ทฤษฎีกระบวนการประมวลข้อมูล เป็นทฤษฎีที่อยู่ในกลุ่มพุทธินิยม (Cognitivism) ที่สนใจศึกษาวิธีเรียนรู้ และวิธีคิดของมนุษย์ หรือการทำงานของสมอง นักพุทธินิยม Klausmeier (1985) อธิบายว่า การทำงานของสมองเหมือนกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการนำข้อมูลเข้า (input) การประมวลผล (processing) การเข้ารหัส (encoding) การจัดเก็บข้อมูล (storage system) และการนำข้อมูลออก (output)



แผนภาพที่ 1 การทำงานของสมองตามทฤษฎีกระบวนการประมวลข้อมูล (ชนาธิป พรกุล, 2554)

กระบวนการประมวลข้อมูลใช้ในการคิดได้ทุกประเภท ผู้เรียนใช้กระบวนการนี้ในการเรียนรู้ข้อเท็จจริง หรือทักษะใหม่ในชั้นเรียน ส่วนครูที่มีความเข้าใจกระบวนการประมวลข้อมูลจะสามารถช่วยผู้เรียนในการรับข้อมูล และจดจำข้อมูล ครูจะมีวิธีทำให้ผู้เรียนมีความสนใจ โดยเลือกเสนอข้อมูลใหม่เฉพาะที่สำคัญ เพื่อให้ข้อมูลนั้นเข้าไปอยู่ในหน่วยความจำระยะสั้น เวลานำเสนอข้อมูลใหม่จะให้เวลาผู้เรียนเพียงพอเพื่อสมองจัดการนำข้อมูลเข้าไปหน่วยความจำระยะยาวก่อนที่จะเสนอข้อมูลชิ้น

ต่อไป และเมื่อต้องการถามคำถาม ในคำถามของครูควรมีคำชี้แนะที่เหมาะสม ซึ่งเป็นตัวช่วยให้ผู้เรียนสามารถระลึก หรือดึงข้อมูลออกจากหน่วยความจำระยะยาวได้ง่ายขึ้น และเพื่อให้ครูสามารถเลือกวิธีสอนที่เหมาะสมกับการประมวลข้อมูล จึงได้เสนอข้อค้นพบของนักพุทธินิยมในเรื่องความสนใจ หน่วยความจำระยะสั้น หน่วยความจำระยะยาว และกระบวนการจำเพื่อประกอบการตัดสินใจ ดังนี้

1) ความสนใจ (attention) การทำให้ผู้เรียนสนใจบทเรียนได้นาน หรือตลอดเวลา ผู้สอนควรทราบเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความสนใจดังนี้

1.1) ประสบการณ์หรือกิจกรรมการเรียนรู้ควรที่พึงพอใจของผู้เรียน ผู้เรียนจะสนใจเรียนวิชาที่เคยมีประสบการณ์เรียนแล้วรู้เรื่อง สนุกสนาน ถ้าครูต้องสอนวิชาที่ผู้เรียนมีประสบการณ์ทางลบมาก่อน กิจกรรมที่ครูจะให้ทำต้องเป็นกิจกรรมที่น่าสนใจ และคาดว่าผู้เรียนจะพอใจ

1.2) บทเรียนควรตระหนักความสนใจ และความต้องการของผู้เรียน ผู้เรียนจะให้ความสนใจกับบทเรียนที่ต้องการรู้ หรือต้องการทำให้เป็น

1.3) การดึงความสนใจและให้ความสนใจอยู่ได้นาน ครูต้องใช้ช่องทางรับข้อมูลหลาย ๆ ทาง รวมทั้งมีการเคลื่อนไหวร่างกาย เช่น ให้ผู้เรียนฟัง พูด อ่าน ปฏิบัติ เป็นต้น หลีกเลี่ยงการให้ผู้เรียนทำกิจกรรมซ้ำ ๆ บ่อย ๆ

1.4) ความสามารถในการให้ความสนใจของผู้เรียนมีความแตกต่างกัน เด็กเล็กหรือผู้เรียนที่มีสมาธิสั้นจะมีระยะเวลาสนใจสั้นกว่าเด็กโตหรือปกติ

1.5) เมื่อผู้เรียนมีความตื่นตัว การคงความสนใจจะทำได้ง่าย ดังนั้นวิชาที่ต้องการสมาธิหรือความสนใจจึงจัดไว้ในตอนเช้า และจัดวิชาศิลปะ ดนตรี และพลศึกษาไว้ตอนบ่าย

1.6) ครูต้องหาทางกำจัดสิ่งที่เข้ามารบกวนความสนใจของผู้เรียน

1.7) ในแต่ละชั่วโมงผู้เรียนสามารถให้ความสนใจข้อมูลได้เพียงจำนวนหนึ่ง การให้ข้อมูลที่มากเกินไปจะทำให้ผู้เรียนสับสน และไม่รับรู้อะไรเลย

2) หน่วยความจำระยะสั้น (short-term memory)

2.1) ความสามารถในการรับข้อมูลของหน่วยความจำระยะสั้นมีความจำกัดมาก เด็กโตสามารถรับข้อมูลใหม่แต่ละครั้งประมาณ 5-9 หน่วย ในขณะที่เด็กเล็กได้เพียง 3-5 หน่วยเท่านั้น

2.2) ถ้าให้หน่วยความจำระยะสั้นรับข้อมูลมากขึ้น จำเป็นต้องจัดระบบ หรือระเบียบของข้อมูล และทำการเชื่อโยงข้อมูลใหม่กับข้อมูลที่เคยรู้จักมาก่อน

2.3) การป้องกันไม่ให้ลืมข้อมูลใหม่ และการทำให้ข้อมูลใหม่เข้าไปอยู่ในหน่วยความจำระยะยาวมักใช้วิธีฝึกบ่อย ๆ หรือคิดเกี่ยวกับข้อมูลนั้น ได้แก่ การท่องจำ การนึกถึงข้อความทุกชั่วโมงดีกว่าการท่องข้อความนั้น ๆ 10 ครั้งติดต่อกัน

3) หน่วยความจำระยะยาว (long-term memory)

3.1) ความสามารถของหน่วยความจำระยะยาวมีไม่จำกัด จึงรับข้อมูลใหม่ได้ตลอดเวลา

3.2) เราสามารถดึงข้อมูลออกจากหน่วยความจำระยะยาวได้ดีที่สุดเมื่อข้อมูลนั้นถูกเชื่อมโยงกับสิ่งทีเรารู้จัก

3.3) เมื่อเรารับข้อมูลใหม่เข้ามาในหน่วยความจำระยะสั้น เราจะทำการเชื่อมโยงข้อมูลนั้นกับข้อมูลที่เรามีในหน่วยความจำระยะยาว

4) กระบวนการจำ (memory process)

4.1) ข้อมูลในหน่วยความจำระยะสั้นจะสูญหายเมื่อข้อมูลมีปริมาณมากเกินไป หรือเวลาผ่านไปนานแล้ว

4.2) เมื่อข้อมูลในหน่วยความจำระยะสั้นเกิดการสูญหาย ไม่สามารถเรียกคืนมาได้ จำเป็นต้องเรียนใหม่ แต่ถ้าข้อมูลในหน่วยความจำระยะยาวหายไป เราสามารถเรียกคืนมาได้ เมื่อใช้วิธีการที่ถูกต้อง

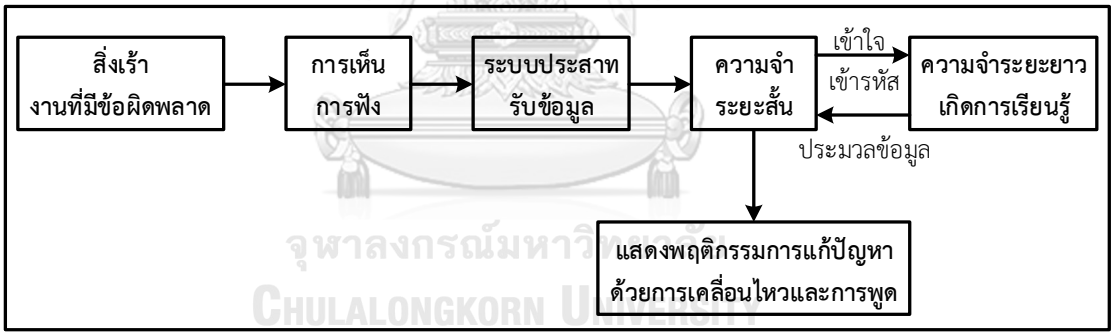
4.3) การเรียกข้อมูลจากหน่วยความจำระยะยาวประสบความสำเร็จ เมื่อการเรียนครั้งแรกข้อมูลถูกเชื่อมกับประสบการณ์เดิม และถูกจัดเก็บเป็นระเบียบ

ตารางที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีกระบวนการประมวลข้อมูล

หลักการสำคัญ	**การเรียนการสอน**
ผู้เรียนเป็นผู้ทำกระบวนการประมวลข้อมูล	จัดให้ผู้เรียนรับข้อมูลใหม่ด้วยการฟัง การดู หรือวิธีอื่น ๆ แล้วให้ผู้เรียนตีความ แยกประเภท จัดลำดับ วิเคราะห์ แล้วเชื่อมโยงกับสิ่งที่เคยเรียนรู้
การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อข้อมูลมีความหมายกับผู้เรียน	เลือกเนื้อหาที่ผู้เรียนสนใจ หรือเคยมีความรู้พื้นฐาน เหมาะสมกับความสามารถทางปัญญา และมีสื่อประกอบ
วิธีเรียนรู้สำคัญกว่าสาระการเรียนรู้	ให้ผู้เรียนแสดงวิธีเรียนรู้หรือกระบวนการเรียนรู้และข้อความรู้
กระบวนการทางปัญญา หรือกระบวนการคิดเป็นกระบวนการที่ใช้เวลานานในการพัฒนาให้เกิดทักษะ	ต้องให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมที่ต้องใช้กระบวนการคิดบ่อย ๆ จนสามารถคิดได้รวดเร็ว
แรงจูงใจที่ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้นานเป็นแรงจูงใจที่เกิดภายในตัวผู้เรียน	หาวิธีสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และอยากค้นหา เช่น ใช้คำถามกระตุ้นทักษะการสืบสอบ
ผู้เรียนมีความสามารถในกระบวนการประมวลข้อมูลแตกต่างกันมาก	ให้ความสนใจผู้เรียนเป็นรายบุคคล เพื่อวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้น่าสนใจ มีความหลากหลาย เช่น พูดให้ฟัง เขียนให้ดู ใช้สื่อประกอบ ใช้คำถาม ให้ผู้เรียนแสดงบทบาทสมมติ เรียนรู้กระบวนการสืบสอบ ทำกิจกรรมกลุ่ม อภิปรายกลุ่มย่อย และเรียนรู้เนื้อหาของบทเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการจัดการเรียนการสอนก่อนที่มีการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ครูได้ดำเนินการสอนมโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องให้นักเรียนก่อน ถ้านักเรียนเกิดการเรียนรู้ในสิ่งเหล่านั้น นักเรียนเก็บความรู้เหล่านั้นไว้ในหน่วยความจำระยะยาว (long-term memory) จากนั้นเมื่อมีการนำเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ข้อมูลจะเข้าไปในระบบประสาทรับข้อมูลด้วยกระบวนการมองเห็น และกระบวนการฟัง ต่อมาระบบประสาทรับข้อมูลจะส่งข้อมูลไปในหน่วยความจำระยะสั้น (short-term memory) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหน่วยความจำขณะทำงาน (working memory) ถ้าข้อมูลในงานที่นำเสนอมีความถูกต้องและสอดคล้องกับความรู้เดิมที่มีในหน่วยความจำระยะยาว หน่วยความจำระยะสั้นจะเกิดความเข้าใจและเข้ารหัสข้อมูลที่ได้จากงานเหล่านั้นเก็บไว้ในหน่วยความจำระยะยาว แต่ถ้างานที่นำเสนอมีข้อผิดพลาดหรือไม่สอดคล้องกับความรู้เดิม จะทำให้การทำงานของหน่วยความจำระยะสั้นมีปัญหา ดังนั้นหน่วยความจำระยะสั้นจำเป็นต้องทำการประมวลข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานที่นำเสนอออกจากหน่วยความจำระยะยาว และใช้ข้อมูลเหล่านั้นเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา และแสดงออกมาด้วยพฤติกรรมการพูดหรือการเคลื่อนไหวต่าง ๆ เมื่อการแก้ปัญหาสามารถบรรลุเป้าหมายได้แสดงว่าหน่วยความจำระยะสั้นเกิดความเข้าใจ และเกิดการเรียนรู้ แล้วการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นนี้จะเข้ารหัสเก็บไว้ในหน่วยความจำระยะยาว ดังแสดงให้เห็นในแผนภาพด้านล่าง



แผนภาพที่ 2 ความสัมพันธ์โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับทฤษฎีกระบวนการประมวลข้อมูล (ดัดแปลงจากชนาธิป พรกุล, 2554)

3.2 ทฤษฎีภาระทางปัญญา (Cognitive load theory)

Sweller, Merrienboer and Paas (1998, อ้างถึงใน กอบเกียรติ สระอุบล และพัลลภ พิริยะสุรวงศ์, 2557) ภาระทางปัญญา (Cognitive load) เป็นภาระทางสมองที่เกิดขึ้นอัตโนมัติในการพยายามเรียนรู้ หรือทำความเข้าใจข้อมูลที่ได้รับ ซึ่งในกระบวนการนี้สมองจะบังคับให้ทำการเก็บข้อมูลไว้ในส่วนของหน่วยความจำขณะทำงาน ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่มีขนาดจำกัดในการเก็บจำ และการเก็บจำได้ในระยะสั้นเท่านั้นประมาณไม่เกิน 20-30 วินาที ในขณะที่สมองกำลังทำความเข้าใจ

ข้อมูลใหม่จะมีการระลึกหรือเรียกข้อมูลเก่าที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลใหม่ออกจากหน่วยความจำระยะยาว ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่มีขนาดไม่จำกัดในการเก็บจำ เพื่อเชื่อมโยงให้เกิดเป็นความรู้ความเข้าใจใหม่ หากข้อมูลที่ผู้เรียนกำลังเรียนรู้ใหม่ได้รับเข้ามาจำนวนมากเกินไปหรือไม่สัมพันธ์กับฐานข้อมูลเดิมที่มีอยู่ในหน่วยความจำระยาว ก็จะเกิดภาวะที่หนักเกินไป (Over load) หรือเกินความสามารถที่สมองจะทำความเข้าใจข้อมูลใหม่ที่ได้รับมานั้น

Sweller (2008, อ้างถึงในกอบเกียรติ สระอุบล และพัลลภ พิริยะสุรวงศ์, 2557) กล่าวว่า ลักษณะการจำข้อมูลของสมองมนุษย์ เริ่มจากเมื่อได้รับข้อมูลเข้าทางระบบประสาทรับรู้ สมองจะจัดให้ข้อมูลอยู่ในหน่วยความจำขณะทำงานก่อน จากนั้นข้อมูลดังกล่าวจะเป็นไปได้ 2 กรณี กรณีหนึ่งจะสูญหายไปซึ่งก็คือการลืม หรืออีกกรณี คือ ถ้าหากมีการจัดการอย่างเหมาะสม ข้อมูลนั้นก็จะถูกส่งผ่านเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำระยะยาว ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่มีขนาดไม่จำกัดในการเก็บจำ สามารถเก็บข้อมูลได้มากกว่าและเก็บได้เป็นระยะเวลานานกว่าหน่วยความจำขณะงานมาก เมื่อข้อมูลได้ส่งไปอยู่ในหน่วยความจำระยะยาวแล้ว จะทำให้เกิดการจำ ถ้าลืมก็สามารถระลึกเรียกมาได้ ภาระทางปัญญาจำแนกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1) ภาระทางปัญญาภายใน (Intrinsic cognitive load) เป็นภาระที่เกิดจากความซับซ้อนและจำนวนข้อมูลที่มีในโครงสร้างของเนื้อหา โดยไม่คำนึงถึงขั้นตอนของวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ ถ้าเนื้อหามีความยาก ซับซ้อน หรือมีจำนวนข้อมูลมาก ก็จะเกิดภาระทางปัญญามากตามไปด้วย

2) ภาระทางปัญญาภายนอก (Extraneous cognitive load) เป็นภาระที่เกิดจากลักษณะสื่อรูปแบบการนำเสนอ และ/หรือลักษณะของกิจกรรมที่นักเรียนมีส่วนร่วม ถ้าสื่อ รูปแบบการนำเสนอและ/หรือกิจกรรมมีการออกแบบไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดภาระทางปัญญา

3) ภาระทางปัญญาอัตโนมัติ (Germane cognitive load) เป็นภาระที่เกิดจากกระบวนการอัตโนมัติที่สมองจะพยายามทำความเข้าใจสื่อข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ เช่นการอธิบายกรณีตัวอย่าง หรือเนื้อหาต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาระทางปัญญา เป็นภาระที่เกิดจากการรวมกันระหว่างภาระทางปัญญาภายใน ภาระทางปัญญาภายนอก และภาระทางปัญญาอัตโนมัติ โดยนักวิจัยเชื่อว่า ภาระทางปัญญาภายในไม่สามารถลดลงได้ แต่การออกแบบสื่อรวมไปถึงวิธีการนำเสนอ สามารถลดภาระทางปัญญาภายนอก และภาระทางปัญญาอัตโนมัติได้ เมื่อมีการออกแบบสื่อได้เหมาะสม และมีรูปแบบการนำเสนอที่ดี เช่น การแบ่งขั้นตอนได้ชัดเจนเป็นขั้น ๆ การนำเสนอไม่เร็วเกินไป จะทำให้ภาระทางปัญญาลดลง สมองสามารถใช้หน่วยความจำขณะทำงานส่วนที่เหลือไปช่วยในการเรียนรู้ส่วนอื่น ๆ ต่อไป ก็จะทำให้ประสิทธิภาพการเรียนรู้ดีขึ้น (Jeroen, Van Merriënboer, & Sweller, 2005 อ้างถึงใน กอบเกียรติ สระอุบล และพัลลภ พิริยะสุรวงศ์, 2557)

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

4.1 ความหมายของปัญหาทางฟิสิกส์

ปัญหาทางฟิสิกส์ส่วนมากมีความเกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ทางกายภาพและเหตุการณ์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ดังนั้นการให้ความหมายปัญหาทางฟิสิกส์ (Physics problems) ของนักการศึกษามักมีรายละเอียดเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ปรากฏการณ์ และ/หรือเหตุการณ์ทางฟิสิกส์ดังนี้

Belikov (1989: 18) ได้กล่าวว่า ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง ปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่มีปริมาณทางฟิสิกส์บางปริมาณทราบค่า และบางปริมาณยังไม่ทราบค่า

Hollabaugh (1995: 47) กล่าวว่า ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง สถานการณ์ที่ต้องการทราบคำตอบ แต่ไม่สามารถใช้ข้อมูลจากสถานการณ์ในการหาคำตอบได้อย่างอัตโนมัติในขณะนั้น

Chekuri (1996: ii) ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง สิ่งเร้าที่ได้จากการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ การแก้ไขต้องอาศัยการสังเคราะห์ความรู้ที่แตกต่างกัน

Pol (2009: 3) กล่าวว่า ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ไม่สามารถใช้ประสบการณ์เดิม และข้อมูลเดิมในการหาคำตอบได้

จากความหมายปัญหาทางฟิสิกส์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง ปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางฟิสิกส์ที่มีปริมาณทางฟิสิกส์บางปริมาณทราบค่าและบางปริมาณไม่ทราบค่า และไม่สามารถใช้ข้อมูลจากสถานการณ์ในการหาคำตอบได้โดยตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 ความหมายของการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

วิชาฟิสิกส์ เป็นศาสตร์วิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งไม่มีชีวิต เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนส่วนมากเน้นการประยุกต์ใช้มโนทัศน์ กฎ หลักการ และทฤษฎีในการแก้สถานการณ์ปัญหา ไม่ว่าจะเป็นปัญหาทางด้านมโนทัศน์ และ/หรือโจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ โดยการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ส่วนมากเน้นที่การปัญหา ดังนั้นจึงมีนักการศึกษาทางด้านฟิสิกส์หลายท่านได้ให้ความหมายการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ (Physics problem solving) ไว้ดังต่อไปนี้

Belikov (1989: 18) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง กระบวนการสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณทางฟิสิกส์ แล้วหาค่าปริมาณที่ยังไม่ทราบค่าในสมการความสัมพันธ์นั้น

Hollabaugh (1995: 47) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง กระบวนการที่ประกอบด้วยลำดับขั้นตอนของการปฏิบัติในการค้นพบคำตอบ

Chekuri (1996: ii) การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง การสังเคราะห์ความรู้ต่างๆ เช่น มโนทัศน์ กฎ และหลักการ เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ สร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ และใช้ความสัมพันธ์เหล่านั้นในการหาคำตอบ

Smith and Ragan (2005: 218) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงหลักการ วิธีการ ความรู้เชิงมโนทัศน์ และกลยุทธ์ทางปัญญา ที่ได้เรียนรู้มาเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

Pol (2009: 2) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง กระบวนการในการปฏิบัติโดยอาศัยการประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ เช่นมโนทัศน์ กฎ หลักการ และทฤษฎีกับการดำเนินการทางคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบ

Teodorescu, Bennhold, Feldman, and Medsker (2013: 1) การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ หมายถึง กระบวนการประมวลผลความรู้ความเข้าใจที่มุ่งทำให้บรรลุเป้าหมายในขณะที่ยังไม่มีวิธีการชัดเจนในการแก้ปัญหา

จากการให้ความหมายของนักการศึกษาทางฟิสิกส์ข้างต้น กล่าวได้ว่า การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แบ่งออกเป็น 2 แนวทาง ได้แก่ แนวทางเน้นที่กระบวนการแก้ปัญหา และแนวทางเน้นที่ความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ (Problem solving ability in physics) หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ทางฟิสิกส์ สร้างความสัมพันธ์ของปริมาณทางฟิสิกส์ และใช้ความสัมพันธ์เหล่านั้นในการหาปริมาณที่ยังไม่ทราบค่าโดยผ่านสมการทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะว่าคะแนนที่ได้จากการวัดทำให้ทราบถึงระดับความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน และบ่งชี้โดยนัยถึงประสิทธิภาพของวิธีการจัดการเรียนการสอน นอกจากนั้นยังเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับครูและนักวิจัยใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการจัดการเรียนการสอนและการวิจัยต่อไป มีนักการศึกษาทางฟิสิกส์ Heller et al. (1992) Hollabaugh (1995) Huffman (1997) และ Docktor et al. (2016) ได้เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง

ฟิสิกส์โดยใช้แบบทดสอบอัตนัย และประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคจากหลักฐานที่มีในรายละเอียดของการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ดังต่อไปนี้

Heller et al. (1992: 631) ได้ใช้แบบทดสอบอัตนัยเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำแนกความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ออกเป็น 6 องค์ประกอบ และประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค

ตัวอย่างแบบทดสอบอัตนัยที่ Heller et al. (1992) ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

โจทย์ปัญหา: กล่องมวล 60 kg ใบหนึ่งไถลลงตามพื้นเอียงที่มีมุม 35° กับแนวระนาบ โดยทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างกล่องกันเอียงเท่ากับ 0.25 จงหา

ก. แรงที่พื้นเอียงกระทำต่อกล่อง

ข. แรงเสียดทานระหว่างกล่องกับพื้นเอียง

ค. ความเร่งของกล่อง

ง. ระยะทางที่กล่องไถลลงได้ภายใน 1 วินาที ถ้ากล่องเริ่มไถลจากสถานะหยุดนิ่ง

Heller et al. (1992) ได้จำแนกความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ออกเป็น 6 องค์ประกอบดังนี้

1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์มโนทัศน์ (Evidence of conceptual understanding) การอธิบายเชิงฟิสิกส์ที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจมโนทัศน์ และความสัมพันธ์ของปริมาณทางฟิสิกส์ ตัวอย่างเช่น การอธิบายเกี่ยวกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกกระสุนเป็นแบบเส้นตรง หรือแบบโปรเจ็กไทล์

2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ (Usefulness of description) การแสดงให้เห็นข้อมูลสำคัญ ๆ ที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น การวาดภาพแทนแรงที่กระทำต่อวัตถุ

3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ (Math of equation with description) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับการระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ ตัวอย่างเช่น การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ในรูปปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้นสมการทางคณิตศาสตร์ต้องอยู่ในรูปปริมาณเวกเตอร์เช่นเดียวกัน

4) การวางแผนที่เหมาะสม (Reasonable plan) การแสดงให้เห็นจำนวนสมการที่จำเป็นต้องนำไปใช้ในการแก้ปัญหาก่อนที่มีการดำเนินการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ และการอธิบายแนวทางการแก้สมการเพื่อให้บรรลุปริมาณเป้าหมาย

5) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ (Logical progression) การแก้สมการทางคณิตศาสตร์มีความต่อเนื่องอย่างเป็นเหตุเป็นผลจากหลักการทางฟิสิกส์ทั่วไปไปสู่การแก้ปัญหาที่เฉพาะเจาะจง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

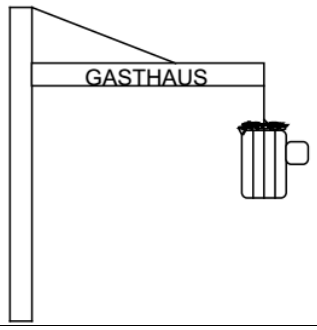
และหลังจากการแก้สมการทางคณิตศาสตร์แล้ว มีการนำตัวแปรที่ทราบค่าแทนในสมการสุดท้ายเพื่อคำนวณหาคำตอบ

6) คณิตศาสตร์ที่เหมาะสม (Appropriate mathematics) การคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าคำตอบมีความเหมาะสมตามหลักทางคณิตศาสตร์ และค่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณสามารถยอมรับได้

Hollabaugh (1995: 75) ได้ใช้แบบทดสอบอัตนัยเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ออกเป็น 3 องค์ประกอบ และประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค

ตัวอย่างแบบทดสอบอัตนัยที่ Hollabaugh (1995) ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

โจทย์ปัญหา: เหนือประตูทางเข้าเยอรมันเก่าแก่แห่งหนึ่งมีเขียนป้าย GASTHAUS บนคาน มีถังเบียร์หนัก 200 นิวตันทำจากโลหะแขวนที่ปลายสุดของคานซึ่งมีความยาว 3 เมตรจากผนัง คานมีน้ำหนัก 100 นิวตัน ปลายเชือกผูกติดกับคานตรงจุดที่มีความยาว 2 เมตรจากผนัง และดึงคานด้วยมุม 30 องศากับคาน จงหาแรงทั้งหมดที่กระทำต่อคาน ใช้ความรู้ $\sum F = 0$ และ $\sum \tau = 0$



Hollabaugh (1995) ได้จำแนกความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ออกเป็น 3 องค์ประกอบดังนี้

1) การสร้างคำอธิบายเชิงฟิสิกส์ (Generating a physics description) การแปลสถานการณ์ปัญหาเป็นการอธิบายในรูปฟิสิกส์ ซึ่งเป็นการระบุข้อมูลปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปของภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ และรูปสัญลักษณ์

2) การวางแผนแก้ปัญหา (Planning a solution) การแปลจากการอธิบายเชิงฟิสิกส์เป็นคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการเขียนสมการคณิตสาสตร์ให้สอดคล้องกับการอธิบายเชิงฟิสิกส์

3) การดำเนินการตามแผน (Executing the plan) การแปลแผนสู่การดำเนินการแก้ปัญหาซึ่งเป็นการแสดงขั้นตอนการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ จากนั้นนำค่าปริมาณที่ทราบค่าแทนในสมการแล้วคำนวณหาคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของ Hollabaugh (1995)

1) การสร้างคำอธิบายเชิงฟิสิกส์

การแปลปัญหาเป็นคำอธิบายเชิงฟิสิกส์

0 = ไม่มีการอธิบายเชิงฟิสิกส์

1 = ปัญหาไม่มีการแปลให้เป็นตัวแทนทางฟิสิกส์ที่เหมาะสม (เช่น ส่วนประกอบของเวกเตอร์ไม่ได้สะท้อนให้เห็นถึงความเป็นอิสระในการเคลื่อนที่บนแกน x และแกน y เวกเตอร์แสดงแรงไม่สมดุลกับวัตถุ หรือเวกเตอร์แสดงแรงในการเคลื่อนที่ยังไม่ถูกต้อง)

2 = ปัญหามีการแปลเป็นตัวแทนทางฟิสิกส์ที่เหมาะสม

คุณภาพและความครบถ้วนของคำอธิบายเชิงฟิสิกส์

0 = ไม่มีคำอธิบาย

1 = มีคำอธิบายน้อย (ส่วนใหญ่ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และความสัมพันธ์ไม่ได้แสดงให้เห็น)

2 = คำอธิบายไม่สมบูรณ์ (เช่น มีเพียงแผนภาพเดี่ยวในสถานการณ์ก่อนและหลัง)

3 = คำอธิบายไม่รวมถึงรายละเอียดของตัวแปรเป้าหมาย

4 = คำอธิบายสมบูรณ์หรือมีเพียงการละเว้นเล็กน้อย (เช่น ไม่มีการระบุชื่อแกน หรือหนึ่งตัวแปรไม่ได้นิยาม)

2) การวางแผนแก้ปัญหา

การแปลคำอธิบายเชิงฟิสิกส์เป็นสมการคณิตศาสตร์

0 = ไม่มีแผน

1 = คำอธิบายเชิงฟิสิกส์ไม่ได้แปลเป็นสมการคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม (เช่น มีการวาดแผนภาพเวกเตอร์ แต่ในสมการไม่มีการใช้เวกเตอร์)

2 = คำอธิบายเชิงฟิสิกส์ได้แปลเป็นสมการคณิตศาสตร์อย่างเหมาะสม

คุณภาพและความสมบูรณ์ของแผน

0 = ไม่มีแผน

1 = แทบจะไม่มีแผน

2 = แผนไม่ได้เริ่มต้นจากสมการทั่วไป ตัวเลขจะถูกแทนลงในสมการเฉพาะ

3 = แผนไม่ชัดเจนและ/หรือละเว้นกลยุทธ์ที่ชัดเจนในการแก้ปัญหาสำหรับตัวแปรเป้าหมาย

4 = แผนเสร็จสมบูรณ์ แต่ยังมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย (เช่น สมการไม่ถูกต้อง หรือสมการไม่เป็นอิสระเชิงเส้น หรือไม่มีโครงร่าง แต่การดำเนินการแสดงให้เห็นว่านักเรียนทำตามขั้นตอนที่สมเหตุสมผล)

5 = แผนเสร็จสมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) การดำเนินการตามแผน

การแปลแผนสู่การดำเนินการ

0 = ไม่มีการดำเนินการ

1 = การดำเนินการไม่เป็นไปตามแผน หรือไม่มีแผนประกอบ แต่มีการแทนตัวเลขลงในสมการเฉพาะเพื่อคำนวณหาตัวแปรเป้าหมาย

2 = การดำเนินการตามแผน หรือหากมีแผนน้อย แต่มีการแก้สมการเพื่อแยกตัวแปรเป้าหมายออกมาก่อนที่จะมีการแทนตัวเลขลงไปในสมการ

คุณภาพและความสมบูรณ์ของการดำเนินการ

0 = ไม่มีการดำเนินการ

1 = เมื่อมีอุปสรรคเกิดขึ้น การคำนวณทางคณิตศาสตร์ไม่ชัดเจน

2 = เมื่อมีอุปสรรคเกิดขึ้นการดำเนินการจะสิ้นสุดลง

3 = มีการคำนวณทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้อง (หรืออาจมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย)

Huffman (1997: 557-558) ได้ใช้แบบทดสอบอัตนัยเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน จำแนกความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ออกเป็น 5 องค์ประกอบ และประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค

ตัวอย่างแบบทดสอบอัตนัยที่ Huffman (1997) ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

โจทย์ปัญหา: Ann และ Bill กำลังฝึกซ้อมวิ่งเพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าร่วมการแข่งขัน Ann วิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่ 3 เมตรต่อวินาทีตามเส้นทางตรง 5 วินาทีต่อมา Bill เริ่มวิ่งตามหลัง Ann และออกจากจุดเดียวกันกับ Ann ด้วยความอัตราคงที่ 4 เมตรต่อวินาที่กำลังสอง จงหาระยะทางขณะที่ Bill วิ่งทัน Ann

Huffman (1997) ได้จำแนกองค์ประกอบความสามารถในการปัญหาทางฟิสิกส์ออกเป็น 5 องค์ประกอบดังนี้

1) คุณภาพของตัวแทนทางฟิสิกส์ (Quality of physics representation)

2) ความสมบูรณ์ของตัวแทนทางฟิสิกส์ (Completeness of physics representation)

3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ (Match of equations)

4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ (Organized progression)

5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Mathematical execution)

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของ Huffman (1997)

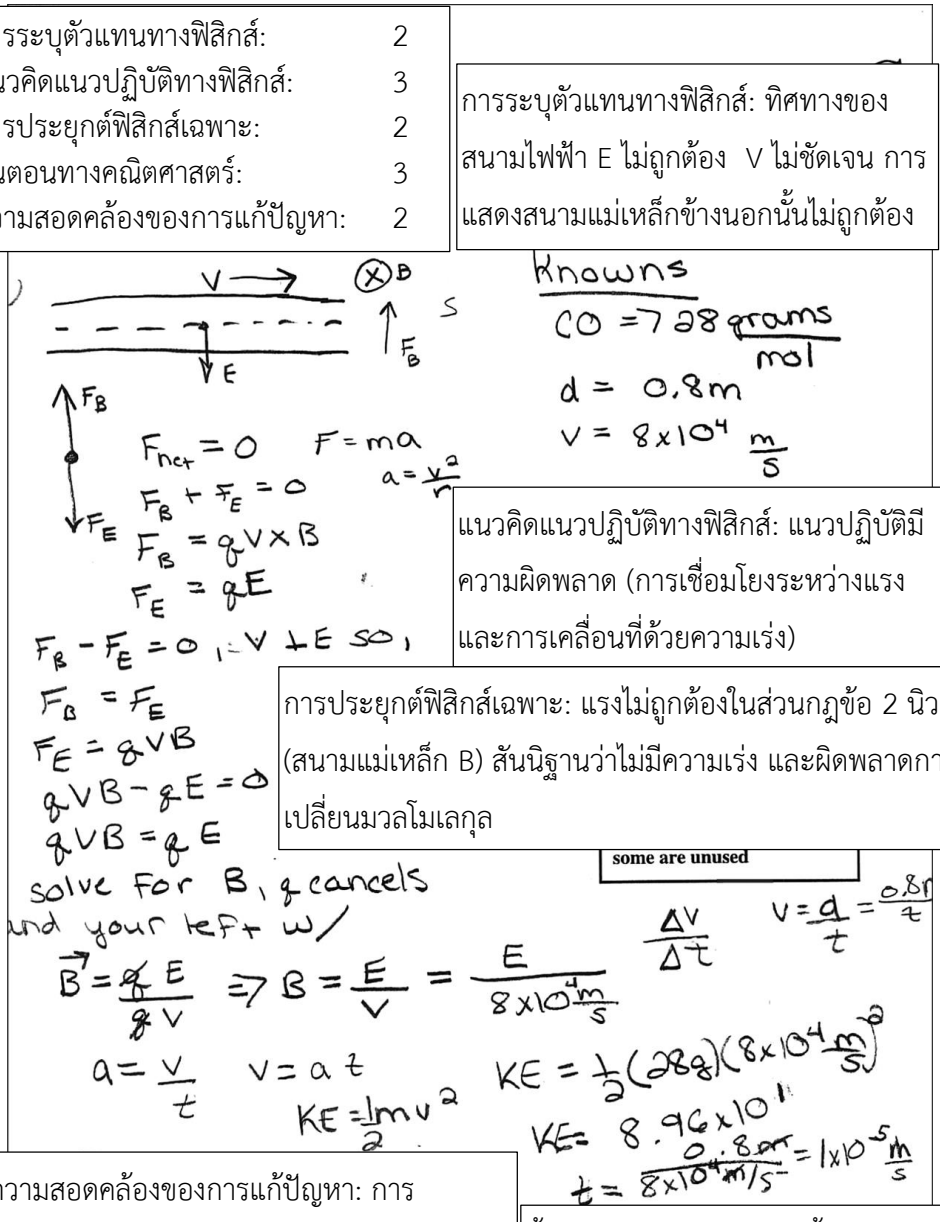
1) คุณภาพของตัวแทนทางฟิสิกส์
   0 = ไม่ได้เขียนอะไร
   1 = ปัญหาไม่ได้แปลเป็นตัวแทนทางฟิสิกส์ที่เหมาะสม
   2 = ปัญหาได้แปลเป็นตัวแทนทางฟิสิกส์ที่เหมาะสม
2) ความสมบูรณ์ของตัวแทนทางฟิสิกส์
   0 = ไม่ได้เขียนอะไร
   1 = การเป็นตัวแทนแทบจะไม่มี (เช่น ตัวแปรทั้งหมดมีความผิดพลาด)
   2 = การเป็นตัวแทนไม่ครบถ้วน (เช่น มีการกำหนดภาพ และตัวแปรบางอย่าง)
   3 = การเป็นตัวแทนครบถ้วน
3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์
   0 = ไม่ได้เขียนอะไร
   1 = สมการไม่สอดคล้องกับตัวแทน
   2 = สมการสอดคล้องกับตัวแทน
4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ
   0 = ไม่ได้เขียนอะไร
   1 = ขั้นตอนการแก้สมการไม่เป็นระเบียบ
   2 = ขั้นตอนการแก้สมการเป็นระเบียบแต่ไม่สมบูรณ์
   3 = ขั้นตอนการแก้สมการมีความเป็นระเบียบค่อนข้างสมบูรณ์
   4 = ขั้นตอนการแก้สมการมีความสมบูรณ์ (จากหลักการทั่วไปไปสู่คำตอบ)
5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์
   0 = ไม่ได้เขียนอะไร
   1 = เมื่อเจออุปสรรคใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม
   2 = เมื่อเจออุปสรรคการคำนวณทางคณิตศาสตร์ถูกยกเลิก
   3 = การคำนวณทางคณิตศาสตร์ถูกต้องและสมบูรณ์ มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
   4 = การคำนวณทางคณิตศาสตร์ถูกต้องและสมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Docktor et al. (2016: 3-6) ได้ใช้แบบทดสอบอัตนัยเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ จำแนกความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ออกเป็น 5 องค์ประกอบ และประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค

ตัวอย่างแบบทดสอบอัตนัยที่ Docktor et al. (2016) ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์:	2
แนวคิดแนวปฏิบัติทางฟิสิกส์:	3
การประยุกต์ฟิสิกส์เฉพาะ:	2
ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์:	3
ความสอดคล้องของการแก้ปัญหา:	2



การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์: ทิศทางของสนามไฟฟ้า E ไม่ถูกต้อง V ไม่ชัดเจน การแสดงสนามแม่เหล็กข้างนอกนั้นไม่ถูกต้อง

แนวคิดแนวปฏิบัติทางฟิสิกส์: แนวปฏิบัติมีความผิดพลาด (การเชื่อมโยงระหว่างแรงและการเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง)

การประยุกต์ฟิสิกส์เฉพาะ: แรงไม่ถูกต้องในส่วนกฎข้อ 2 นิวตัน (สนามแม่เหล็ก B) สันนิฐานว่าไม่มีความเร่ง และผิดพลาดการเปลี่ยนมวลโมเลกุล

ความสอดคล้องของการแก้ปัญหา: การแก้ปัญหาไม่โฟกัส บางส่วนไม่สอดคล้องกันและไม่บรรลุคำตอบสนามไฟฟ้า E

ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์: ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์มีข้อผิดพลาด (ไม่สมบูรณ์) และบางอย่างไม่ได้ใช้

Docktor et al. (2016) ได้จำแนกองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ออกเป็น 5 องค์ประกอบดังนี้

1) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ (Useful description) การรวบรวมข้อมูลในสถานการณ์โจทย์ปัญหาไปสู่การเป็นตัวแทนทางฟิสิกส์ที่เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยการวาดภาพร่างหรือภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ หรือกราฟ และการระบุข้อมูลสำคัญในรูปสัญลักษณ์ เช่น ปริมาณทราบค่าและปริมาณไม่ทราบค่าเป็นต้น

2) แนวคิดแนวปฏิบัติทางฟิสิกส์ (Physics approach) การเลือกมโนทัศน์ และหลักการทางฟิสิกส์เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง ในที่นี้คำว่า “มโนทัศน์” หมายถึง ความคิดหลักเกี่ยวกับฟิสิกส์ทั่วไป เช่น เวกเตอร์ โมเมนตัม และความเร็วเป็นต้น ส่วนคำว่า "หลักการ" หมายถึง กฎทางฟิสิกส์พื้นฐานที่ใช้อธิบายวัตถุ และปฏิสัมพันธ์ของวัตถุ เช่นกฎการอนุรักษ์พลังงาน หรือกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน เป็นต้น

3) การประยุกต์ใช้ความรู้ทางฟิสิกส์เฉพาะ (Specific application of physics) การใช้ความสัมพันธ์ทางฟิสิกส์ที่เฉพาะเจาะจงกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ และค่าคงที่ต่าง ๆ ที่มีในสถานการณ์โจทย์ปัญหา

4) ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ (Mathematical procedures) การเลือกวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม และการดำเนินการตามกฎทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ปริมาณเป้าหมาย ประกอบด้วยการแสดงขั้นตอนการแก้สมการและการคำนวณทางคณิตศาสตร์

5) ความสอดคล้องของการแก้ปัญหา (Logical progression) การดำเนินการแก้ปัญหาตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนได้ค่าคำตอบมีความสอดคล้องต่อเนื่องกัน และการสนับสนุนในแต่ละขั้นตอนปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของ Docktor et al. (2016)

1) คำอธิบายที่เป็นประโยชน์
   0 = ในการแก้ปัญหาไม่มีคำอธิบาย
   1 = คำอธิบายทั้งหมดไม่มีประโยชน์ และ/หรือมีข้อผิดพลาดเยอะ
   2 = คำอธิบายส่วนมากไม่มีประโยชน์ บางอย่างขาดหายไป และ/หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
   3 = คำอธิบายบางอย่างไม่มีประโยชน์ บางอย่างขาดหายไป และ/หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
   4 = คำอธิบานมีประโยชน์ แต่แต่มีการละเว้น หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
   5 = คำอธิบายมีประโยชน์ มีความเหมาะสม และมีความสมบูรณ์
2) แนวคิดแนวปฏิบัติทางฟิสิกส์
   0 = ไม่มีการระบุให้เห็นมโนทัศน์และหลักการ

1 = มโนทัศน์และหลักการทั้งหมดไม่มีความเหมาะสม

2 = มโนทัศน์และหลักการส่วนมากขาดหายไป และ/หรือไม่มีความเหมาะสม

3 = มโนทัศน์และหลักการบางอย่างขาดหายไป และ/หรือไม่มีความเหมาะสม

4 = มโนทัศน์และหลักการมีการละเลย หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย

5 = มโนทัศน์และหลักการมีความเหมาะสม และสมบูรณ์

3) การประยุกต์ใช้ความรู้ทางฟิสิกส์เฉพาะ

0 = การแก้ปัญหาไม่ได้บ่งบอกถึงการประยุกต์ฟิสิกส์เฉพาะ

1 = การประยุกต์ใช้ฟิสิกส์เฉพาะทั้งหมดไม่มีความเหมาะสม และ/หรือมีข้อผิดพลาด

2 = การประยุกต์ใช้ฟิสิกส์เฉพาะส่วนมากขาดหายไป และ/หรือมีข้อผิดพลาด

3 = การประยุกต์ใช้ฟิสิกส์เฉพาะบางอย่างขาดหายไป และ/หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย

4 = การประยุกต์ใช้ฟิสิกส์เฉพาะมีการละเว้น หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย

5 = การประยุกต์ใช้ฟิสิกส์เฉพาะมีความเหมาะสม และสมบูรณ์

4) ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์

0 = ไม่มีหลักฐานขั้นตอนทางคณิตศาสตร์

1 = ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดไม่มีความเหมาะสม หรือมีข้อผิดพลาด

2 = ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ส่วนมากขาดหายไป และ/หรือมีข้อผิดพลาด

3 = ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์มีบางอย่างขาดหายไป และ/หรือมีข้อผิดพลาด

4 = ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้มีความเหมาะสมแต่มีการละเว้นหรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย

5 = ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์มีความเหมาะสม และสมบูรณ์

5) ความสอดคล้องของการแก้ปัญหา

0 = ไม่มีหลักฐานความสอดคล้องของการแก้ปัญหา

1 = การแก้ปัญหาทั้งหมดไม่ชัดเจน ไม่โฟกัส และ/หรือไม่สอดคล้องกัน

2 = การแก้ปัญหาส่วนมากไม่ชัดเจน ไม่โฟกัส และ/หรือไม่สอดคล้องกัน

3 = การแก้ปัญหาบางส่วนไม่ชัดเจน ไม่โฟกัส และ/หรือไม่สอดคล้องกัน

4 = การแก้ปัญหาทั้งหมดมีความชัดเจน มีการโฟกัส แต่ไม่สอดคล้องกันเล็กน้อย

5 = การแก้ปัญหาทั้งหมดมีความชัดเจน มีการโฟกัส และมีการเชื่อมโยงอย่างมีเหตุผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของ Heller et al. (1992) Hollabaugh (1995) Huffman (1997) และ Docktor et al. (2016) ข้างต้นแล้ว พบว่า การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์มีการใช้เครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบอัตนัย และประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคในแต่ละองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีการจำแนกแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ 5 องค์ประกอบดังนี้

1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ (Evidence of conceptual understanding) เป็นการวาดภาพอธิบายแทนสถานการณ์ การระบุปริมาณที่ทราบค่า ปริมาณที่ไม่ทราบค่า เงื่อนไขต่าง ๆ และกฎ หลักการ หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง

2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ (Completeness of physics representation) เป็นการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ การระบุปริมาณที่ทราบค่าและปริมาณที่ไม่ทราบค่า และเงื่อนไขต่าง ๆ ในรูปของสัญลักษณ์ พร้อมแสดงความสัมพันธ์ทั่วไปของปริมาณทางฟิสิกส์

3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical equation) เป็นการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์

4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ (Logical progression) เป็นการแก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้สมการสุดท้ายที่มีปริมาณเป้าหมายอยู่ด้านหนึ่งของสมการ และปริมาณที่ทราบค่าอยู่อีกด้านหนึ่งของสมการมีความสอดคล้องกันอย่างต่อเนื่อง และการสนับสนุนในแต่ละขั้นตอนปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน

5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Mathematical execution) เป็นการนำค่าปริมาณที่ทราบค่าแทนในสมการสุดท้าย แสดงการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าปริมาณเป้าหมาย และมีการระบุหน่วยของค่าคำตอบได้ชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์มีจำนวน 3 งานวิจัย คือ Yerushalmi (2013) สอนเรื่องวงจรไฟฟ้า Yerushalmi (2014) สอน เรื่อง วงจรไฟฟ้า และ Ailabouni et al. (2014) สอน เรื่อง เรขาคณิตของแสงและคลื่นกล

Yerushalmi et al. (2013) ได้ทำการศึกษาการบูรณาการความรู้ที่เกิดจากการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องทางระบบออนไลน์ เรื่อง วงจรไฟฟ้าในส่วนกฎของโอห์ม การจัดการเรียน

การสอนมีสองขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนแรกให้นักเรียนวินิจฉัยคำตอบโดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้อง ขั้นตอนที่สองเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยของตนเองกับผลการวินิจฉัยของครูที่ปรากฏในโปรแกรมออนไลน์ ผู้เข้าร่วมโครงการเป็นนักเรียนเกรด 12 จำนวน 18 คน และครู 4 คน โดยมีการออกแบบให้นักเรียนทำงานคู่ ครูหนึ่งคนจะดูแลนักเรียน 2 คู่ คือ นักเรียนคู่ที่มีความรู้เดิมสูงกับนักเรียนคู่ที่มีความรู้เดิมต่ำ และมีครูคนหนึ่งดูแลนักเรียน 3 คู่ การดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยการบันทึกเสียงการสนทนาของนักเรียนแต่ละคู่ เพื่อตรวจสอบว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการบูรณาการความรู้อย่างไรบ้าง จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกเสียงสนทนาของนักเรียนแต่ละคู่พบว่า โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องทางออนไลน์ได้กระตุ้นให้นักเรียนมีการอธิบายการตีความด้านหลักการและมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้หลายทางเลือก และนักเรียนมีความพยายามในการปรับมโนทัศน์ที่มีความขัดแย้งกัน

Yerushalmi (2014) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ และกระบวนการบูรณาการความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนเกรด 6 โรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่งในภูมิภาคอาหรับประเทศอิสราเอลจำนวน 2 ห้องเรียน ห้องทดลองมีนักเรียน 28 คน เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และห้องเปรียบเทียบมีนักเรียน 28 คน เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลใช้ระยะเวลามากกว่าสองเดือน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องวงจรไฟฟ้าสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะนักเรียนที่มีระดับความรู้เดิมต่ำ และในขณะที่มีการอภิปรายหน้าชั้นเรียน นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีกระบวนการบูรณาการความรู้ เรื่องวงจรไฟฟ้าสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

Ailabouni et al. (2014) ได้ทำการศึกษาผลของการวินิจฉัยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องต่อทักษะการวินิจฉัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่งในภูมิภาคอาหรับประเทศอิสราเอลจำนวน 19 คน ที่กำลังเรียน เรื่อง เรขาคณิตของแสงและคลื่นกล ในการจัดการเรียนการสอนได้มีการนำเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องให้นักเรียนผ่านระบบออนไลน์ การออกแบบกิจกรรมเช่นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนในด้านการวินิจฉัย เช่น การอธิบายข้อผิดพลาดในเทอมที่มีการประยุกต์ใช้หลักการและ/หรือมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง และสร้างความสนใจนักเรียนในการวินิจฉัยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง การวิเคราะห์ข้อมูลเน้นไปที่นักเรียนที่ได้รับการคัดเลือกจำนวน 6 คนเท่านั้น ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของนักเรียนทั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6 คนแสดงให้เห็นว่า โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องผ่านระบบออนไลน์ไม่ส่งผลต่อทักษะการวินิจฉัยของนักเรียนด้านการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ สังเกตได้จากผลงานการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน คือ นักเรียนมักเขียนตอบแบบสั้น ๆ ให้เหตุผลน้อย และไม่มีการอธิบายถึงหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 3 งานวิจัยด้วย คือ Groβe and Renkl (2007) สอน เรื่อง ความน่าจะเป็น McLaren et al. (2012) สอน เรื่อง ทศนิยม และ Tsovaltzi et al. (2012) สอนเรื่องเศษส่วน

Groβe and Renkl (2007) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการเรียนรู้จากโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง เรื่อง ความน่าจะเป็นของนักศึกษามหาวิทยาลัย Freiburg ประเทศเยอรมนี การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนักศึกษากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยและโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอย่างเดียว การศึกษาครั้งนี้ได้ออกแบบเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องการแก้ปัญหาความน่าจะเป็นภายใต้ 6 เงื่อนไขประกอบด้วยการออกแบบ 2 x 3 ปัจจัย (ปัจจัยที่ 1 (1) ใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยเพียงอย่างเดียว (2) ใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยและโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องโดยไม่เน้นที่ข้อผิดพลาด และ (3) ใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยและโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องโดยเน้นที่ข้อผิดพลาด ส่วนปัจจัยที่ 2 (1) มีการกระตุ้นให้เขียนคำอธิบาย และ (2) ไม่มีการกระตุ้นให้เขียนคำอธิบาย) ผลการทดลองที่ 1 พบว่านักเรียนที่มีความรู้เดิมดีมีการถ่ายโยงความรู้ในการแก้ปัญหาได้ดีเมื่อได้รับการเรียนรู้โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยรวมกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง แต่นักเรียนที่มีความรู้เดิมไม่ดีเหมาะกับการใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอย่างเดียว ส่วนการทดลองที่ 2 เป็นการเพิ่มให้นักเรียนเขียนคำอธิบาย ผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้ด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีการเขียนคำอธิบายได้มากขึ้น และคุณภาพของคำอธิบายมีการเปลี่ยนแปลง ในแง่มุมหนึ่งสังเกตเห็นรูปแบบคำอธิบายใหม่ ๆ เกิดขึ้น แต่อีกแง่มุมหนึ่งคำอธิบายที่เป็นหลักการพื้นฐานสำคัญกลับมีการลดลง

McLaren et al. (2012) ได้ศึกษาผลของการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมของนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 ในกิจกรรมการเรียนการสอน สำหรับกลุ่มทดลองครูได้นำเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง เพื่อให้นักเรียนอธิบายและแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องโดยผ่านอินเตอร์เน็ต ส่วนกลุ่มควบคุม นักเรียนได้รับตัวอย่างโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยเพื่อทำการแก้ไขโดยผ่านอินเตอร์เน็ตเช่นเดียวกัน หลังจากที่นักเรียนยืนยันการแก้ไขแล้วโปรแกรมอินเตอร์เน็ตจะสะท้อนให้เห็นคำตอบที่ถูกต้อง ใช้ระยะเวลา 5 วันในการดำเนินการทดลอง

และเก็บรวบรวมข้อมูล เริ่มต้นโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนในวันที่ 1 จากนั้นก็ดำเนินการทดลองถึงวันที่ 3 วันที่ 4 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนทันที (immediate posttest) และวันที่ 5 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนอีกครั้ง (delayed posttest) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนทดสอบหลังเรียนทันทีไม่แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ .05 และนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีคะแนนความคงทนในการเรียนรู้ดีกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Tsovaltzi et al. (2012) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องทางเว็บไซต์ต่อการเรียนรู้ เรื่อง เศษส่วน ผู้เข้าร่วมโครงการเป็นนักเรียนเกรด 6 ถึงเกรด 10 จากโรงเรียนในเมือง และชานเมือง Saarbrücken ประเทศ Germany แบ่งออกแบบเป็น 3 กรณีศึกษา คือ (1) กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย (2) กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องโดยไม่มีการช่วยเหลือ และ (3) กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องโดยมีการช่วยเหลือ การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลใช้ระยะเวลา 3 สัปดาห์ เก็บข้อมูลผลการเรียนรู้ด้านการตระหนักรู้ การควบคุมการตระหนักรู้ มโนทัศน์ การถ่ายโอนความรู้ ผลการวิจัยพบว่า การใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องโดยมีการช่วยเหลือทำให้ผลการเรียนรู้ด้านการควบคุมการตระหนักรู้ของนักเรียนเกรด 6 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และผลการเรียนรู้ด้านการตระหนักรู้และการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ของนักเรียนเกรด 9 และ 10 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่ส่งผลต่อนักเรียนเกรด 7

การศึกษาผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ข้างต้นพบว่า โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องสามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการตีความหมายมโนทัศน์และหลักการได้หลายทางเลือก มีการปรับมโนทัศน์ที่มีความขัดแย้งกัน มีการบูรณาการความรู้ได้ดี มีการเขียนคำอธิบายได้มาขึ้น มีความเข้าใจมโนทัศน์มากยิ่งขึ้น มีการเรียนรู้ที่มีความคงทน มีการถ่ายโยงความรู้สู่การแก้ปัญหาได้ดี และมีการควบคุมการตระหนักรู้ (Große & Renkl, 2007; McLaren et al., 2012; Tsovaltzi et al., 2012; Yerushalmi, 2013, 2014) แต่ไม่ส่งผลต่อทักษะการวินิจฉัยด้านการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ (Ailabouni et al., 2014)

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

Heller et al. (1992) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือที่มีต่อการปฏิบัติงานด้านการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 120 คน ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน มหาวิทยาลัย Minnesota ในการจัดการเรียนการสอนได้มีการใช้

กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดเจน (explicit problem-solving strategy) เพื่อให้นักเรียนได้นำกลยุทธ์นี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาทั้งการแก้ปัญหาแบบรายบุคคล และการแก้ปัญหาแบบกลุ่มร่วมมือ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบที่เป็นโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์อัตนัย วิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบผลการปฏิบัติงานแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แบบรายบุคคลกับผลการปฏิบัติงานแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แบบกลุ่มร่วมมือ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ความสามารถในแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักศึกษาที่ผ่านการแก้โจทย์ปัญหาแบบกลุ่มร่วมมือดีกว่าการแก้ปัญหาโจทย์หาแบบรายบุคคล

Heller and Hollabaugh (1992) ได้ศึกษาการพัฒนาสภาพแวดล้อมในการทำงานแบบกลุ่มร่วมมือเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านกลยุทธ์การแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้ได้มีการปรับเทคนิคการสร้างกลุ่มเพื่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ และได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ นักศึกษาลงทะเบียนเรียนในวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยรัฐขนาดใหญ่ จำนวน 120 คน และนักเรียนลงทะเบียนเรียนในวิชาฟิสิกส์ยุคใหม่ วิทยาลัยชุมชนขนาดเล็กจำนวน 12 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบที่เป็นโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนและนักศึกษามีแนวโน้มใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์ปัญหาเน้นบริบท (context-rich) มากกว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาที่เป็นมาตรฐานในหนังสือแบบเรียน การทำงานแบบกลุ่มร่วมมือช่วยส่งเสริมนักเรียนและนักศึกษาในด้านการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานแบบกลุ่มร่วมมือ คือ โครงสร้างของกลุ่ม การบริหารจัดการภายในกลุ่ม และปฏิสัมพันธ์ของสมาชิกภายในกลุ่ม

Huffman (1997) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดเจนที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนจำนวน 145 คน ใน 8 ห้องเรียน แบ่งเป็นห้องทดลอง 4 ห้อง และห้องเปรียบเทียบ 4 ห้อง ห้องทดลองจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดเจน (explicit problem-solving strategy) ที่มีขั้นตอนการแก้ปัญหาดังนี้ การเน้นที่ปัญหา การอธิบายเชิงฟิสิกส์ การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการประเมินการแก้ปัญหา ส่วนห้องเปรียบเทียบจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบดั้งเดิมตามหนังสือแบบเรียน (textbook problem-solving strategy) ที่มีขั้นตอนการแก้ปัญหาดังนี้ การวาดภาพร่าง การระบุปริมาณที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า การเลือกสมการ การแก้สมการ และการตรวจสอบคำตอบ ผลที่ได้จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดเจนช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ด้านคุณภาพของตัวแทนทางฟิสิกส์ และความสมบูรณ์ของตัวแทนทางฟิสิกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มากกว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบดังเดิม แต่ทั้งสองกลยุทธ์นี้ไม่แตกต่างกันในด้านการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ และการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์

Gok and Silay (2008) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบร่วมมือต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2005-2006 เมือง İzmir ประเทศ Turkey รูปแบบการวิจัยเป็นการศึกษาแบบสองกลุ่มวัดสองครั้ง โดยกลุ่มทดลองมีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ส่วนกลุ่มควบคุมมีการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ผลการเคราะห์ข้อมูลพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบรวมมือสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบทั่วไป

Pol (2009) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ชื่อว่า Physhint และนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนเรื่องแรง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนเกรด 10 แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองจำนวน 11 คน สอนด้วยใช้หนังสือแบบเรียนและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และกลุ่มควบคุมจำนวน 25 คน สอนด้วยใช้หนังแบบเรียนอย่างเดียว ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุม

สิริเกศ หมัดเจริญ (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนคูเมืองวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 32 จังหวัดบุรีรัมย์ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 34 คน การใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์มี 3 ขั้นตอนดังนี้ (1) การวางแผนแก้ปัญหา เป็นการทำความเข้าใจข้อมูลในโจทย์ปัญหาเพื่อหาแนวทางการแก้ไข (2) การกำกับการแก้ปัญหา เป็นการควบคุมขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา และ (3) การประเมินการแก้ปัญหา เป็นการมองย้อนกลับไปที่ขั้นตอนต่าง ๆ ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง จากผลการวิจัยพบว่า มีนักเรียนจำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 73.53 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

อรชา ชูเชื้อ (2554) ได้ศึกษาผลการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนปากคาดพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องทดลองมีนักเรียน 36 คน จัดการเรียนการสอนโดยการสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ ซึ่งเป็น

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาความรู้และวิธีการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์โดยมีขั้นตอนดังนี้ (1) ขั้นการเน้นปัญหา (2) ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์ (3) ขั้นการวางแผน (4) ขั้นการดำเนินการตามแผน (5) ขั้นการประเมินคำตอบ ห้องควบคุมมีนักเรียนจำนวน 35 คน จัดการเรียนการสอนแบบปกติ ผลที่ได้จากการทดลองพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เท่ากับ 76.03 สูงกว่าเกณฑ์ที่ได้กำหนด และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อมรรัตน์ บุบผโชติ (2558) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการตั้งปัญหาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต สังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้อง ห้องทดลองมีนักเรียน 30 คน จัดการเรียนการสอนโดยการตั้งปัญหาซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้ใช้ศักยภาพในการแก้ไข แล้วนักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างโจทย์ปัญหา ห้องเปรียบเทียบมีนักเรียน 32 คน จัดการเรียนการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยการตั้งปัญหามีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนเกรด 10 เป็นการวิจัยและพัฒนา (R&D) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบสองกลุ่มวัดสองครั้ง (Pretest-posttest control group design) กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มควบคุม 1 เป็นนักเรียนเกรด 10 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ ประสานมิตร กลุ่มทดลอง 2 และกลุ่มควบคุม 2 เป็นนักเรียนเกรด 10 โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสอดคล้องกันในทุกองค์ประกอบ และมีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นเตรียมความพร้อม (Prepare : P) (2) ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage : E) (3) ขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) และ (4) ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A) กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กลุ่มทดลอง 1 และกลุ่มทดลอง 2 มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว สามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถการในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ดังนี้ การสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชัดเจนแบบรายบุคคล และแบบกลุ่มร่วมมือ การสอนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Physhint การสอนโดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน การสอนโดยการสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ การสอนโดยการตั้งปัญหา และการสอนเน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย และเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนรู้ด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ได้มีการวางแผนในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) ใช้การศึกษาแบบ 2 กลุ่มวัดหนึ่งครั้ง (Two-group posttest design) กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง กลุ่มเปรียบเทียบ คือ กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย และวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังการทดลอง

กลุ่มทดลอง	X----------O
กลุ่มเปรียบเทียบ	~X----------O

X หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

~X หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

O หมายถึง การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานการศึกษามัธยมศึกษาสายสามัญ กระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชา

2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนเกรด 10 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560-2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา ซึ่งได้รับการดูแลด้านวิชาการจากสำนักงานการศึกษามัธยมศึกษาสายสามัญ กระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา จำนวน 2 ห้อง ห้องหนึ่งใช้เป็นกลุ่มทดลอง และอีกห้องหนึ่งใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ มีการดำเนินการคัดเลือกดังนี้

1) การเลือกโรงเรียน โรงเรียนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา ผู้วิจัยได้เลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive selection) เนื่องจากว่าเป็นโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาของรัฐบาล มีการใช้หลักสูตรกลางในการจัดการเรียนการสอนเหมือนกับโรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐอื่น ๆ ทั่วประเทศ และมีการดูแลด้านวิชาการโดยสำนักงานการศึกษามัธยมศึกษาสายสามัญ

2) การเลือกกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนเกรด 10 จำนวน 2 ห้อง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560-2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา โดยใช้วิธีการเลือกดังต่อไปนี้

2.1) เลือกนักเรียนเกรด 10 ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง การที่เลือกนักเรียนเกรด 10 เนื่องจากว่า เป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์ในภาคเรียนที่ 1 ตามหลักสูตรการศึกษาปี 2011 หน่วยเรียนรู้ เรื่อง กลศาสตร์ที่มีการจัดการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 อยู่ในรายวิชาฟิสิกส์เกรด 10

2.2) เลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิจัยโดยการนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ประจำเดือนธันวาคมปีการศึกษา 2560-2561 ของนักเรียนเกรด 10 ทั้งหมด 3 ห้องเรียนมาทดสอบความเท่าเทียมกันด้วยสถิติทดสอบ F-test จากนั้นเลือกห้องที่มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันหรือแตกต่างกันน้อยที่สุดมาเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

หลังจากนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ประจำเดือนธันวาคม ปีการศึกษา 2560-2561 ของนักเรียนเกรด 10 ทั้ง 3 ห้องเรียน มาวิเคราะห์ความเท่าเทียมกันด้วยสถิติทดสอบ F-test แล้ว พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ประจำเดือนธันวาคมปีการศึกษา

2560-2561 ของนักเรียนเกรด 10 ทั้ง 3 ห้องเรียนนี้ไม่แตกต่างกัน (ดังแสดงในตารางที่ 2) จากนั้นเลือกกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยการจับสลาก ผลปรากฏว่า ได้ห้อง 10C เป็นกลุ่มทดลอง และห้อง 10B เป็นกลุ่มเรียบเทียบ

ตารางที่ 2 จำนวนนักเรียน (N) คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ F-test ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ประจำเดือนธันวาคม ปีการศึกษา 2560-2561

ห้องเรียน	N	$\bar{X}$	SD	F	Sig
ห้อง 10A	41	65.07	22.98		
ห้อง 10B	43	58.14	22.60	.99	.37
ห้อง 10C	44	59.23	26.46		

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ มี 2 แบบ ดังนี้

1.1) แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

1.2) แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ได้มีการดำเนินการศึกษากับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง เป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และกลุ่มเปรียบเทียบ เป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจึงต้องมีสองแบบ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

การดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษาแนวทางการนำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางของ Hieggelke et al., (2006) และ Tsovaltzi et al., (2012) เป็นหลัก เนื่องจากเป็นงานวิจัยแรก ๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่ยังคงใช้กันอยู่ในปัจจุบันจากหนังสือคู่มือครูรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมที่ได้มีการระบุไว้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้นั้นจำเป็นต้องใช้วิธีสอน รูปแบบการสอน และ/หรือเทคนิคการสอนที่หลากหลายผสมผสานกัน แนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่แนะนำให้ใช้ เช่น การใช้คำถาม การทดลอง กิจกรรมและการสาธิต การอภิปราย และการนิรนัย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 6)

3) คัดเลือกเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรการศึกษาปี 2011 ของประเทศกัมพูชา เป็นเนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ ระดับเกรด 10 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กลศาสตร์ จำนวน 3 บทเรียน ได้แก่ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน งานและพลังงาน และพลศาสตร์ของไหล

4) วิเคราะห์เนื้อหาฟิสิกส์ ระดับเกรด 10 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กลศาสตร์ร่วมกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่คู่มือครูแนะนำให้ใช้วิธีสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละหัวข้อ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 หัวข้อ วิธีสอน และจำนวนคาบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนที่	หัวข้อ	วิธีสอน	เวลา (คาบ)
	บทที่ 1 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัว		
1	1.1 กฎข้อที่ 1 และกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน	แบบนิรนัย	2
2	1.2 กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน	แบบทดลอง	2
3	1.3 การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง	แบบทดลอง	2
4	1.4 รอก	แบบสาธิต	2
	บทที่ 2 งานและพลังงาน		
5	2.1 งานและกำลัง	แบบนิรนัย	2
6	2.2 พลังงานจลน์	แบบนิรนัย	2
7	2.3 พลังงานศักย์	แบบนิรนัย	2
	บทที่ 3 พลศาสตร์ของไหล		
8	3.1 ความดันของของไหล	แบบสาธิต	2
9	3.2 ทดลองความดันในของเหลว	แบบทดลอง	2
10	3.3 การประยุกต์ใช้ความดัน	แบบทดลอง	2

5) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และสร้างโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามบทเรียนและหัวข้อในตารางที่ 3 ซึ่งมีทั้งหมด 10 แผน ในแต่ละแผนจะมีโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 4 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 1 เป็นโจทย์ปัญหาที่ครูอธิบายและแสดงวิธีทำเพื่อเป็นตัวอย่างให้แก่นักเรียน ตัวอย่างที่ 2 เป็นโจทย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องสำหรับนักเรียนฝึกแก้ไขเป็นกลุ่ม ใช้เป็นงานรายกลุ่ม ตัวอย่างที่ 3 เป็นโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องสำหรับนักเรียนฝึกแก้ไขด้วยตนเอง ใช้เป็นงานรายบุคคล และตัวอย่างที่ 4 ใช้ประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนรายบุคคลช่วงท้ายของคาบเรียน การจัดการเรียนการสอนมีการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

5.1) ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละบทเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์ จากนั้นยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (ตัวอย่างที่ 1) และแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวพร้อมอธิบายการได้มาซึ่งคำตอบที่ละขั้น

5.2) การเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องครั้งที่ 1 ให้ทำเป็นกลุ่ม ครูเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 1 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 2) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ไข โดยในใบงานประกอบด้วยสถานการณ์โจทย์ปัญหาและรายละเอียดของคำตอบที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและสมบูรณ์ โดยผ่านขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้ (1) ระบุข้อผิดพลาด ระบุส่วนของคำตอบที่ไม่ถูกต้องและ/หรือส่วนของคำตอบที่ขาดหายไป (2) อธิบายข้อผิดพลาด อธิบายสาเหตุที่ทำให้การแก้โจทย์ปัญหาไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ (3) แก้ไขข้อผิดพลาด แก้ไขคำตอบในส่วนที่ไม่ถูกต้อง และเพิ่มเติมในส่วนที่ไม่สมบูรณ์

5.3) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแสดงการวินิจฉัย และการแก้ไขข้อผิดพลาดหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบของแต่ละกลุ่มให้ถูกต้อง

5.4) การเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องครั้งที่ 2 ให้ทำรายบุคคล ครูเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง 1 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 3) ให้นักเรียนแต่ละคนแก้ไข โดยในใบงานประกอบด้วยสถานการณ์โจทย์ปัญหาและรายละเอียดของคำตอบ ให้นักเรียนแต่ละคนวินิจฉัยว่าคำตอบนั้นถูกต้องและ/หรือสมบูรณ์หรือไม่ ถ้าหากว่าคำตอบนั้นมีส่วนที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ ให้นักเรียนแก้ไขให้ถูกต้องและสมบูรณ์โดยผ่านขั้นตอนการปฏิบัติเหมือนในงานกลุ่ม

5.5) ครูสุ่มเลือกนักเรียน 3 คนออกมาแสดงการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบของนักเรียน 3 คนดังกล่าว

5.6) ครูนำนักเรียนอภิปรายสรุปมโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์ในบทเรียน จากนั้นมอบหมายโจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัย (ตัวอย่างที่ 4) ให้นักเรียนทำเป็นแบบฝึกหัด

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ เนื้อหา และกิจกรรมการเรียนรู้ตามวิธีสอนแบบต่าง ๆ ที่ได้ระบุไว้ข้างต้น ตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้อง

ของโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับเนื้อหา และระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน จากนั้นปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้มาตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

หลังจากอาจารย์ที่ปรึกษาได้ตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องแล้ว ได้แนะนำให้ปรับแบบฟอร์มใบงานโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องทั้งใบงานที่เป็นงานรายกลุ่ม และใบงานที่เป็นงานรายบุคคล โดยในแต่ละใบงานควรแสดงให้เห็นลำดับขั้นตอนการดำเนินการกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องดังนี้ การระบุข้อผิดพลาด การอธิบายข้อผิดพลาด และการแก้ไขข้อผิดพลาด

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาเสนอผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์สอนฟิสิกส์ 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ รวมถึงความชัดเจนของภาษาที่ใช้ จากนั้นปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลจากการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้กับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ระหว่าง 0.33 - 1.00 (ดังแสดงในภาคผนวก ฉ) และผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้สรุปได้ดังต่อไปนี้

7.1) ด้านวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ทุกแผนให้เพิ่มวัตถุประสงค์ “นักเรียนสามารถวาดภาพแทนสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ถูกต้อง” เนื่องจากว่าการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เน้นให้นักเรียนวาดภาพแทนสถานการณ์ แผนที่ 2 เพิ่มวัตถุประสงค์ “นักเรียนสามารถบอกคู่แรงกริยาและแรงปฏิกิริยาได้” แผนที่ 9 เพิ่มจุดประสงค์ “นักเรียนสามารถอธิบายหลักการหาความดันของสารโดยใช้มานอมิเตอร์ได้” แผนที่ 10 เพิ่มวัตถุประสงค์ “นักเรียนสามารถทดลองและสรุปผลการทดลองเรื่องหลักการอาร์คิมิดีสหรือแรงลอยตัวได้ และนักเรียนสามารถบอกความหมายของแรงลอยตัวได้” แผนใดที่มีการทดลองให้เพิ่มคำว่า “ได้ด้วยการทดลอง” เช่น “นักเรียนสามารถอธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อ 3 ของนิวตันได้ด้วยการทดลอง” ปรับสำนวนภาษาในวัตถุประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 5 และ 8

7.2) ด้านเนื้อหา ทุกแผนให้เขียนเฉพาะมโนทัศน์หลัก แผนที่ 2 ปรับการเขียนสำนวนกฎข้อ 3 ของนิวตัน แผนที่ 6 และ 7 ปรับสัญลักษณ์แทนพลังงานให้เป็นสากล คือ ปรับจาก K เป็น E_k และปรับจาก U เป็น E_p เพิ่มความหมายของตัวแปรในความสัมพันธ์ เช่น E_k พลังงานจลน์ มีหน่วยเป็นจูล (J) เพิ่มนิยามพลังงานศักย์โน้มถ่วงอิงตามสมการ $E_p = mgh$ แผนที่ 9 เพิ่มข้อความของเหลวชนิดเดียวกันที่ความลึกเท่ากันมีความดันเท่ากัน

7.3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ แผนใดที่มีกิจกรรมเป็นการสาธิตให้ปรับเป็นการทดลองถ้าหากว่ามีเวลาเพียงพอ ทุกแผนถ้ามีการใช้คำถามให้จัดกลุ่มคำถามตามประเด็น แผนที่ 1 เพิ่มการทบทวนความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับสมบัติของเวกเตอร์ ปรับการอธิบายการแบ่งกลุ่มนักเรียน แผนที่ 2 ปรับกิจกรรมการทดลองที่ใช้แรงดึงดูดระหว่างเหล็กกับแม่เหล็กเป็นการใช้เครื่องชั่งสปริง 2 อันดึงกัน แผนที่ 3 ควรให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมว่า นอกจากแรงเสียดทานจะขึ้นอยู่กับความขันของพื้นเอียงแล้ว ยังขึ้นอยู่ลักษณะพื้นผิวของพื้นเอียงและพื้นผิววัตถุอีกด้วย แผนที่ 4 ก่อนที่จะเริ่มบทเรียน ครูควรถามนักเรียนเกี่ยวกับการใช้รอกในชีวิตประจำวันก่อน ในข้อ 2 ครูควรเพิ่มกิจกรรมดังนี้ นำมวลก้อนหนึ่งผูกติดกับปลายเชือกเส้นหนึ่งแล้วให้นักเรียนดึงขึ้นด้วยใช้รอกและไม่ใช้รอก จากนั้นถามนักเรียนว่า สถานการณ์ใดที่นักเรียนดึงขึ้นง่ายกว่ากัน แผนที่ 5 ปรับการอธิบายกิจกรรมการเรียนรู้ในข้อ 1 แผนที่ 10 ให้นักเรียนสรุปผลการทดลองแล้วบอกความหมายของแรงลอยตัว

7.4) ด้านโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง แผนที่ 1 ในใบงานที่ 2 และที่ 3 เพิ่มการอธิบายข้อผิดพลาดในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง แผนที่ 3 ควรเพิ่มโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องเกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และไม่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันเพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์ แผนที่ 5 ในใบงานที่ 2 งานรายกลุ่ม ควรให้คำตอบที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับแรงที่ตั้งฉากกับการกระจัดของการเคลื่อนที่ แผนที่ 8 โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ควรสร้างข้อผิดพลาดในส่วนที่เป็นการใช้สูตรหรือขั้นตอนการแก้สมการมากกว่าการใช้ตัวเลข

7.5) ด้านการประเมินการผลเรียนรู้ ควรเพิ่มการประเมินการมีส่วนร่วมของนักเรียน เช่น การตอบคำถาม และการอภิปรายหน้าชั้นเรียน

7.6) ด้านสื่อการเรียนรู้ แผนที่ 9 ให้เพิ่มเครื่องมือที่ได้ระบุไว้ในใบกิจกรรมทดลองในหัวข้อสื่อการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา แล้วทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้กับระยะเวลาที่ใช้ จากนั้นปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

การวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องแผนที่ 1 กับนักเรียนเกรด 10A ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา ในวันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2561 ผลที่ได้จากการทดลองใช้ พบว่า การดำเนินการจัดการเรียนการสอนใช้เวลามากกว่าเวลาที่ได้กำหนดไว้ประมาณ 35 นาที เนื่องจากต้องใช้เวลาประมาณ 30 นาที ในการอธิบายให้นักเรียนเข้าใจลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอน การตอบคำถามในใบงาน และบทบาทครูและนักเรียน ร่วมทั้งนักเรียนใช้เวลาค่อนข้างมากในการทำใบงานที่ 2 การแก้โจทย์

ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องรายกลุ่ม ส่งผลให้ต้องเพิ่มเวลาอีก 35 นาที เพื่อให้นักเรียนทำใบงานที่ 3 และที่ 4 ได้เสร็จสิ้น

9) นำผลการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงกิจกรรมให้กระชับมากขึ้น จากนั้นนำไปทดลองจัดการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยเริ่มการทดลองในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ และสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 27 มีนาคม พ.ศ. 2561

3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีการเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยให้นักเรียนทำการแก้ไขหลังจากได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยนั้น ๆ ครบถ้วนแล้ว การดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่ยังคงใช้กันอยู่ในปัจจุบันจากหนังสือคู่มือครูรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติมที่ได้มีการระบุไว้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้นั้นจำเป็นต้องใช้วิธีสอน รูปแบบการสอน และ/หรือเทคนิคการสอนที่หลากหลายผสมผสานกัน แนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่แนะนำให้ใช้ เช่น การใช้คำถาม การทดลอง กิจกรรมและการสาธิต การอภิปราย และการนิรนัย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 6)

2) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนเน้นการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แบบอัตนัยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยใช้แนวทางของ Hestenes (1987) Heller et al. (1992) Chekuri (1996) Huffman (1997) และ Çalışkan et al. (2012) สรุปได้ขั้นตอนของการแก้โจทย์ทางฟิสิกส์แบบอัตนัยดังนี้ การทำความเข้าใจปัญหา การอธิบายเชิงฟิสิกส์ การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบและประเมิน

3) คัดเลือกเนื้อหาใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรการศึกษาปี 2011 ของประเทศกัมพูชา เป็นเนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ ระดับเกรด 10 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กลศาสตร์ จำนวน 3 บทเรียน ได้แก่ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน งานและพลังงาน และพลศาสตร์ของไหล

4) วิเคราะห์เนื้อหาฟิสิกส์ ระดับเกรด 10 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กลศาสตร์ร่วมกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่คู่มือครูแนะนำให้ใช้วิธีสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละหัวข้อ จำนวนแผน หัวข้อ วิธีสอน และเวลาที่ใช้แบบเดียวกันกับกลุ่มทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3

5) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และสร้างโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ตามหัวข้อ วิธีสอน และเวลาที่กำหนดไว้ มีแผนการจัดการเรียนรู้รวมทั้งสิ้น 10 แผน ในแต่ละแผนจะมีโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 4 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 1 เป็นโจทย์ปัญหาที่ครูอธิบาย และแสดงวิธีทำเพื่อเป็นตัวอย่างให้แก่นักเรียน ตัวอย่างที่ 2 เป็นโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยสำหรับนักเรียนฝึกแก้ไขเป็นกลุ่ม ใช้เป็นงานรายกลุ่ม ตัวอย่างที่ 3 เป็นโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยสำหรับนักเรียนฝึกแก้ไขด้วยตนเอง ใช้เป็นงานรายบุคคล และตัวอย่างที่ 4 ใช้ประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนรายบุคคลช่วงท้ายของคาบเรียน การจัดการเรียนการสอนมีการดำเนินดังนี้

5.1) ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเลือกใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละบทเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางฟิสิกส์ จากนั้นยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ (ตัวอย่างที่ 1) และแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวพร้อมอธิบายการได้มาซึ่งคำตอบที่ละขั้น

5.2) การเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยครั้งที่ 1 ครูเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย 1 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 2) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบ

5.3) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบ และแก้ไขคำตอบของแต่ละกลุ่มให้ถูกต้อง

5.4) การเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยครั้งที่ 2 ครูเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย 1 ตัวอย่าง (ตัวอย่างที่ 3) ให้นักเรียนแต่ละคนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบโดยเขียนวิธีการหาคำตอบลงในใบงาน

5.5) ครูสุ่มเลือกนักเรียน 3 คนออกมาแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์หน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบของนักเรียน 3 คนดังกล่าว

5.6) ครูนำนักเรียนอภิปรายสรุปมโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีของบทเรียน จากนั้นมอบหมายโจทย์ปัญหาฟิสิกส์แบบอัตนัย (ตัวอย่างที่ 4) ให้นักเรียนทำเป็นแบบฝึกหัด

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ เนื้อหา และกิจกรรมการเรียนรู้ตามวิธีสอนแบบต่าง ๆ ที่ได้ระบุไว้ข้างต้น ตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยกับเนื้อหา และระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาเสนอผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์สอนฟิสิกส์ 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล

การเรียนรู้ รวมถึงความชัดเจนของภาษาที่ใช้ จากนั้นปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลที่ได้จากการตรวจสอบของผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ระหว่าง 0.33-1.00 และผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะหลักไม่แตกต่างจากแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ยกเว้นข้อเสนอแนะเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิไปจัดการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ โดยเริ่มการทดลองในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ และสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2561

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบอัตนัยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์ เกรด 10 ประกอบด้วย โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำนวน 6 ข้อ การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) กำหนดจุดมุ่งหมายในการวัด คือ เป็นการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่อง กลศาสตร์ของนักเรียนเกรด 10

2) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ และเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนน ผลที่ได้จากการศึกษางานวิจัยของ Heller et al. (1992) Hollabaugh (1995) Huffman (1997) และ Docktor et al. (2016) พบว่าการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์มีการใช้เครื่องมือที่เป็นข้อสอบแบบอัตนัยและประเมินโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค

3) ศึกษาแนวทางการจำแนกองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์จากงานวิจัยของ Heller et al. (1992) Hollabaugh (1995) Huffman (1997) และ Docktor et al. (2016) ผลจากการศึกษางานวิจัยดังกล่าว สรุปได้องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ดังนี้ การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ และการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์

4) กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

4.1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ (Evidence of conceptual understanding) การวาดภาพแทนสถานการณ์ การระบุปริมาณที่ทราบค่า ปริมาณที่ไม่ทราบค่า เงื่อนไขต่าง ๆ และกฎ หลักการ หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง

4.2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ (Completeness of physics representation) การวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ การระบุปริมาณที่ทราบค่า ปริมาณที่ไม่ทราบค่า และเงื่อนไขต่าง ๆ ในรูปสัญลักษณ์ พร้อมแสดงความสัมพันธ์ทั่วไปของปริมาณทางฟิสิกส์

4.3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical equation) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์

4.4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ (Logical progression) การแก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้สมการสุดท้ายที่มีปริมาณเป้าหมายอยู่ด้านหนึ่งของสมการและปริมาณที่ทราบค่าอยู่อีกด้านหนึ่งของสมการมีความสอดคล้องกันอย่างต่อเนื่อง การสนับสนุนในแต่ละขั้นตอนปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน

4.5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Mathematical execution) การนำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการสุดท้าย การคำนวณเพื่อหาค่าปริมาณเป้าหมาย และการระบุหน่วยของค่าคำตอบได้ถูกต้อง

5) ศึกษาแนวทางการสร้างเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์จากงานวิจัยของ Hollabaugh (1995) Huffman (1997) และ Docktor et al. (2016) ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า งานวิจัยเหล่านี้ล้วนมีการใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบรูบริคในแต่ละองค์ประกอบที่ได้กำหนดไว้ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้มีการนำองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ได้สรุปไว้มาสร้างเป็นเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบรูบริคดังต่อไปนี้

1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์
   0 = ไม่ได้เขียนอะไร
   1 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ได้ถูกต้อง
   2 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ได้ถูกต้อง ระบุปริมาณที่ทราบค่าและปริมาณที่ไม่ทราบค่าได้ครบถ้วนหรือขาดเล็กน้อย
   3 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ได้ถูกต้อง ระบุปริมาณที่ทราบค่าและปริมาณที่ไม่ทราบค่าได้ครบถ้วนหรือขาดเล็กน้อย และแสดงให้เห็นกฎ หลักการและ/หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
   4 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ได้ถูกต้อง ระบุปริมาณที่ทราบค่าและปริมาณที่ไม่ทราบค่าได้ครบถ้วนหรือขาดเล็กน้อย และแสดงให้เห็นกฎ หลักการและ/หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง และครบถ้วน
2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์
   0 = ไม่ได้เขียนอะไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ผิดส่วนมาก

2 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องหรือผิดเล็กน้อย

3 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องหรือผิดเล็กน้อย และระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ครบถ้วนหรือขาดเล็กน้อย

4 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องหรือผิดเล็กน้อย ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ครบถ้วนหรือขาดเล็กน้อย และแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณในรูปสัญลักษณ์ได้ถูกต้อง

3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์

0 = ไม่ได้เขียนอะไร

1 = สมการไม่สอดคล้องกับตัวทานทางฟิสิกส์

2 = สมการสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์เล็กน้อย

3 = สมการสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์เป็นส่วนมาก

4 = สมการสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์

4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ

0 = ไม่ได้เขียนอะไร

1 = การแก้สมการไม่เป็นระเบียบ และไม่มีขั้นตอนชัดเจน

2 = การแก้สมการเป็นระเบียบ แต่ไม่มีขั้นตอนชัดเจนหรือข้ามขั้นตอนเยอะ

3 = การแก้สมการเป็นระเบียบ มีขั้นตอนชัดเจน แต่ข้ามขั้นตอนเล็กน้อย

4 = การแก้สมการเป็นระเบียบ มีขั้นตอนชัดเจนและสมบูรณ์

5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์

0 = ไม่ได้เขียนอะไร

1 = มีการนำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการได้ถูกต้อง

2 = มีการนำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการได้ถูกต้อง แต่การคำนวณได้ค่าคำตอบไม่ถูกต้อง

3 = มีการนำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการได้ถูกต้อง และการคำนวณได้ค่าคำตอบถูกต้อง

4 = มีการนำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการได้ถูกต้อง การคำนวณได้ค่าคำตอบถูกต้อง และการระบุหน่วยค่าคำตอบได้ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) กำหนดโครงสร้างแบบทดสอบจากเนื้อหาบทเรียนฟิสิกส์เกรด 10 เรื่อง กลศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 90 นาที แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนข้อของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ในแต่ละหัวข้อ

หัวข้อ	จำนวนข้อ
1) กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	2 ข้อ
2) งานและพลังงาน	2 ข้อ
3) พลศาสตร์ของไหล	2 ข้อ
รวม	6 ข้อ

7) สร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์ เกรด 10 จำนวน 6 ข้อตามตารางที่กำหนดไว้ด้านบน โดยแต่ละข้อเป็นแบบทดสอบอัตนัย และสร้างให้สอดคล้องกับองค์ประกอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ดังนี้ การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ และการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์

8) สร้างคำตอบของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์ เกรด 10 ตามองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ดังนี้ การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ และการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์

9) นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ คำตอบ และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องของแบบทดสอบ คำตอบ และเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนน รวมทั้งตรวจสอบความชัดเจนของภาษาที่ใช้ จากนั้นแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

ผลที่ได้จากการตรวจสอบของอาจารย์ที่ปรึกษามีดังนี้ การแก้คำผิด ปรับสำนวนภาษาที่ใช้ในคำชี้แจงเกี่ยวกับการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ปรับสำนวนภาษาที่ใช้ในเกณฑ์การตรวจให้คะแนน สร้างแบบฟอร์มประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนเพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิช่วยประเมินและปรับปรุงแก้ไข

10) นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ คำตอบ และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย 2 ท่าน และครูสอนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน (รายนามดังแสดงในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ด้วยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์กับองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ความเหมาะสมของเกณฑ์ให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ และความสอดคล้องของเกณฑ์ให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบกับคำตอบ รวงทั้งการให้ข้อเสนอแนะ

เกี่ยวกับความชัดเจนของภาษาที่ใช้ จากนั้นปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ คำตอบ และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบพบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างโจทย์ปัญหาฟิสิกส์ทั้ง 6 ข้อกับองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และค่าดัชนีความสอดคล้องและความเหมาะสมของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบกับคำตอบเท่ากับ 1.00 ทุกองค์ประกอบ (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก จ) นอกจากนี้ผู้ทรงคุณวุฒิยังให้ข้อเสนอแนะที่สรุปได้ดังนี้

10.1) ด้านโจทย์ปัญหา ในข้อ 3 ปรับโจทย์จากการถามหาพลังงานกลเป็นการหาพลังงานจลน์ ถ้าเป็นการถามหาพลังงานกลเมื่อนักเรียนใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานการแก้สมการจะไม่เกิดขึ้น ในข้อ 4 ปรับสำนวนภาษาจาก “เขาเทน้ำมันลงไปในหลอดแก้วด้านขวา” เป็น “เมื่อเทน้ำมันลงไปในหลอดแก้วด้านขวา”

10.2) ด้านคำตอบ ข้อ 1 ปรับการแก้โจทย์ปัญหาจากการเขียนสมการที่เกี่ยวข้องออกมาทั้งหมดก่อนแล้วค่อยแก้สมการหาค่าตัวแปรที่โจทย์ต้องการทราบค่าเป็นการหาค่าตัวแปรที่ละตัวแปร จากนั้นค่อยไปหาค่าตัวแปรที่โจทย์ต้องการทราบค่าตอนท้าย และให้แยกตามองค์ประกอบแกน x และแกน y ข้อ 2 ควรตัด $F_1 = m_1 a$ และ $F_1 = T - m_1 g$ ทิ้ง แล้วเริ่มเขียนที่ $m_1 a = T - m_1 g$ และควรหาค่าความเร่ง a ก่อนค่อยหาค่าแรงตึงเชือก T จะช่วยลดขั้นตอนการแก้สมการ ข้อ 3 แก้การใช้สัญลักษณ์แทนพลังงานกลโดยเปลี่ยนจาก E_k เป็น E_m ข้อ 4 ควรเพิ่มความสัมพันธ์ $W = \Delta K$ หรือ $W = \Delta E_k$ ข้อ 5 เพิ่มการอธิบายหลักการว่า ที่ระดับความลึกเดียวกันมีความดันเท่ากัน

10.3) ด้านเกณฑ์การตรวจให้คะแนน องค์ประกอบที่ 2 จากเดิมมีคะแนนเต็ม 6 คะแนนควรปรับให้เหลืออยู่ 4 คะแนน องค์ประกอบที่ 3 เมื่อมีการปรับการแก้โจทย์ปัญหาจากการเขียนสมการที่เกี่ยวข้องออกมาทั้งหมดก่อนแล้วค่อยแก้สมการหาค่าตัวแปรที่โจทย์ต้องการทราบค่าเป็นการหาค่าตัวแปรที่ละตัวแปร จากนั้นค่อยไปหาค่าตัวแปรที่โจทย์ต้องการทราบค่าตอนท้าย จึงทำให้การอธิบายแนวทางการแก้สมการไม่ปรากฏขึ้น แล้วคะแนนส่วนจึงถูกตัดออกไป 1 คะแนน สุดท้ายเกณฑ์การตรวจให้คะแนนถูกปรับเหลือข้อละ 20 คะแนนจากเดิมข้อละ 23 คะแนน

11) นำแบบทดสอบที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนเกรด 11 ที่ผ่านการเรียนเรื่องกลศาสตร์แล้วจำนวน 30 คน จากนั้นทำการตรวจสอบคุณของแบบทดสอบรายข้อด้วยการหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์พิจารณาค่าความยากระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่

0.20 ขึ้นไป (โชติกา ภาษีผล, 2559: 73) จากนั้นทำการตรวจสอบหาคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ของ Cronbach

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้มีการนำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไปทดลองใช้กับนักเรียนเกรด 11A จำนวน 24 คน ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560-2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง ประเทศกัมพูชา จากผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อได้ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.30-0.68 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.40 และจากผลการตรวจสอบหาค่าความเที่ยงทั้งฉบับ ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.72 (รายละเอียดดังแสดงให้เห็นในภาคผนวก จ)

12) นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังจากการทดลองสอนจริง คือใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

13) หลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งห้องทดลองและห้องเปรียบเทียบแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจให้คะแนน แล้วคัดเลือกชุดคำตอบของนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับดีมากจำนวน 2 ชุด ระดับดีจำนวน 2 ชุด ระดับปานกลางจำนวน 2 ชุด และระดับไม่ผ่านจำนวน 2 ชุด รวมทั้งหมดจำนวน 8 ชุด ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ท่านช่วยตรวจให้คะแนน (รายนามดังแสดงในภาคผนวก ก) จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการตรวจของผู้วิจัยและผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 2 ท่านมาวิเคราะห์หาความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ (inter rater reliability) ด้วยสถิติ reliability analysis โดยกำหนดเกณฑ์ความสอดคล้องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficients: ICC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (Koo & Li, 2016)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์พบว่า ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นโดยสรุปเท่ากับ 0.99 ช่วงความเชื่อมั่นระหว่าง 0.98-0.99 แสดงให้เห็นว่า การตรวจให้คะแนนของผู้วิจัยและผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 2 ท่านโดยสรุปมีความสอดคล้องกันอยู่ในระดับดีมาก แต่เมื่อวิเคราะห์โดยจำแนกตามระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นของชุดคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีมากเท่ากับ 0.65 ระดับดีเท่ากับ 0.93 ระดับปานกลางเท่ากับ 0.99 และระดับไม่ผ่านเท่ากับ 0.96 ซึ่งมีความสอดคล้องกันอยู่ในระดับปานกลาง ดีมาก ดีมาก และดีมากตามลำดับ (รายละเอียดในภาคผนวก จ)

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการทดลองได้ดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ที่ได้สร้างขึ้น โดยกลุ่มทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังการทดลองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง

หลังจากคัดเลือกนักเรียนเกรด 10 จำนวน 2 ห้องมาเป็นกลุ่มตัวอย่างแล้ว ได้มีการแนะนำรายวิชาเรียน การดำเนินการจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลดังนี้

1) การแนะนำรายวิชาเรียน เป็นรายวิชาฟิสิกส์ระดับเกรด 10 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กลศาสตร์ จำนวน 3 บทเรียนได้แก่ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน งานและพลังงาน และพลศาสตร์ของไหล

2) การแนะนำการดำเนินการจัดการเรียนการสอน ห้อง 10C เป็นห้องทดลอง แนะนำการดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ห้อง 10B เป็นห้องเปรียบเทียบแนะนำการดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

3) การแนะนำการวัดและประเมินผล หลังจากสอนจบครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ตามเนื้อหาที่ได้เรียนทั้งหมด โดยมีโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำนวน 6 ข้อ ซึ่งเป็นโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย และระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 90 นาที เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 การดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยกลุ่มทดลอง (ห้อง 10C) สอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และกลุ่มเปรียบเทียบ (ห้อง 10B) สอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย การดำเนินการทดลองเริ่มตั้งแต่วันที่ 5 กุมภาพันธ์ จนถึงวันที่ 27 มีนาคม พ.ศ. 2561 ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบไม่เท่ากัน โดยกลุ่มทดลองใช้ระยะเวลา 7 สัปดาห์ เท่ากับ 26 คาบเรียน มากกว่าเวลาที่ได้วางแผนไว้ 6 คาบเรียน ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบใช้ระยะเวลา 6 สัปดาห์ เท่ากับ 24 คาบเรียน มากว่าเวลาที่ได้วางแผนไว้ 4 คาบเรียน ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจาก

1) คาบเรียนแรกครูใช้เวลาประมาณ 30 นาทีในการอธิบายให้นักเรียนกลุ่มทดลองเข้าใจกิจกรรมการแก้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และนักเรียนใช้เวลาค่อนข้างมากในการตอบคำถามในใบงาน จึงส่งผลให้เวลาที่ใช้ในกลุ่มทดลองมากกว่าเวลาที่ได้กำหนดไว้ 35 นาที ในขณะที่กลุ่มเปรียบเทียบใช้เวลาทำกิจกรรมและใบงานเป็นไปตามที่กำหนด เพราะนักเรียนคุ้นเคยกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ซึ่งเป็นโจทย์ปัญหาที่ครูมักให้นักเรียนฝึกทำเป็นประจำ

2) ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง และ 4 เรื่อง รอก ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบใช้เวลามากกว่าเวลาที่ได้กำหนดไว้แผนละ 2 คาบเรียน รวมทั้งหมด 4 คาบเรียน เพราะว่า อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีชุดเดียว ส่วนนักเรียนมีทั้งหมด 6 กลุ่ม ไม่สามารถดำเนินการทดลองได้พร้อมกันทุกกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้ทำการทดลองทุกกลุ่ม จำเป็นต้องทำที่ละกลุ่ม และธรรมชาติของเนื้อหาใน 2 หัวข้อนี้ค่อนข้างยาก ทำให้ผู้วิจัยต้องใช้เวลามากในการอธิบายให้นักเรียนเข้าใจ

3) ในการดำเนินกิจกรรมการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ผู้วิจัยไม่ได้เตรียมความพร้อมอุปกรณ์และน้ำที่ใช้ในการทดลอง เพราะคิดว่าเป็นอุปกรณ์ง่าย ๆ ที่นักเรียนรู้จักโดยทั่วไป สามารถมอบหมายให้นักเรียนไปเอาจากห้องเก็บอุปกรณ์ด้วยตนเองได้ แต่เมื่อมอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปเอาอุปกรณ์ทดลองในห้องเก็บอุปกรณ์ตามรายการในใบทดลองแล้วไปกดน้ำข้างนอกห้องทดลองด้วยตนเอง ผู้วิจัยกลับไม่สามารถควบคุมนักเรียนได้ จึงทำให้เวลาที่ใช้มากว่าเวลาที่ได้กำหนดไว้ 1 คาบเรียน ส่วนการดำเนินกิจกรรมการทดลองในกลุ่มเปรียบเทียบหลังจากได้รับประสบการณ์จากกลุ่มทดลองแล้ว ผู้วิจัยได้เตรียมความพร้อมอุปกรณ์และน้ำที่ใช้ในการทดลองไว้ตามโต๊ะทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่มเรียบร้อย จึงทำให้กิจกรรมการทดลองในกลุ่มเปรียบเทียบดำเนินการได้ตามเวลาที่กำหนดไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากการดำเนินการจัดการเรียนการสอนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้เตรียมไว้แล้ว ให้นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยที่มีโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำนวน 6 ข้อ ในวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2561 โดยระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 90 นาที แต่จำนวนนักเรียนที่มาสอบในแต่ละห้องไม่ครบ โดยห้อง 10C ซึ่งเป็นกลุ่มทดลองมีนักเรียนมาสอบ 36 คน จากนักเรียนทั้งหมด 44 คน ขาดสอบ 8 คน และห้อง 10B ซึ่งเป็นกลุ่มเปรียบเทียบมีนักเรียนมาสอบ 37 คน จากนักเรียนทั้งหมด 43 คน ขาดสอบ 6 คน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยด้วยสถิติทดสอบ one sample t-test โดยวิเคราะห์หาคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ t และค่านัยสำคัญ (p) ซึ่งการวิเคราะห์เทียบกับเกณฑ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีหรือร้อยละ 65 ที่กำหนดโดยกระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชา

2) วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยด้วยสถิติทดสอบ independent sample t-test โดยวิเคราะห์หาคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ t และค่านัยสำคัญ (p) จากนั้นเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละระดับระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยด้วยสถิติทดสอบ Chi-square และสุดท้ายเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของตัวแทนนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี ปานกลาง และไม่ผ่าน ดังแสดงในตารางที่ 5 (กระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชา, ม.ป.ป.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 เกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
00 – 49	ไม่ผ่าน
50 – 64	ปานกลาง
65 – 79	ดี
80 – 100	ดีมาก

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องผลการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชา ได้มีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกับพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มเรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกับพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

การวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยมีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ส่วน คือ (1) ผลการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง (2) ผลการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

1) ผลการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง เป็นผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการนำคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบ และคะแนนเฉลี่ยสรุปไปวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบ one sample t-test ซึ่งการวิเคราะห์เทียบกับเกณฑ์ระดับดีหรือร้อยละ 65

ตารางที่ 6 คะแนนเต็ม คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ (t) และค่านัยสำคัญ (p) ขององค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	SD	เกณฑ์ระดับดี	t	p
1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์	4	1.64	41.08	1.07	≥65	5.36	.00
2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	4	2.32	57.88	1.23	≥65	1.39	.17
3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	4	2.27	56.74	1.30	≥65	1.53	.14
4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	4	1.88	46.99	1.45	≥65	2.98	.01
5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	4	1.84	46.07	1.41	≥65	3.21	.00
โดยรวม	20	9.95	49.75	6.13	≥65	2.99	.01

α = .05

จากตารางที่ 6 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 ที่ได้ตั้งไว้ เมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์พบว่า การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ และการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ และการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดี

2) ผลการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย เป็นผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการนำคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบ และคะแนนเฉลี่ยสรุปไปวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบ one sample t-test ซึ่งการวิเคราะห์เทียบกับเกณฑ์ระดับดีหรือร้อยละ 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7 คะแนนเต็ม คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ (t) และค่านัยสำคัญ (p) ขององค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	SD	เกณฑ์ระดับดี	t	p
1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์	4	1.35	33.68	.78	≥65	9.72	.00
2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	4	2.28	56.99	.66	≥65	2.98	.01
3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	4	2.16	54.07	.81	≥65	3.29	.00
4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	4	1.94	48.42	.79	≥65	5.10	.00
5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	4	1.93	48.30	.73	≥65	5.59	.00
โดยรวม	20	9.66	48.29	3.27	≥65	6.21	.00

α = .05

จากตารางที่ 7 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 ที่ได้ตั้งไว้ เมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์พบว่า ทุกองค์ประกอบมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกัน

จากข้อมูลคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ในตารางที่ 6 และ 7 สามารถสรุประดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนได้ดังต่อไปนี้

Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบในแต่ละองค์ประกอบที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มเปรียบเทียบ
1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	ปานกลาง	ปานกลาง
3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	ปานกลาง	ปานกลาง
4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน
โดยรวม	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน

จากตารางที่ 8 พบว่า ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยทุกองค์ประกอบไม่แตกต่างกัน

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยมีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 3 ส่วน คือ (1) ผลการเปรียบเทียบโดยใช้คะแนนเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ (2) ผลการเปรียบเทียบโดยใช้ระดับความสามารถเป็นเกณฑ์ (3) ผลการเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระหว่างตัวแทนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

1) ผลการเปรียบเทียบโดยใช้คะแนนเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ เป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยด้วยสถิติทดสอบ independent sample t-test

ตารางที่ 9 จำนวนนักเรียน (N) คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสถิติทดสอบ (t) และค่านัยสำคัญ (p) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	SD	t	p
กลุ่มทดลอง	36	49.92	30.66	.26	.79
กลุ่มเปรียบเทียบ	37	48.38	16.34		

α = .05

จากตารางที่ 9 พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งเรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบซึ่งเรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนไม่แตกต่างกัน

2) ผลการเปรียบเทียบโดยใช้ระดับความสามารถเป็นเกณฑ์ เป็นผลที่ได้จากการนำคะแนนของนักเรียนแต่ห้องมาจัดเป็นกลุ่มโดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา

ทางฟิสิกส์ระดับดีมาก ดี ปานกลาง และไม่ผ่าน จากนั้นเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบ Chi-square

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบจำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติ Chi-square

ระดับความสามารถ	ช่วงคะแนน	กลุ่มทดลอง (N=36)		กลุ่มเปรียบเทียบ (N=37)		χ^2	p
		จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ		
ดีมาก	80 – 100	10	27.78	2	5.41	5.33	.02
ดี	65 – 79	2	5.56	3	8.10	.20	.65
ปานกลาง	50 – 64	3	8.33	13	35.14	6.25	.01
ไม่ผ่าน	00 – 49	21	58.33	19	51.35	.10	.75

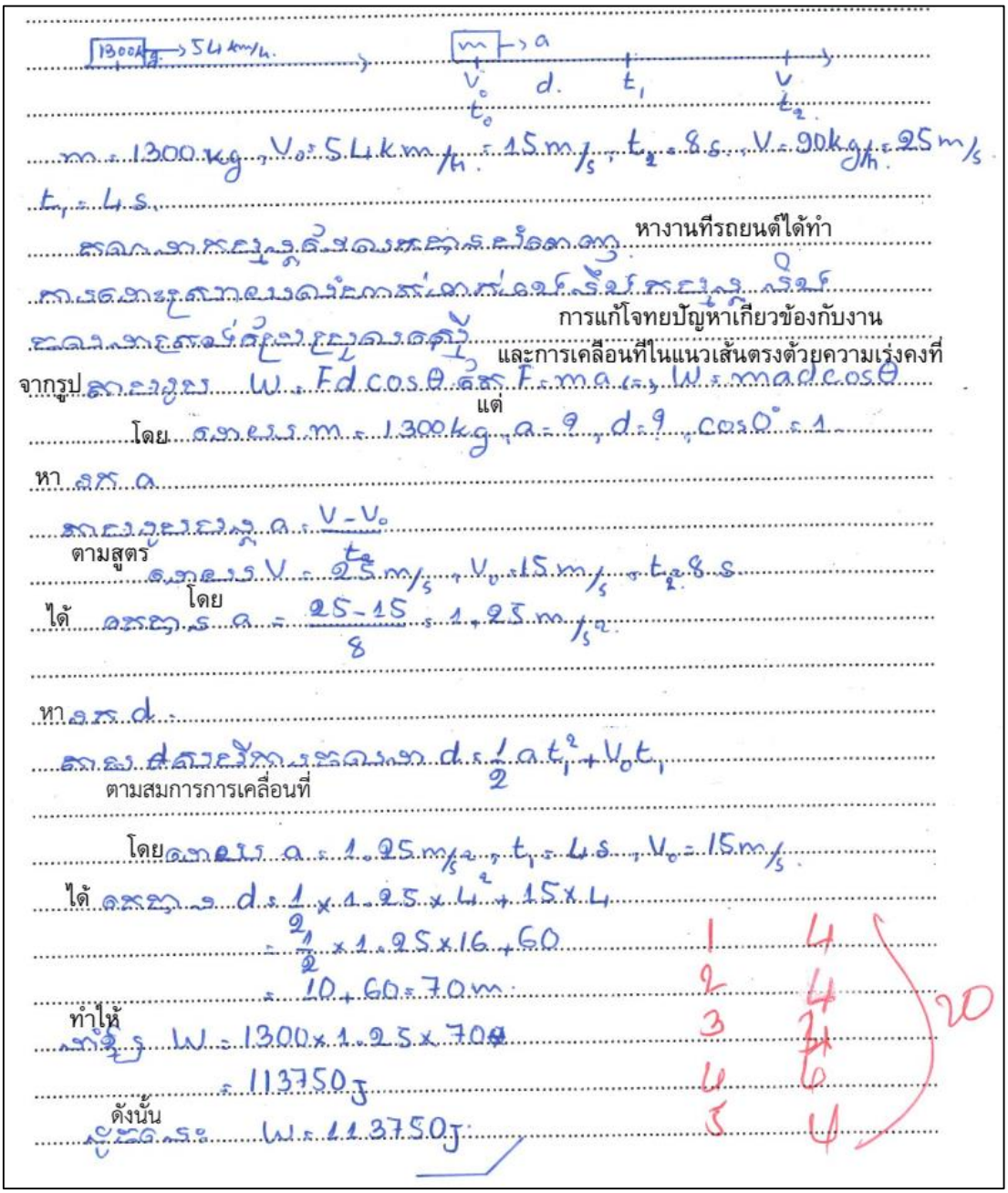
α = .05

จากตารางที่ 10 พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับดีมากและระดับปานกลางระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีมากของกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ ซึ่งกลุ่มทดลองมีจำนวน 10 คน ส่วนกลุ่มทดลองมีจำนวน 2 คน แต่ความสามารถระดับปานกลางมีจำนวนน้อยกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ โดยกลุ่มทดลองมีจำนวน 3 คน ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบมีจำนวน 13 คน และจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์อยู่ในระดับดีและระดับไม่ผ่านระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบไม่แตกต่างกัน โดยระดับดี กลุ่มทดลองมีจำนวน 2 คน กลุ่มเปรียบเทียบมีจำนวน 3 คน และระดับไม่ผ่าน กลุ่มทดลองมีจำนวน 21 คน กลุ่มเปรียบเทียบมีจำนวน 19 คน

3) ผลการเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระหว่างตัวแทนนักเรียนกลุ่มทดลองกับตัวแทนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

3.1) ผลการเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระหว่างตัวแทนนักเรียนกลุ่มทดลองกับตัวแทนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีมาก เป็นการเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบโจทย์ปัญหาข้อ 4 การที่ต้องเลือกตัวอย่างการตอบโจทย์ปัญหาข้อ 4 เนื่องจากว่า ตัวแทนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีมากของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบได้คะแนนจากการตอบโจทย์ปัญหาข้อ 4 ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ นักเรียน A1 (นามสมมติ) กลุ่มทดลองได้ 20 คะแนน และนักเรียน B1 (นามสมมติ) กลุ่มเปรียบเทียบได้ 19 คะแนน

โจทย์ปัญหาข้อ 4 *“รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,300 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 54 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจากนั้นคนขับได้เพิ่มความเร็วด้วยความเร่งคงที่ และ 8 วินาทีต่อมารถยนต์มีความเร็ว 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จงหางานของรถยนต์หลังจากเพิ่มความเร็วได้ 4 วินาที”*



แผนภาพที่ 3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน A1 กลุ่มทดลองที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีมาก

แผนภาพที่ 3 เป็นตัวอย่างคำตอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โจทย์ปัญหาข้อ 4 ของนักเรียน A1 กลุ่มทดลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาได้เหมาะสม แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ชัดเจน ระบุข้อมูลสำคัญที่โจทย์กำหนดให้ได้ครบถ้วน พร้อมแสดงให้เห็นกฎ หลักการ และมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง (ได้ 4 คะแนน)

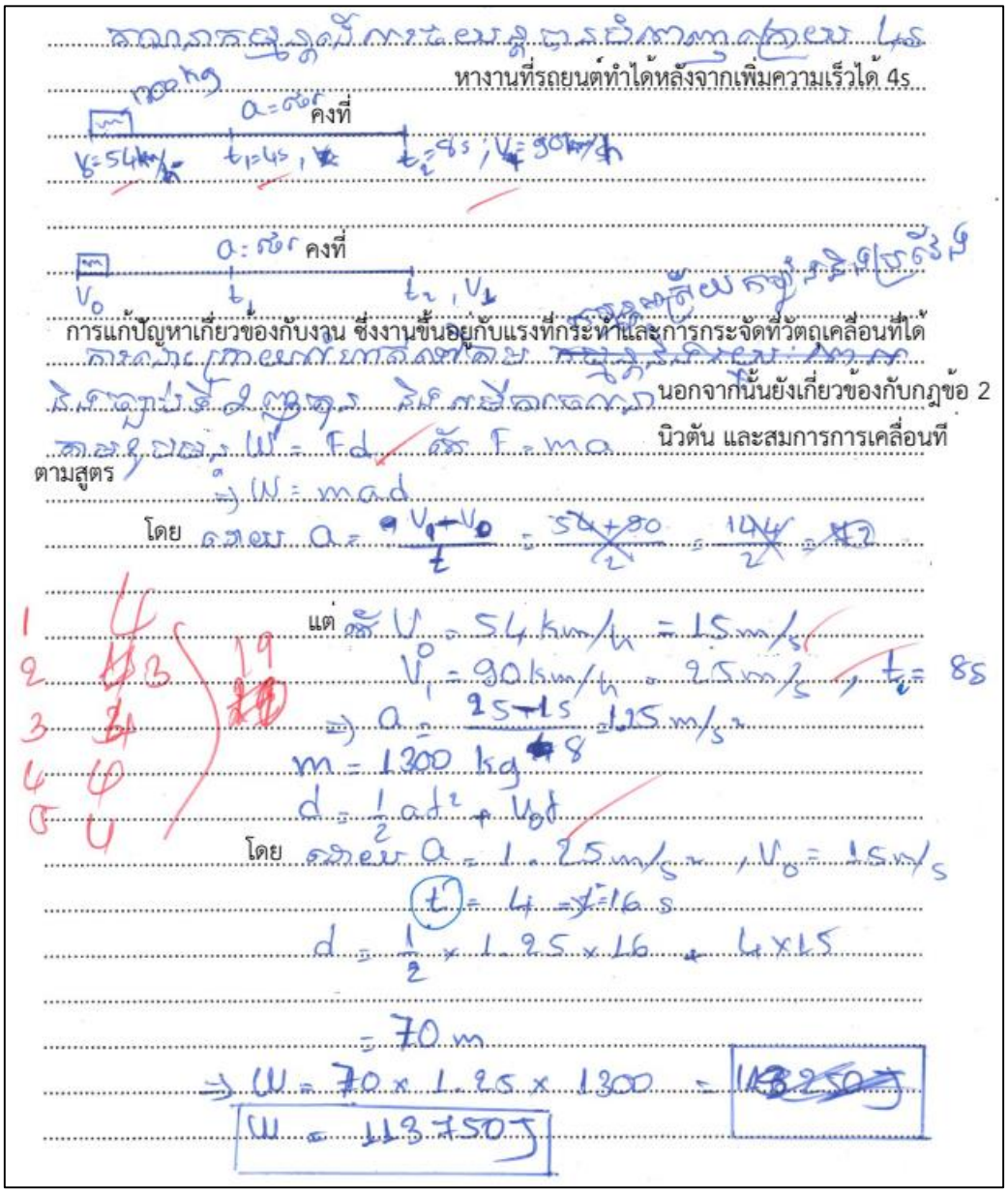
(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ชัดเจน ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ครบถ้วน พร้อมแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไปได้ถูกต้อง ($W = Fd\cos\theta$) (ได้ 4 คะแนน)

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน และสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์ ซึ่งมีทั้งหมด 3 สมการ $W = Fd\cos\theta$ $v = at_2 + v_0$ และ $d = \frac{1}{2}at_1^2 + v_0t_1$ (ได้ 4 คะแนน)

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการเริ่มจากสมการหลักที่เกี่ยวข้องกับปริมาณที่ต้องการทราบค่า คือเริ่มจาก $W = Fd\cos\theta$ แต่ $F = ma$ ทำให้ $W = mad\cos\theta$ จากนั้นหาค่า a d และ $\cos\theta$ แล้วแทนค่า a d และ $\cos\theta$ ในสมการ $W = mad\cos\theta$ สรุปแล้วการแก้สมการมีความสอดคล้องต่อเนื่องกัน (ได้ 4 คะแนน)

(5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การแทนปริมาณที่ทราบค่าลงในสมการทุกสมการได้ถูกต้อง การคำนวณได้ถูกต้อง และการระบุหน่วยคำตอบได้ถูกต้อง (ได้ 4 คะแนน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แผนภาพที่ 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน B1 กลุ่มเปรียบเทียบที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีมาก

แผนภาพที่ 4 เป็นตัวอย่างคำตอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โจทย์ปัญหาข้อ 4 ของนักเรียน B1 กลุ่มเปรียบเทียบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การระบุหลักฐานความเข้ามโนทัศน์ มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาได้เหมาะสม แต่ไม่ได้แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ระบุข้อมูลสำคัญที่โจทย์กำหนดให้ได้ครบถ้วน พร้อมแสดงให้เห็นกฎ หลักการและมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา และยังมีการอธิบายให้เห็น

ความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไป “งานขึ้นอยู่กับแรงที่กระทำต่อวัตถุและการกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้” (ได้ 4 คะแนน)

(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้อง แต่รายละเอียดตัวแทนไม่ครบถ้วน (ไม่ได้แสดงให้เห็นทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์ และตัวแทนการกระจัดที่รถยนต์เคลื่อนที่ได้ในระยะเวลา 4 วินาที) ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ครบถ้วน พร้อมแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณได้ถูกต้อง ($W = Fd$) แต่ไม่ใช่ความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไป ($W = Fd\cos\theta$) (ได้ 3 คะแนน)

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง และครบถ้วน ซึ่งมีสมการทั้งหมด 3 สมการ สมการที่ 1 $W = Fd$ สมการที่ 2 $a = \frac{v_1 - v_0}{t}$ ในสมการนี้ตัวแทนเวลาในภาพแทนสถานการณ์ใช้สัญลักษณ์ t_2 และสมการที่ 3 $d = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$ ในสมการนี้ตัวแทนเวลาในภาพแทนสถานการณ์ใช้สัญลักษณ์ t_1 ดังนั้นเห็นได้ว่าตัวแทนเวลาที่ใช้ในสมการกับภาพแทนสถานการณ์ไม่ตรงกัน ความผิดพลาดนี้ไม่มีการหักคะแนน เพราะนักเรียน B1 ยังใช้ตัวแทนเวลาได้ถูกต้อง เพียงแต่ว่าการระบุตำแหน่งเวลาไม่ตรงกับภาพแทนเท่านั้น (ได้ 4 คะแนน)

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการเริ่มจากสมการหลักที่เกี่ยวข้องกับปริมาณที่ต้องการทราบค่าคือ เริ่มจาก $W = Fd$ แต่ $F = ma$ ทำให้ $W = mad$ จากนั้นหาค่า a และ d แล้วแทนค่า a และ d ในสมการ $W = mad$ สรุปแล้วการแก้สมการมีความสอดคล้องต่อเนื่องกัน (ได้ 4 คะแนน)

(5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การแทนปริมาณที่ทราบค่าลงในสมการทุกสมการได้ถูกต้อง การคำนวณได้ถูกต้อง และการระบุหน่วยคำตอบได้ถูกต้อง (ได้ 4 คะแนน)

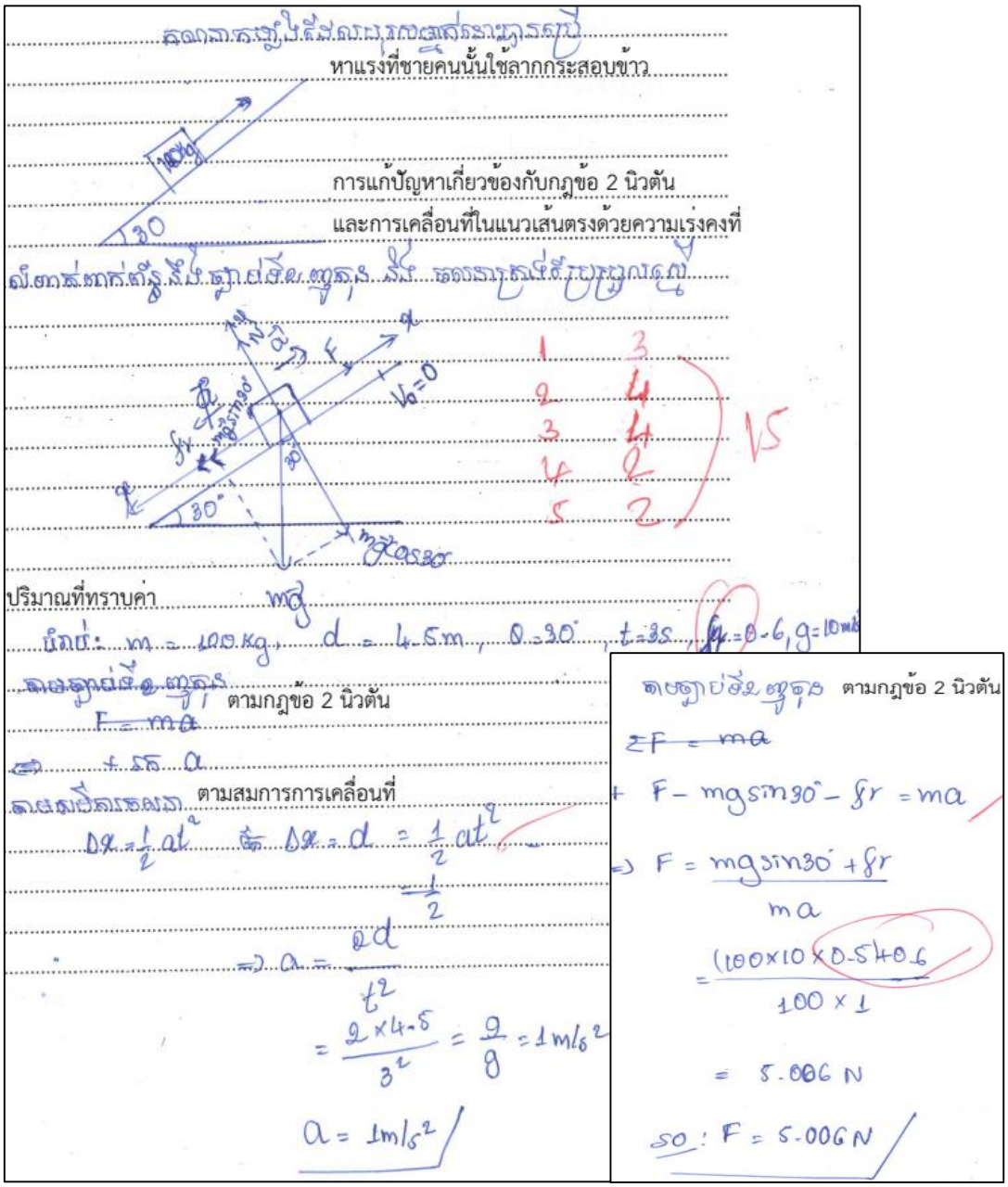
สรุป การตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ โจทย์ปัญหาข้อ 4 ของนักเรียน A1 กับ B1 ส่วนมากไม่แตกต่างกัน ยกเว้นในองค์ประกอบ (1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ และ (2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ที่คำตอบของนักเรียน B1 มีส่วนที่ไม่สมบูรณ์ โดยในองค์ประกอบ (1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ในส่วนของภาพแทนสถานการณ์ปัญหา นักเรียน B1 ไม่ได้แสดงให้เห็นทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์ เนื่องจากข้อผิดผิดพลาดนี้เล็กน้อยจึงไม่มีการหักคะแนน และในส่วนที่เป็นการระบุกฎ หลักการ หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียน B1 ได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงปริมาณ “งานขึ้นอยู่กับแรงที่กระทำต่อวัตถุและการกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้” ส่วนในองค์ประกอบ (2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ ในส่วนของภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ นักเรียน B1 ไม่ได้แสดงทิศทางการเคลื่อนที่รถยนต์และไม่ได้ระบุตัวแทนการกระจัดที่รถยนต์เคลื่อนที่ได้ในระยะเวลา 4 วินาที และในส่วนที่เป็นการระบุความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไป นักเรียน B1 ไม่ได้แสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไป ($W = Fd\cos\theta$) แต่เป็น

การแสดงความสันพันธ์เชิงปริมาณแบบเฉพาะเจาะจง ($W = Fd$) จากความไม่สมบูรณ์ในองค์ประกอบ (2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์นี้ทำให้คะแนนของนักเรียน B1 หายไป 1 คะแนน

3.2) ผลการเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระหว่างตัวแทนนักเรียนกลุ่มทดลองกับตัวแทนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดี เป็นการเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบโจทย์ปัญหาข้อ 1 การที่ต้องเลือกตัวอย่างการตอบโจทย์ปัญหาข้อ 1 เนื่องจากว่า ตัวแทนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดี คือ นักเรียน A2 (นามสมมติ) กลุ่มทดลอง และนักเรียน B2 (นามสมมติ) กลุ่มเปรียบเทียบ ได้คะแนนจากการตอบโจทย์ปัญหาข้อ 1 เท่ากับ 15 คะแนนเท่ากัน

โจทย์ปัญหาข้อ 1 “*ชายคนหนึ่งออกแรงอย่างสม่ำเสมอในการลากกระสอบข้าวมวล 100 กิโลกรัม ขึ้นรถบรรทุกตามพื้นเอียงที่มีความยาว 4.5 เมตร ภายในระยะเวลา 3 วินาที จงคำนวณหาแรงของชายคนนั้น โดยทราบว่ามุมระหว่างพื้นเอียงกับแนวราบเท่ากับ 30 องศา ความเร่งโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างกระสอบข้าวกับพื้นเอียง 0.6*”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภาพที่ 5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน A2 กลุ่มทดลองที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดี

แผนภาพที่ 5 เป็นตัวอย่างคำตอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โจทย์ปัญหาข้อ 1 ของนักเรียน A2 กลุ่มทดลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ วาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง ระบุข้อมูลสำคัญที่โจทย์กำหนดให้ได้บางส่วน พร้อมแสดงให้เห็นกฎ และมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง (ได้ 3 คะแนน)

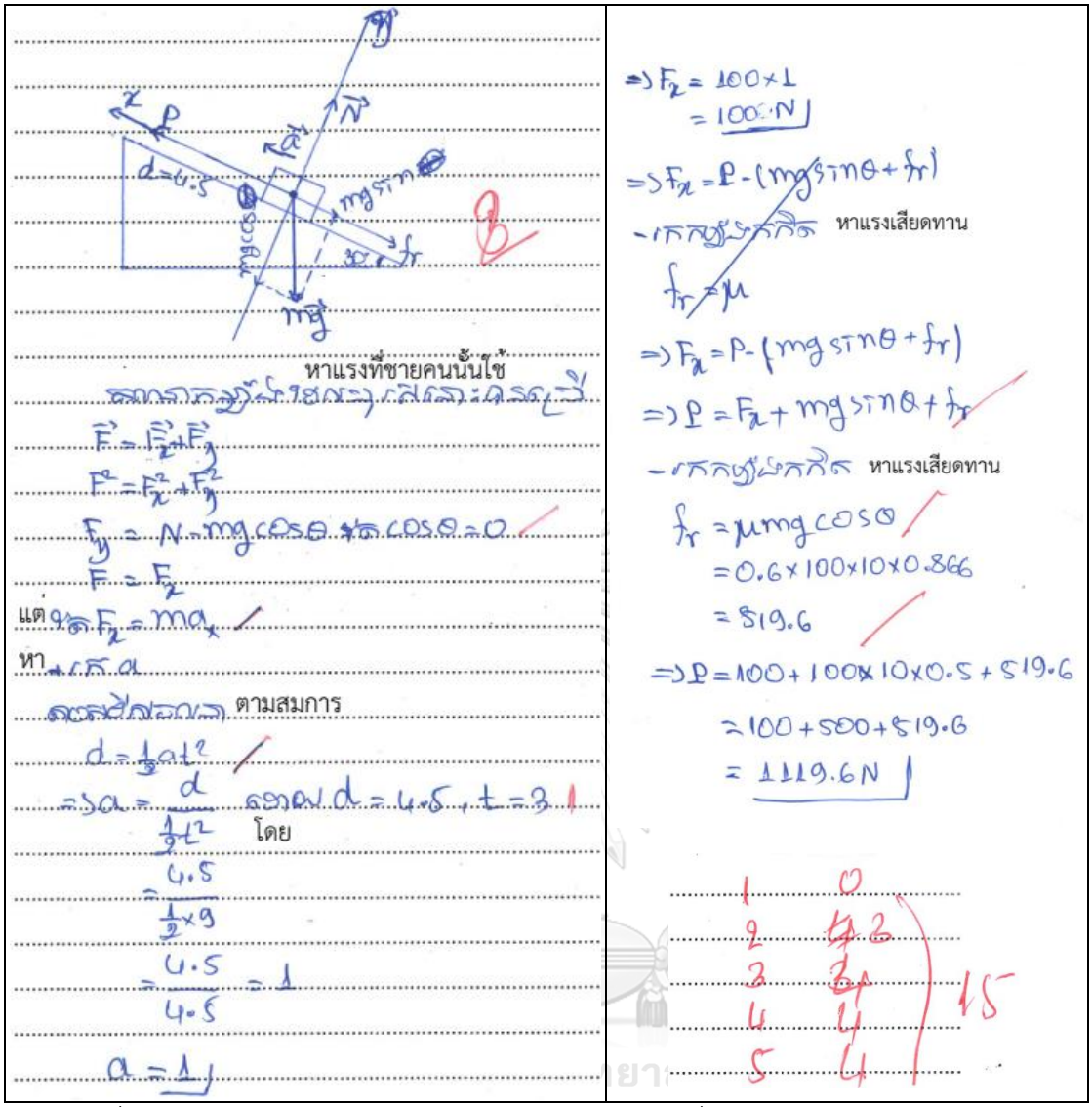
(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ วาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์ ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ครบถ้วน แต่ผิดเล็กน้อย คือ $f_r = 0.6$ ต้องเป็น $\mu = 0.6$ แสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไปได้ถูกต้อง คือ $\sum F = ma$ (นักเรียนเขียนแล้วลบทิ้ง แต่ยังให้คะแนน) (ได้ 4 คะแนน)

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน และสอดคล้องกับภาพตัวแทนทางฟิสิกส์ ซึ่งมี 2 สมการได้แก่ $F - mg\sin 30° - f_r = ma$ และ $d = \frac{1}{2}at^2$ (ได้ 4 คะแนน)

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ ช่วงที่มีการหาความเร่ง a ขั้นตอนการแก้สมการมีความสอดคล้องต่อเนื่องกัน ช่วงที่มีการหาแรง F ขั้นตอนการแก้สมการไม่ถูกต้อง จาก $F - mg\sin 30° - f_r = ma$ ทำให้ $F = ma + mg\sin 30° + f_r$ แต่นักเรียน A2 แก้สมการได้เป็น $F = \frac{mg\sin 30° + f_r}{ma}$ (ได้ 2 คะแนน)

(5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ช่วงของการหาค่าความเร่ง a มีการแทนค่าได้ถูกต้อง คำนวณได้ถูกต้อง และระบุหน่วยได้ถูกต้อง แต่ช่วงของการหาค่าแรงลากกระสอบข้าว F มีการแทนค่าไม่ถูกต้อง คือ $F = \frac{(100\times 10\times 0.5) + 0.6}{100\times 1}$ ซึ่ง 0.6 ไม่ใช่ค่าของแรงเสียดทาน f_r การคำนวณได้ถูกต้อง ระบุหน่วยได้ถูกต้อง แต่คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง (ได้ 2 คะแนน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แผนภาพที่ 6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน B2 กลุ่มเปรียบเทียบที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดี

แผนภาพที่ 6 เป็นตัวอย่างคำตอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โจทย์ปัญหาข้อ 1 ของนักเรียน B2 กลุ่มเปรียบเทียบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ ไม่ได้เขียนอะไร (ได้ 0 คะแนน)

(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ วาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์ ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ไม่ครบถ้วน และไม่มีการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไป (ได้ 3 คะแนน)

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน และสอดคล้องกับภาพตัวแทนทางฟิสิกส์ ซึ่งมี 2 สมการได้แก่ $F_x = P - (mg\sin\theta + f_r)$ และ $d = \frac{1}{2}at^2$ (ได้ 4 คะแนน)

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ การแก้สมการมีความถูกต้องและสอดคล้องต่อเนื่องกันทั้งในส่วนของการหาค่าความเร่ง a และส่วนของการหาค่าแรงลากกระสอบข้าว P แต่มีความผิดพลาดในส่วนที่เป็นการพิจารณาแรงตามแนวแกน y $F_y = N - mg\cos\theta$ แต่ $\cos\theta = 0$ สมการที่ถูกต้องต้องเป็น $F_y = N - mg\cos\theta = 0$ และ $\cos\theta$ ไม่ได้เท่ากับ 0 เนื่องจากเป็นความผิดพลาดเล็กน้อย และสมการนี้ไม่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาคำตอบจึงไม่มีการหักคะแนน (ได้ 4 คะแนน)

(5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การแทนค่าลงในสมการที่ใช้ในการหาความเร่ง a สมการที่ใช้ในการหาแรงเสียดทาน f_r และสมการที่ใช้ในการหาแรงลากกระสอบข้าว P ได้ถูกต้อง การคำนวณได้ถูกต้อง พร้อมระบุหน่วยของค่าแรงลากกระสอบข้าว P ได้ถูกต้อง แต่ค่าตัวแปรระหว่างทาง a กับ f_r ไม่มีการระบุหน่วย (ได้ 4 คะแนน)

การตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ โจทย์ปัญหาข้อ 1 ของนักเรียน A2 และ B2 ถึงแม้ว่าได้คะแนน 15 คะแนนเท่ากัน แต่รายละเอียดของคะแนนที่ได้ในแต่ละองค์ประกอบมีทั้งเท่ากันและไม่เท่ากัน

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ นักเรียน A1 ได้คะแนน 3 คะแนนขาดไป 1 คะแนนเนื่องจากการระบุข้อมูลสำคัญที่โจทย์กำหนดให้ได้ไม่ครบถ้วน ส่วนนักเรียน B2 ได้คะแนน 0 คะแนนเพราะไม่ได้เขียนอะไร

(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ นักเรียน A2 ได้คะแนน 4 คะแนน ส่วนนักเรียน B2 ได้คะแนน 3 คะแนน ขาดไป 1 คะแนน เนื่องจากนักเรียน B2 ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ไม่ครบถ้วนและไม่ได้แสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไป ในองค์ประกอบนี้สิ่งที่นักเรียน A2 และ B2 ทำได้ดีเหมือนกันคือ ทั้ง 2 คนสามารถวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์เหมือนกัน

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ ทั้งนักเรียน A2 และ B2 ได้คะแนน 4 คะแนนเท่ากัน เนื่องจากว่านักเรียนทั้ง 2 คนสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน และสอดคล้องกับภาพตัวแทนทางฟิสิกส์เหมือนกัน แต่ความแตกต่างในการเขียนสมการของนักเรียนทั้ง 2 คนคือ นักเรียน A2 มีการเขียนสมการโดยพิจารณาถึงแรงที่กระทำต่อกระสอบข้าวในแนวการเคลื่อนที่อย่างเดียว $F - mg\sin 30° - f_r = ma$ ส่วนนักเรียน B2 มีการเขียนสมการโดยพิจารณาถึงแรงที่กระทำต่อกระสอบข้าวทั้งแนวแกน x และแนวแกน y คือ $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y \Rightarrow F^2 = F_x^2 + F_y^2$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อ $F_y = N - mg\cos\theta = 0$ ดังนั้นสมการที่เหลือคือ $F = F_x = ma_x = P - (mg\sin\theta + f_r)$ ซึ่งเป็นสมการที่อยู่ในแนวการเคลื่อนที่ของกระสอบข้าวเช่นเดียวกับสมการของนักเรียน A2 (ตัวแทนแรงลากกระสอบข้าวของนักเรียน A2 ใช้สัญลักษณ์ F ส่วนของนักเรียน B2 ใช้สัญลักษณ์ P)

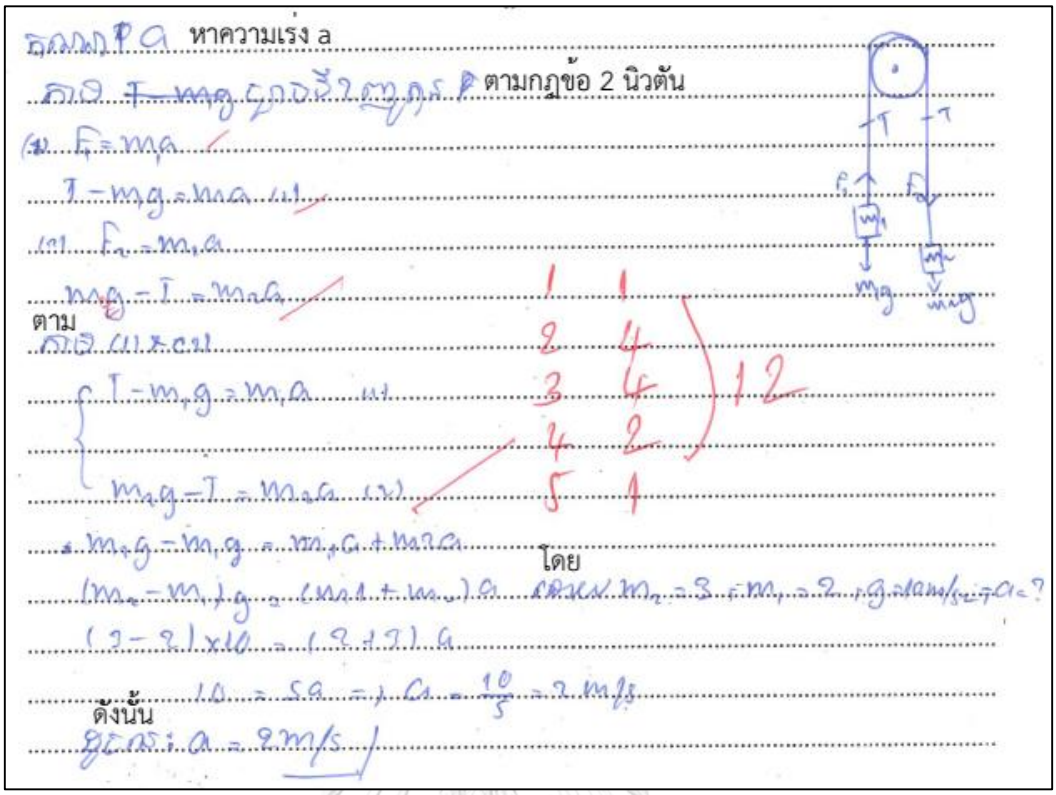
(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ นักเรียน A2 ได้ 2 คะแนน จากการแก้สมการหาค่าความเร่ง a ได้ถูกต้อง และแก้สมการหาแรงลากกระสอบข้าว F ไม่ถูกต้อง $F - mg\sin 30° - f_r = ma$ ทำให้ $F = ma + mg\sin 30° + f_r$ แต่นักเรียน A2 แก้สมการได้เป็น $F = \frac{mg\sin 30° + f_r}{ma}$ ส่วนนักเรียน B2 ได้ 4 คะแนน จากการแก้สมการมีความสอดคล้องต่อเนื่องกันทุกขั้นตอน แต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยในส่วนที่เป็นการพิจารณาแรงตามแนวแกน y $F_y = N - mg\cos\theta$ แต่ $\cos\theta = 0$ สมการที่ถูกต้อง คือ $F_y = N - mg\cos\theta = 0$ และ $\cos\theta$ ไม่เท่ากับ 0

(5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ นักเรียน A2 ได้ 2 คะแนนจากการคำนวณหาค่าความเร่ง a และการระบุหน่วยแรงลากกระสอบข้าวได้ถูกต้อง การที่นักเรียน A2 เสียคะแนนไป 2 คะแนนนั้นเนื่องจากการแทนค่าลงในสมการที่ใช้ในการหาแรงลากกระสอบข้าวไม่ถูกต้อง ส่วนนักเรียน B2 ได้ 4 คะแนน เพราะว่า นักเรียน B2 แทนค่าลงในสมาการที่ใช้ในการหาความเร่ง a แรงลัพธ์ F_x แรงเสียดทาน f_r และแรงลากกระสอบข้าว P ได้ถูกต้อง คำนวณได้ถูกต้องทุกสมการ และระบุหน่วยคำตอบได้ถูกต้อง

3.3) ผลการเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระหว่างตัวแทนนักเรียนกลุ่มทดลองกับตัวแทนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับปานกลาง เป็นการเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบโจทย์ปัญหาข้อ 2 การที่ต้องเลือกตัวอย่างการตอบโจทย์ปัญหาข้อ 2 เนื่องจากว่า ตัวแทนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับปานกลาง คือ นักเรียน A3 (นามสมมติ) กลุ่มทดลอง และนักเรียน B3 (นามสมมติ) กลุ่มเปรียบเทียบ ได้คะแนนจากการตอบโจทย์ปัญหาข้อ 2 เท่ากับ 12 คะแนนเท่ากัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โจทย์ปัญหาข้อ 2 *"วัตถุมวล 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ผูกติดกับลายเชือกเส้นหนึ่งคนละด้าน แล้วนำเชือกที่ติดด้วยวัตถุทั้งสองไปแขวนกับรอกตัวหนึ่งที่สามารถหมุนได้อิสระ จงหาแรงตึงเชือก โดยทราบว่า ความเร่งโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง"*



แผนภาพที่ 7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน A3 กลุ่มทดลองที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับปานกลาง

แผนภาพที่ 7 เป็นตัวอย่างคำตอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โจทย์ปัญหาข้อ 2 ของนักเรียน A3 กลุ่มทดลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

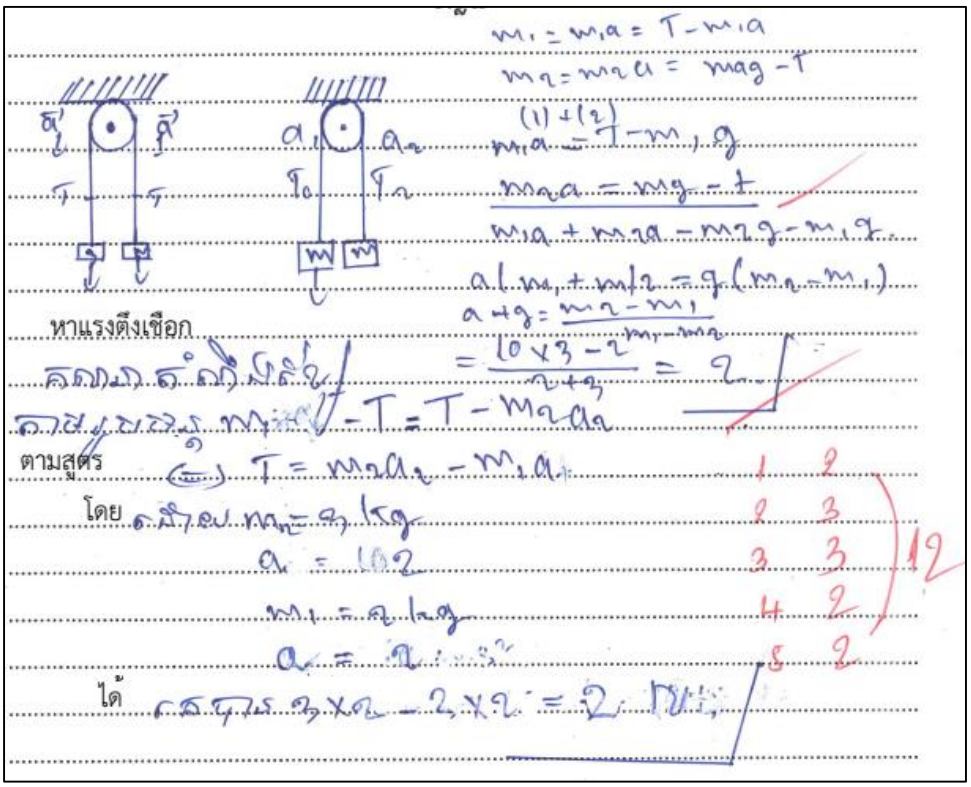
(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ มีการระบุกฎที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาคือ “กฎการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตัน” ไม่ได้วาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหา และไม่มีการระบุข้อมูลสำคัญที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา (ได้ 1 คะแนน)

(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ วาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้เหมาะสม แต่แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุไม่ชัดเจน ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ครบถ้วน ไม่ได้ระบุความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไป $F = ma$ หรือ $\sum F = ma$ แต่มีการระบุว่า $F_1 = m_1 a$ และ $F_2 = m_2 a$ ถือว่ามีความถูกต้องเช่นกัน (ได้ 4 คะแนน)

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน และมีความสอดคล้องกับภาพตัวแทนทางฟิสิกส์ ซึ่งมี 2 สมการ ได้แก่ $m_1 a = T - m_1 g$ และ $m_2 a = m_2 g - T$ (ได้ 4 คะแนน)

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ ขั้นตอนการแก้สมการสอดคล้องต่อเนื่องกันชัดเจน แต่การดำเนินการได้ครึ่งทางเท่านั้น คือ ถึงการหาความเร่ง a ยังไม่ถึงการหาแรงตึงเชือก T (ได้ 2 คะแนน)

(5) การคำนวณทาคณิตศาสตร์ ในการคำนวณหาค่าความเร่ง a มีการนำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการที่ใช้หาค่าความเร่ง a ได้ถูกต้อง คำนวณได้ถูกต้อง แต่การระบุหน่วยความเร่ง a ผิดพลาดเล็กน้อย ส่วนในการคำนวณหาค่าแรงตึงเชือก T ไม่ได้ดำเนินการ เนื่องจากการแก้สมการไม่บรรลุถึงสมการสุดท้ายที่ใช้ในการหาค่าแรงตึงเชือก T (ได้ 1 คะแนน)



แผนภาพที่ 8 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน B3 กลุ่มเปรียบเทียบที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับปานกลาง

แผนภาพที่ 8 เป็นตัวอย่างคำตอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โจทย์ปัญหาข้อ 2 ของนักเรียน B3 กลุ่มเปรียบเทียบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ วาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาได้เหมาะสม แต่การแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุยังไม่ชัดเจน ซึ่งนักเรียน B3 ได้แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้ง 2 ชิ้นในทิศทางลงเหมือนกัน แต่ในความเป็นจริงวัตถุที่มีมวลมากว่าเคลื่อนที่ลงและวัตถุที่มีมวลน้อยกว่าเคลื่อนที่ขึ้น ระบุข้อมูลสำคัญได้ไม่ครบและเขียนไม่ชัดเจน และไม่ได้ระบุกฎ หลักการ หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา (ได้ 2 คะแนน)

(2) การระบุตัวทางทางฟิสิกส์ วาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้เหมาะสม แต่รายละเอียดของภาพยังไม่ครบและไม่ได้แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ไม่ครบ ขาด $g = 10 m/s^2$ และไม่ได้ระบุความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไป $F = ma$ หรือ $\sum F = ma$ (ได้ 3 คะแนน)

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ได้ครบถ้วน $m_1 a = T - m_1 g$ และ $m_2 a = mag - T$ แต่ผิดเล็กน้อย $m_2 a = mag - T$ ที่ถูกต้องคือ $m_2 a = m_2 g - T$ เนื่องจากภาพตัวแทนทางฟิสิกส์ไม่สมบูรณ์จึงไม่สามารถเห็นความสอดคล้องระหว่างสมการกับภาพตัวทางทางฟิสิกส์ (ได้ 3 คะแนน)

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ ขั้นตอนการแก้สมการเพื่อหาค่าความเร่ง a เขียนรูปสมการไม่ถูกต้อง $m_1 a + m_2 a - m_2 g + m_1 g$ ที่ถูกต้องคือ $m_1 a + m_2 a = m_2 g + m_1 g$ แก้สมการไม่ถูกต้อง $a + g = \frac{m_2 - m_1}{m_1 - m_2}$ ที่ถูกต้องคือ $a = g\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}$ ส่วนขั้นตอนการแก้สมการเพื่อหาค่าแรงตึงเชือก T ไม่ถูกต้อง และไม่มีที่มาที่ไปชัดเจน (ได้ 2 คะแนน)

(5) การคำนวณทางคณิตศาสตร์ ในการคำนวณหาค่าความเร่ง a มีการแทนค่าปริมาณที่ทราบลงในสมการที่ใช้ในการหาความเร่ง a ได้ถูกต้อง แต่วิธีการเขียนตัวเลขเพื่อการคำนวณยังไม่ถูกต้อง $a = \frac{10 \times 3 - 2}{2 + 3}$ วิธีการเขียนที่ถูกต้องคือ $a = \frac{10(3-2)}{2+3}$ การคำนวณได้ค่าความเร่ง a ถูกต้อง แต่ไม่ได้ระบุหน่วยของค่าความเร่ง a ส่วนการคำนวณหาค่าแรงตึงเชือก T ยังไม่ถูกต้อง เนื่องมาจากการแก้สมการที่ไม่ถูกต้อง แต่เมื่อพิจารณาตามสมการที่นักเรียน B3 ได้เขียนไว้เพื่อใช้ในการหาค่าแรงตึงเชือก T นั้น ($T = m_2 a_2 - m_1 a_1$) มีการแทนค่าได้ถูกต้อง คำนวณได้ถูกต้อง แต่วิธีการเขียนตัวเลขเพื่อการคำนวณยังไม่ถูกต้องเช่นเดิม $3 \times 2 - 2 \times 2 = 2\text{N}$ วิธีการเขียนที่ถูกต้องคือ $T = (3 \times 2) - (2 \times 2) = 2\,\text{N}$ (ได้ 2 คะแนน)

การตอบโจทย์ปัญหาข้อ 2 ของนักเรียน A3 กลุ่มทดลอง และนักเรียน B3 กลุ่มเปรียบเทียบถึงแม้ว่าได้คะแนน 12 คะแนนเท่ากัน แต่รายละเอียดของคะแนนที่ได้ในแต่ละองค์ประกอบที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์มีทั้งส่วนที่เหมือนกันและส่วนที่แตกต่างกัน

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ นักเรียน A3 ได้ 1 คะแนน จากการระบุกฎที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียน B3 ได้ 2 คะแนน จากการวาดภาพแทนสถานการณ์และการระบุข้อมูลสำคัญที่โจทย์กำหนดให้ แต่การระบุข้อข้อมูลสำคัญของนักเรียน B3 ไม่ครบถ้วนและไม่ชัดเจน

(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ นักเรียน A3 ได้ 4 คะแนน จากการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้เหมาะสม การระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ถูกต้องและครบถ้วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และการแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณตามกฎที่ได้ระบุไว้ในองค์ประกอบการระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ได้ถูกต้อง ($F_1 = m_1 a$ และ $F = m_2 a$ แทน $F = ma$ หรือ $\sum F = ma$) นักเรียน B3 ได้ 3 คะแนนจากการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้เหมาะสมแต่ไม่สมบูรณ์ และการระบุข้อมูลสำคัญที่โจทย์ให้ได้ไม่ได้ไม่ครบ ขาด $g = 10 m/s^2$

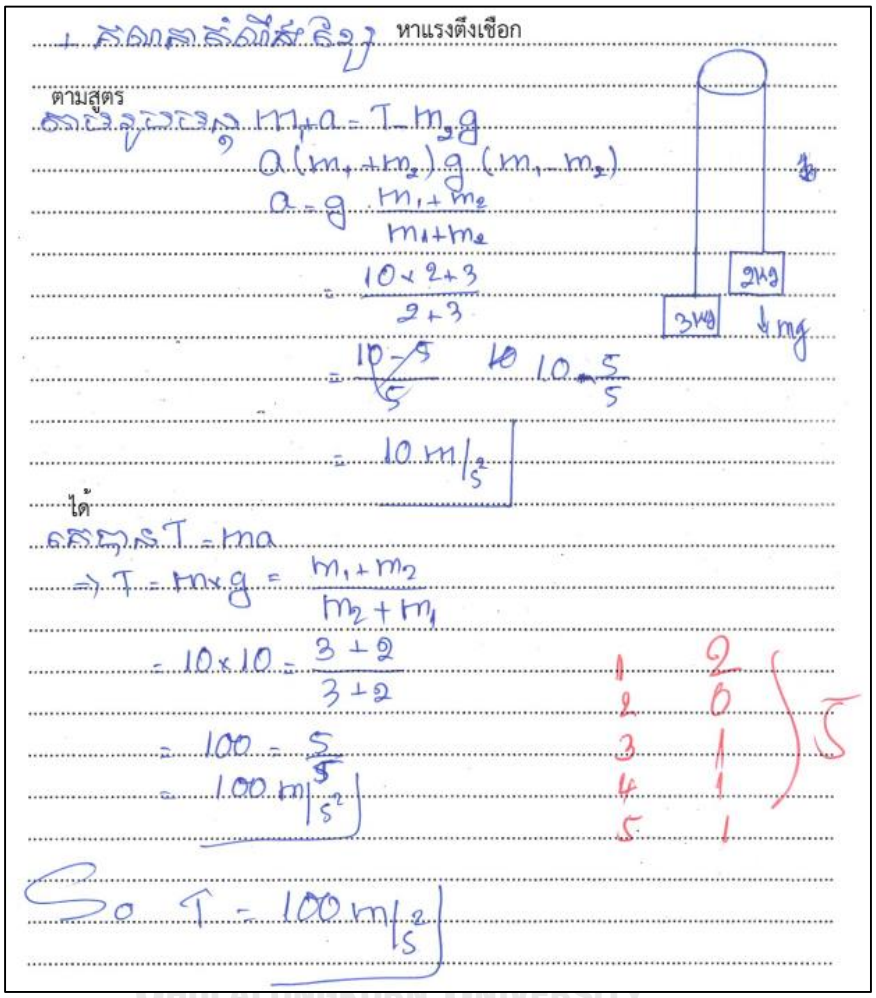
(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ นักเรียน A3 ได้ 4 คะแนน ส่วนนักเรียน B3 ได้ 3 คะแนน ในองค์ประกอบนี้นักเรียนทั้ง 2 คนเขียนสมการได้ครบถ้วนเหมือนกัน แต่นักเรียน B3 เขียนสมการที่ 2 ไม่ถูกต้อง $m_2 a = mag - T$ สมการที่ถูกต้องคือ $m_2 a = m_2 g - T$ ดังนั้นจึงทำให้นักเรียน B3 ได้คะแนนน้อยกว่านักเรียน A3 1 คะแนน

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ ทั้งนักเรียน A3 และ B3 ได้คะแนน 2 คะแนนเท่ากัน แต่คะแนนที่ได้มาจากประเด็นคำตอบต่างกันดังนี้ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการของนักเรียน A3 มีความสอดคล้องต่อเนื่องกันชัดเจน แต่การดำเนินการได้ครึ่งทาง ไม่บรรลุสมการที่ใช้เพื่อหาแรงตึงเชือก T ดังนั้นจึงทำให้นักเรียน A3 ขาดคะแนนในส่วนนี้ไป 2 คะแนน ส่วนการแสดงขั้นตอนการแก้สมการของนักเรียน B3 ได้แสดงให้เห็นทั้งช่วงที่เป็นการหาความเร่ง a และการหาแรงตึงเชือก T โดยในช่วงที่เป็นการหาความเร่ง a การแสดงขั้นตอนการแก้สมการไม่ถูกต้อง ส่วนมากผิดพลาดด้านการใช้เครื่องหมายการคำนวณ ส่วนในช่วงที่เป็นการหาแรงตึงเชือก T การแสดงขั้นตอนการแก้สมการไม่สอดคล้องกัน และไม่มีที่มาชัดเจน

(5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ นักเรียน A3 ได้ 1 คะแนนจากการคำนวณหาความเร่ง a เนื่องจากการระบุหน่วยของความเร่ง a ไม่ถูกต้อง และไม่ได้แสดงการคำนวณหาค่าแรงตึงเชือก T จึงทำให้คะแนนของนักเรียน A3 ในองค์ประกอบนี้ขาดขาดไป 3 คะแนน ส่วนนักเรียน B3 ได้ 2 คะแนน จากการคำนวณหาค่าความเร่ง a ได้ถูกต้อง และการคำนวณหาค่าแรงตึงเชือก T ไม่ถูกต้อง ความผิดพลาดของนักเรียน B3 ในองค์ประกอบนี้คือไม่ได้ระบุหน่วยของค่าความเร่ง a และแสดงวิธีการเขียนตัวเลขเพื่อการคำนวณทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง $a = \frac{10 \times 3 - 2}{2 + 3}$ วิธีการเขียนที่ถูกต้องคือ $a = \frac{10(3-2)}{2+3}$

3.4) ผลการเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระหว่างตัวแทนนักเรียนกลุ่มทดลองกับตัวแทนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับไม่ผ่าน เป็นการเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบโจทย์ปัญหาข้อ 2 การที่ต้องเลือกตัวอย่างการตอบในโจทย์ปัญหาข้อ 2 เนื่องจากว่า ตัวแทนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับไม่ผ่าน คือ นักเรียน A4 (นามสมมติ) กลุ่มทดลอง และนักเรียน B4 (นามสมมติ) กลุ่มเปรียบเทียบ ได้คะแนนจากการตอบโจทย์ปัญหาข้อ 2 5 คะแนนเท่ากัน

โจทย์ปัญหาข้อ 2 *“วัตถุมวล 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ผูกติดกับลายเชือกเส้นหนึ่งคนละด้าน แล้วนำเชือกที่ติดด้วยวัตถุทั้งสองไปแขวนกับรอกตัวหนึ่งที่สามารถหมุนได้อิสระ จงหาแรงตึงเชือก โดยทราบว่า ความเร่งโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง”*



แผนภาพที่ 9 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน A4 กลุ่มทดลองที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับไม่ผ่าน

แผนภาพที่ 9 เป็นตัวอย่างคำตอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โจทย์ปัญหาข้อ 2 ของนักเรียน A4 กลุ่มทดลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ วาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาได้เหมาะสม แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ระบุข้อมูลสำคัญได้ไม่ครบ ขาดความเร่งโน้มถ่วงของโลก และไม่ได้แสดงให้เห็นกฎ หลักการ หรือมโนทัศที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา (ได้ 2 คะแนน)

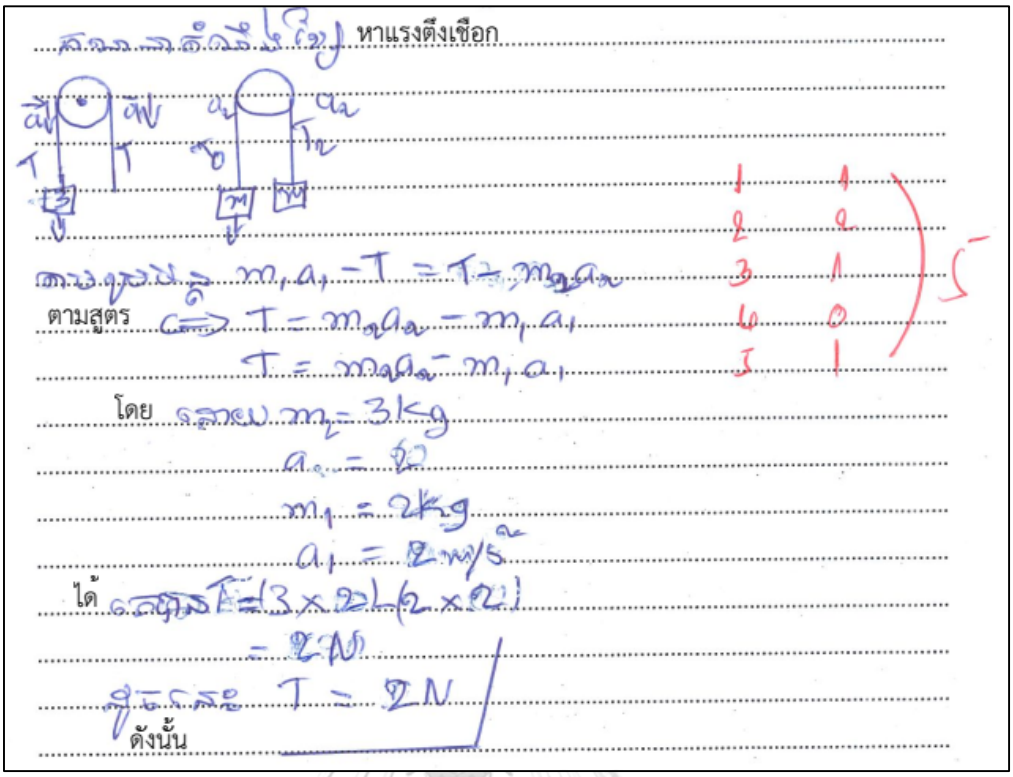
(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ ไม่เขียนอะไร (ได้ 0 คะแนน)

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ สมการยังไม่ถูกต้อง $m_1 - a = T - m_2 g$ สมการที่ถูกต้องคือ $m_1 a = T - m_1 g$ จำนวนสมการที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหายังไม่ครบ ขาดสมการ $m_2 a = m_2 g - T$ (ได้ 1 คะแนน)

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ ในการแก้สมการเพื่อหาค่าความเร่ง a ไม่มีที่มาชัดเจน สมการที่แก้จากสมการตั้งต้นไม่ได้อยู่ในรูปของสมการ $a(m_1 + m_2)$ $g(m_1 - m_2)$ รูปของสมการที่ถูกต้องคือ $a(m_1 + m_2) = g(m_1 - m_2)$ ผิดเครื่องหมาย $a = g\dfrac{m_1 + m_2}{m_1 + m_2}$ ที่ถูกต้องคือ $a = g\dfrac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$ ส่วนการแก้สมการเพื่อหาค่าแรงตึงเชือก T ไม่มีที่มาชัดเจน และไม่สอดคล้องกัน $T = ma \implies T = mg = \dfrac{m_1 + m_2}{m_2 + m_1}$ (ได้ 1 คะแนน)

(5) การคำนวณทางคณิตศาสตร์ ในการคำนวณหาค่าความเร่ง a ยังไม่ถูกต้อง เนื่องจากการแก้สมการไม่ถูกต้อง แต่เมื่อพิจารณาตามสมการที่นักเรียน A1 ได้ระบุไว้เพื่อใช้ในการหาค่าความเร่ง a ถือว่า มีการแทนค่าได้ถูกต้อง คำนวณได้ถูกต้อง ระบุหน่วยได้ถูกต้อง แต่คำตอบไม่ถูกต้อง และผิดพลาดเกี่ยวกับวิธีการเขียนตัวเลขเพื่อการคำนวณ $a = \dfrac{10 \times 2 + 3}{2 + 3}$ วิธีการเขียนตัวเลขที่ถูกต้องคือ $a = \dfrac{10(2 + 3)}{2 + 3}$ ส่วนการคำนวณหาค่าแรงตึงเชือก T ยังไม่ถูกต้อง เนื่องจากสมการไม่ถูกต้อง เมื่อพิจารณาตามสมการสุดท้ายที่นักเรียน A4 ใช้ในการหาค่าแรงตึงเชือก T นั้น มีการแทนค่าไม่ถูกต้อง $m_1 = 2kg$ หรือ $m_2 = 3kg$ ไม่มี $m = 10kg$ การคำนวณไม่ถูกต้อง และระบุหน่วยไม่ถูกต้อง (ได้ 1 คะแนน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แผนภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน B4 กลุ่มเปรียบเทียบที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับไม่ผ่าน

แผนภาพที่ 10 เป็นตัวอย่างคำตอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โจทย์ปัญหาข้อ 2 ของนักเรียน B4 กลุ่มเรียบเทียบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ วาดภาพแทนสถานการณ์ได้เหมาะสม แต่รายละเอียดของภาพยังไม่ครบ แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุไม่ชัดเจน โดยนักเรียน B4 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้ง 2 ชิ้นในทิศทางลงเหมือนกัน ทิศทางการเคลื่อนที่ที่ถูกต้องคือ วัตถุมวลมากกว่าเคลื่อนที่ลง ส่วนวัตถุมวลน้อยกว่าเคลื่อนที่ขึ้น ระบุข้อมูลสำคัญไม่ครบ ขาดมวล 2 กิโลกรัม และความเร่งโน้มถ่วงของโลก ไม่ได้แสดงให้เห็นกฎ หลักการ หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา (ได้ 1 คะแนน)

(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ วาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้เหมาะสม แต่รายละเอียดของภาพไม่ครบ และไม่ได้แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ไม่ครบ ขาด $g = 10 m/s^2$ และไม่ได้แสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไป $F = ma$ หรือ $\sum F = ma$ (ได้ 2 คะแนน)

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ เขียนสมการทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง $m_1a_1 - T = T - m_2a_2$ และไม่ครบถ้วน โดยสมการที่จำเป็นต่อการนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา มี 2 สมการคือ $m_1a = T - m_1g$ และ $m_2a = m_2g - T$ (ได้ 1 คะแนน)

(4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ การแก้สมการจากสมการที่เขียนมาไม่ถูกต้องนั้นไม่สอดคล้องกัน $m_1a_1 - T = T - m_2a_2 \Rightarrow T = m_2a_2 - m_1a_1$ จากสมการที่นักเรียนเขียน หากแก้ไขให้ถูกต้องจะเป็น $2T = m_1a_1 + m_2a_2$ หรือ $T = \frac{m_1a_1 + m_2a_2}{2}$ (ได้ 0 คะแนน)

(5) การคำนวณทางคณิตศาสตร์ นำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการสุดท้ายได้ถูกต้อง คำนวณได้ถูกต้อง ระบุหน่วยได้ถูกต้อง แต่คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง และไม่ทราบที่มาของค่าความเร่ง a (ได้ 1 คะแนน)

การตอบโจทย์ปัญหาข้อ 2 ของนักเรียน A4 กลุ่มทดลองและนักเรียน B4 กลุ่มเปรียบเทียบได้คะแนน 5 คะแนนเท่ากัน แต่รายละเอียดของคะแนนที่ได้ในแต่ละองค์ประกอบที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์มีทั้งส่วนที่เหมือนกันและส่วนที่แตกต่างกัน

(1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ ในองค์ประกอบนี้ทั้งนักเรียน A4 และนักเรียน B4 ได้คะแนนจากประเด็นคำตอบเดียวกัน แต่นักเรียน A4 มีรายละเอียดของคำตอบมากกว่านักเรียน B4 จึงมีคะแนนมากกว่านักเรียน B4 1 คะแนน โดยนักเรียน A4 ได้ 2 คะแนนจากการวาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาได้ค่อนข้างสมบูรณ์ (ไม่ได้แสดงให้เห็นทิศทางเคลื่อนที่ของวัตถุ) และการระบุข้อมูลสำคัญที่โจทย์กำหนดให้ได้เป็นส่วนมาก ส่วนนักเรียน B4 ได้คะแนน 1 คะแนนจากการวาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาที่มีไม่สมบูรณ์ (รายละเอียดของภาพไม่ครบ ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุไม่ชัดเจน) และการระบุข้อมูลสำคัญที่โจทย์กำหนดให้ได้เล็กน้อย นักเรียนทั้ง 2 คนไม่ได้แสดงให้เห็นกฎ หลักการ หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ นักเรียน A4 ได้ 0 คะแนน เนื่องจากไม่ได้เขียนอะไร ส่วนนักเรียน B4 ได้ 2 คะแนน จากการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ไม่สมบูรณ์และการระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ส่วนมาก และการที่นักเรียน B4 วาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ไม่สมบูรณ์ ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ไม่ครบ และไม่ได้แสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณทั่วไปจึงทำให้นักเรียน B4 ขาดคะแนนในส่วนนี้ไป 2 คะแนน

(3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ ทั้งนักเรียน A4 และ B4 ได้คะแนน 1 คะแนนเท่ากัน จากการเขียนสมการไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วนเหมือนกัน โดยนักเรียน A4 ไม่ได้วาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาทางฟิสิกส์ และนักเรียน B4 วาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ไม่สมบูรณ์ ในภาพขาดตัวแทนด้านปริมาณ จึงทำให้ไม่สามารถเห็นความสอดคล้องระหว่างสมการกับตัวแทนทางฟิสิกส์

(4) การแสดงขั้นตอนกาแก้สมการ นักเรียน A4 ได้ 1 คะแนน จากการแสดงขั้นตอนการแก้สมการเพื่อหาค่าความเร่ง a ถึงแม้ว่าสมการตั้งต้นไม่มีที่มาชัดเจน แต่ 2 สมการถัดมามีความสอดคล้องกัน และมีความถูกต้องบางส่วน $a(m_1+m_2)\,g(m_1-m_2) \Rightarrow a=g\,\frac{m_1+m_2}{m_1+m_2}$ ส่วนการแสดงขั้นตอนการแก้สมการเพื่อหาค่าแรงตึงเชือก T ไม่ถูกต้อง ไม่สอดคล้องกัน และไม่มีที่มาชัดเจน นักเรียน B4 ได้ 0 คะแนนเนื่องจากขั้นตอนการแก้สมการเพื่อหาค่าแรงตึงเชือก T ไม่ถูกต้อง ไม่สอดคล้องกัน และไม่มีที่มาชัดเจน และไม่มีขั้นตอนการแก้สมการเพื่อหาค่าความเร่ง a

(5) การแสดงการคำนวณทางคณิตสาสตร์ ทั้งนักเรียน A4 และ B4 ได้คะแนน 1 คะแนนเท่ากัน แต่คะแนนที่ได้นั้นมาจากประเด็นคำตอบที่ต่างกัน โดยนักเรียน A4 ได้ 1 คะแนนจากการแทนค่าลงในสมการที่ใช้หาความเร่ง a ได้ถูกต้อง คำนวณได้ถูกต้อง ระบุหน่วยของความเร่ง a ได้ถูกต้อง แต่คำตอบไม่ถูกต้อง ส่วนนักเรียน B4 ได้ 1 คะแนนจากการแทนค่าลงในสมการที่ใช้ในการหาแรงตึงเชือก T ได้ถูกต้อง คำนวณได้ถูกต้อง ระบุหน่วยของแรงตึงเชือก T ได้ถูกต้อง แต่คำตอบไม่ถูกต้อง และไม่ทราบที่มาของค่าความเร่ง a

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยผลการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชา เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental designs) แบบศึกษาสองกลุ่มวัดหนึ่งครั้ง (Two-group posttest designs) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกับพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย และ (2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานการศึกษามัธยมศึกษาสายสามัญ กระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนเกรด 10 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560-2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา จำนวน 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มทดลอง คือกลุ่มที่เรียนด้วยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง มีนักเรียนจำนวน 44 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ คือ กลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย มีนักเรียนจำนวน 43 คน

การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการโดยกลุ่มทดลองมีการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ใช้ระยะเวลา 7 สัปดาห์ รวมเป็น 26 คาบ กลุ่มเปรียบเทียบมีการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ใช้ระยะเวลา 6 สัปดาห์ รวมเป็น 24 คาบ และเก็บรวบรวมข้อมูลในสัปดาห์ที่ 7 โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เรื่อง กลศาสตร์ เกรด 10

หลังจากการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติดังนี้ (1) สถิติทดสอบ one sample t-test ใช้ในการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 (2) สถิติทดสอบ independent sample t-test ใช้ในการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 นอกจากนั้นยังมีการใช้สถิติทดสอบ Chi-square ในการเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละระดับระหว่างกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการเปรียบเทียบตัวอย่างการตอบแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระหว่างตัวแทนนักเรียนกลุ่มทดลองกับตัวแทนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย และเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอยู่ในระดับไม่ผ่าน และมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยไม่แตกต่างกัน

อภิปรายผลการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ (1) ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชากลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอยู่ในระดับไม่ผ่าน และมีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 และ (2) คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชาระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยไม่แตกต่างกัน ไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 การที่ผลการวิจัยทั้ง 2 ข้อไม่เป็นไปตามสมมติฐานนั้นเนื่องมาจาก

1) นักเรียนส่วนมากทั้งกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยไม่ได้ให้ความสำคัญกับเนื้อหาที่เรียน จึงทำให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ ไม่ชัดเจน แล้วส่งผลให้ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ สิ่งเหล่านี้สังเกตได้จากการทำงานรายกลุ่ม

และรายบุคคล โดยในการทำงานรายกลุ่มจะมีนักเรียนเพียง 2 หรือ 3 คนเท่านั้นที่พยายามแก้โจทย์ปัญหา ในขณะที่สมาชิกคนอื่นไม่มีส่วนร่วมในการอภิปรายหรือเสนอความคิดเห็นแม้ครูกระตุ้นให้ช่วยกันทำงานแล้วก็ตาม ส่วนในการทำงานรายบุคคลก็เช่นเดียวกัน นักเรียนที่สามารถแก้โจทย์ปัญหาในงานรายบุคคลได้ คือ นักเรียนที่มีส่วนร่วมในการทำงานรายกลุ่ม ส่วนนักเรียนที่ไม่มีส่วนร่วมในการทำงานรายกลุ่มบางคนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ บางคนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ และบางคนไม่ให้ความสนใจแต่อย่างใด เมื่อพฤติกรรมดังกล่าวนี้เกิดขึ้นกับนักเรียนจำนวนมากทั้งกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ดังนั้นจึงส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มนี้ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ McLaren et al. (2012) ที่พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยมีผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องทศนิยมไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Ailabouni et al. (2014) ที่พบว่า การวินิจฉัยโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไม่ส่งผลต่อทักษะการวินิจฉัยของนักเรียนด้านการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ สังเกตได้จากผลงานการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน คือ นักเรียนชอบเขียนแบบสั้น ๆ ให้เหตุผลน้อย และไม่คอยมีการอธิบายถึงหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง

2) ในการดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายรายละเอียดเนื้อหาของบทเรียน อภิปรายสรุปเนื้อหาของบทเรียน และอธิบายการแก้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องและโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยทั้งกับสมาชิกกลุ่มและหน้าชั้นเรียน แต่เนื่องโดยธรรมชาติของนักเรียนกัมพูชาส่วนใหญ่เป็นคนขี้อาย ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น และไม่กล้าถามหรือขอให้ครูอธิบายทบทวนอีกครั้งในสิ่งที่ตนเองตามไม่ทันหรือไม่เข้าใจ ดังนั้นจึงทำให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนไม่ดีเท่าที่ควร และเมื่อต้องนำความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ จึงทำให้ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์เท่าที่ควร

3) ก่อนนักเรียนลงมือปฏิบัติแก้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง และโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยนั้น นักเรียนจะได้เรียนรู้มโนทัศน์ หลักการและทฤษฎีให้เข้าใจ และการที่จะทราบได้ว่านักเรียนเข้าใจเนื้อหาของบทเรียน ครูจำเป็นต้องตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเพื่อให้มั่นใจว่านักเรียนสามารถนำความรู้เหล่านั้นไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ แต่เนื่องจากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมาก โดยกลุ่มทดลองมีจำนวน 44 คน กลุ่มเปรียบเทียบมีจำนวน 43 คน ดังนั้นการที่ครูจะตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเป็นรายบุคคล และปรับความรู้ความเข้าใจของนักเรียนให้ถูกต้องครบทุกคนจึงเป็นไปได้ยาก และยังพบอีกว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มใช้เวลามากกว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เวลาที่ได้วางแผนไว้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ทั้งงานรายกลุ่มและงานรายบุคคล ดังนั้นการที่ครูพยายามจัดการเรียนการสอนให้เป็นไปตามเวลาที่ได้วางแผนไว้นั้น ทำให้นักเรียนต้องทำงานอย่างเร่งรีบ และส่งผลให้การคิดแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ไม่ดีเท่าที่ควร

4) การแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในแต่ละขั้นตอนจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายที่ได้ค่าคำตอบส่งผลต่อเนื่องกัน ถ้านักเรียนสามารถระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ได้ดี จะระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ได้ชัดเจนด้วย นำไปสู่การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน และสุดท้ายส่งผลต่อการแสดงขั้นตอนการแก้สมการและการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ จากผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า โดยภาพรวมนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่สามารถระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์ได้ดี และไม่สามารถระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ได้สมบูรณ์ จึงทำให้ไม่สามารถสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน เมื่อไม่สามารถสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วนส่งผลให้ไม่สามารถแก้สมการบรรลุปริมาณเป้าหมายได้ และเมื่อไม่สามารถแก้สมการให้บรรลุปริมาณเป้าหมายได้ จะไม่สามารถแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าคำตอบได้เช่นกัน นอกจากนี้ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มในแต่ละองค์ประกอบที่กล่าวมาไม่แตกต่างกัน ยกเว้นการระบุหลักฐานการความเข้าใจมโนทัศน์ที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ แต่ก็ยังอยู่ในระดับไม่ผ่าน ดังนั้นจึงเห็นว่า โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องช่วยส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนด้านการระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์มากกว่าการใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย ส่วนองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มที่ไม่แตกต่างกัน ได้แก่ การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์ การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ และการแสดงคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีบางองค์ประกอบสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Huffman (1997) ที่พบว่า กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดเจนส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนด้านการระบุตัวแทนทางฟิสิกส์มากกว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบดังเดิม แต่ระหว่างสองวิธีนี้ไม่แตกต่างกันในด้านการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ และการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ในการศึกษาของ Huffman การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์อยู่ร่วมกับการระบุตัวแทนทางฟิสิกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะ

หลังจากนำวิธีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปทดลองจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายประเทศกัมพูชา ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ในการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ควรเน้นให้นักเรียนได้วินิจฉัยข้อผิดพลาดด้านมโนทัศน์และหลักการทางฟิสิกส์มากกว่าข้อผิดพลาดด้านการคำนวณและการใช้ตัวเลข ดังนั้นในการสร้างโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ครูควรพิจารณาให้รอบคอบว่า นักเรียนจะมีการใช้มโนทัศน์และหลักการมากกว่าการคำนวณหรือการใช้ตัวเลข และโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องสามารถสร้างจากคำตอบของนักเรียนที่มีข้อผิดพลาดในคาบเรียนก่อนหน้า หรือครูสร้างคำตอบให้มีข้อผิดพลาดด้วยตนเองจากประสบการณ์ที่เคยพบเห็นในการตรวจข้อสอบหรือแบบฝึกหัดของนักเรียน

2) การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจมโนทัศน์ และหลักการทางฟิสิกส์ที่ถูกต้องและชัดเจน ดังนั้นก่อนที่จะให้นักเรียนลงมือปฏิบัติแก้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ครูควรทบทวนหรือตรวจความเข้าใจของนักเรียนเพื่อให้มั่นใจว่า นักเรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนถูกต้องและชัดเจนแล้ว นอกจากนั้นครูควรฝึกให้นักเรียนมีความกล้าหาญในการแสดงความคิดเห็น และอภิปรายหน้าชั้นเรียน รวมทั้งให้นักเรียนมีเวลามากพอในการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาด

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องมีขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้วินิจฉัยคำตอบที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ โดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะข้อผิดพลาดและแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและสมบูรณ์ การที่นักเรียนได้แสดงการวินิจฉัยโดยการระบุข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะข้อผิดพลาด และแก้ไขข้อผิดพลาดนั้น เป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยเสนอแนะให้มีการนำโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

เกริก ศักดิ์สุภาพ. (2556). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

โชติกา ภาษีผล. (2559). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชา. (2560). *การดำเนินการสอบประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาทุติยภูมิประจำปีการศึกษา 2559-2560*. Retrieved from https://drive.google.com/file/d/0B1ekqZE5ZlUJdmJSSzOtTk9XNmM/view.

กระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชา. (2560ก). *การดำเนินการวัดและประเมินผลในสถานศึกษามัธยมศึกษาสายสามัญปีการศึกษา 2559-2560*. Retrieved from https://drive.google.com/file/d/0B1ekqZE5ZlUJLXVhcnMzWkx4cm8/view.

กระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชา. (ม.ป.ป.). *สมุดบันทึกคะแนน*.

กอบเกียรติ สระอุบล และพัลลภ พิริยะสุรวงศ์. (2557). สื่อการสอนช่วยลดภาระทางปัญญาสำหรับการศึกษาในยุคดิจิทัล. *วารสารปัญญาภิวัฒน์, 6*(1), 198-207.

ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สิริเกศ หมัดเจริญ. (2554). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง เสียงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน. *วารสารการศึกษา ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 5*(4), 94-101.

อมรรัตน์ บุบผโชติ. (2558). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการตั้งปัญหาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม*. (วิทยานิพนธ์กองทุนคณะครุศาสตร์เพื่อการวิจัย), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

อรชา ชูเชื้อ. (2554). *ผลการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อ*

ความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ภาษาอังกฤษ

Adams, D. M., McLaren, B. M., Durkin, K., Mayer, R. E., Rittle-Johnson, B., Isotani, S., & Van Velsen, M. (2014). Using erroneous examples to improve mathematics learning with a web-based tutoring system. *Computers in Human Behavior, 36*, 401-411.

Ailabouni, S., Safadi, R., & Yerushalmi, E. (2014). *The Impact of Diagnosing Teacher-Made Erroneous Solutions, With the Aid of On-Line Prompts and Feedback, on Students' Diagnostic Skills.* Paper presented at the Proceedings of the 9th Chais Conference for Innovation in Learning Technologies: Learning in the Technological Era, Raanana.

Belikov, B. S. (1989). *General methods for solving physics problems*. Moscow: Mir Publishers.

Çalışkan, S., Selçuk, G. S., & Erol, M. (2012). Instruction of problem solving strategies: Effects on physics achievement and self-efficacy beliefs. *Journal of Baltic Science Education, 9*(1), 20-34.

Chekuri, N. R. (1996). *A physics problem solving model for developing interpretation skills.* (Doctor of Education Dissertation), University of Cincinnati, Ann Arbor. Retrieved from https://search.proquest.com/docview/304241122?accountid=15637 ProQuest Dissertations & Theses Global database.

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), 1-18.

Gok, T., & Silay, I. (2008). Effects of problem-solving strategies teaching on the problem-solving attitudes of cooperative learning groups in physics education1. *Journal of Theory and Practice in Education, 4*(2), 253-266.

Groβe, C. S., & Renkl, A. (2007). Finding and fixing errors in worked examples: Can this

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

foster learning outcomes? *Learning and Instruction, 17*(6), 612-634.

Heller, P., & Hollabaugh, M. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *American Journal of Physics, 60*(7), 637-644.

Heller, P., Keith, 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.

Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics, 55*(5), 440-454.

Hollabaugh, M. (1995). *Physics problem solving in coorperative learning groups.* (Doctor of Phylosophy Thesis), University of Minnesota, Minneapolis.

Huffman, D. (1997). 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.

Isotani, S., Adams, D., Mayer, R., Durkin, K., Rittle-Johnson, B., & McLaren, B. (2011). *Can erroneous examples help middle-school students learn decimals?* Paper presented at the Sixth European Conference on Technology Enhanced Learning: Towards Ubiquitous Learning (EC-TEL-2011), Berlin.

Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine, 15*(2), 155-163.

McLaren, B., Adams, D., Durkin, K., Goguadze, G., Mayer, R., Rittle-Johnson, B., . . . Van Velsen, M. (2012). *To err is human, to explain and correct is divine: A study of interactive erroneous examples with middle school math students.* Paper presented at the Proceedings of ECTEL 2012: Seventh European Conference on Technology Enhanced Learning,LNCS 7563, Berlin.

Pol, H. J. (2009). *Computer based instructional support during physics problem solving: A case for Student Control*. Groningen: University Library Groningen.

Smith, P. L., & Ragan, T. J. (2005). *Instructional design* (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Teodorescu, R. E., Bennhold, C., Feldman, G., & Medsker, L. (2013). New approach to analyzing physics problems: A Taxonomy of Introductory Physics Problems. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 9*(1), 1-20.

Tsovaltzi, D., McLaren, B. M., Melis, E., & Meyer, A.-K. (2012). Erroneous examples: effects on learning fractions in a web-based setting. *International Journal of Technology Enhanced Learning, 4*(3/4), 191-230.

Tsovaltzi, D., Melis, E., McLaren, B., Meyer, A.-K., Dietrich, M., & Goguadze, G. (2010). *Learning from erroneous examples: when and how do students benefit from them?* Paper presented at the Proceedings of the 5th European Conference on Technology Enhanced Learning, Sustaining TEL: From Innovation to Learning and Practice (EC-TEL 2010), LNCS 6383, Berlin.

Yerushalmi, E. (2013). Students' self-diagnosis using worked-out examples. *Creative Education, 4*(03), 205-216.

Yerushalmi, E. (2014). Problem solving vs. troubleshooting tasks: The case of sixth-grade students studying simple electric circuits. *International Journal of Science and Mathematics Education, 12*(6), 1341-1366.

Yerushalmi, E., & Polingher, C. (2006). Guiding students to learn from mistakes. *Physics Education, 41*(6), 532-538.

Yerushalmi, E., Puterkovsky, M., & Bagno, E. (2013). Knowledge integration while interacting with an online troubleshooting activity. *Journal of Science Education and Technology, 22*(4), 463-474.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

อาจารย์ ดร.สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์อุกฤษฏ์ นาจำปา	สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ และผู้จัดการคลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
คุณครูกิมสรน บรอก (Mr. Kimsrun Prak)	กลุ่มสาระการเรียนรู้ฟิสิกส์ โรงเรียนกำปงธม อำเภอสะตึงแสน จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อมรรัตน์ บุบผโชติ	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
คุณครูสมสุข แสงปราบ	ครูวิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนนางรอง อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์
คุณครูโสะมงคล กิม (Mr. Somongkol Kim)	กลุ่มสาระการเรียนรู้ฟิสิกส์ โรงเรียนสาธิตสายสามัญสถาบันเทคโนโลยีกำปงเฌอเตียล อำเภอปราสาทส่อมโบร์ จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจให้คะแนนคำตอบของนักเรียนเพื่อหาความสอดคล้อง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์อมรรัตน์ บุบผโชติ	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
คุณครูโสะมงคล กิม (Mr. Somongkol Kim)	กลุ่มสาระการเรียนรู้ฟิสิกส์ โรงเรียนสาธิตสายสามัญสถาบันเทคโนโลยีกำปงเฌอเตียล อำเภอปราสาทส่อมโบร์ จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
2. เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่าง

แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

เรื่อง กลศาสตร์ เกรด 10

ชื่อ..... เลขที่..... เกรด 10 .....

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่องกลศาสตร์ เกรด 10 เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่มีโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์จำนวน 6 ข้อ แต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน รวมทั้งสิ้น 120 คะแนน
2. ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 90 นาที
3. นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในแบบทดสอบตามลำดับ หรือเลือกทำข้อใดข้อหนึ่งก่อนก็ได้
4. ในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละข้อนักเรียนต้องแสดงให้เห็นรายละเอียดดังนี้
    1) วาดภาพแทนสถานการณ์ ระบุปริมาณที่ทราบค่า ปริมาณที่ไม่ทราบค่า เงื่อนไขต่าง ๆ และกฎ หลักการ หรือข้อสรุปที่เกี่ยวข้อง
    2) วาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ การระบุปริมาณที่ทราบค่า ปริมาณที่ไม่ทราบค่า และเงื่อนไขต่าง ๆ ในรูปของสัญลักษณ์ พร้อมแสดงความสัมพันธ์ทั่วไปของปริมาณทางฟิสิกส์
    3) สร้างสมการทางคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์
    4) แก้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้สมการสุดท้ายที่มีปริมาณเป้าหมายอยู่ด้านหนึ่งของสมการ และปริมาณที่ทราบค่าอยู่อีกด้านหนึ่งของสมการ
    5) นำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการสุดท้าย และคำนวณหาค่าปริมาณเป้าหมาย พร้อมระบุหน่วยค่าคำตอบให้ชัดเจน

โจทย์ปัญหาข้อ 1: ชายคนหนึ่งออกแรงอย่างสม่ำเสมอในการลากกระสอบข้าวมวล 100 กิโลกรัมขึ้นรถบรรทุกตามพื้นเอียงที่มีความยาว 4.5 เมตรภายในระยะเวลา 3 วินาที จงคำนวณหาแรงของชายคนนั้น โดยทราบว่ามุมระหว่างพื้นเอียงกับแนวราบเท่ากับ 30 องศา ความเร่งโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างกระสอบข้าวกับพื้นเอียง 0.6

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

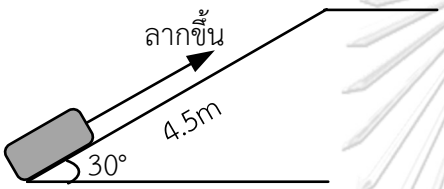
ตัวอย่างเฉลย

แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง กลศาสตร์ เกรด 10

โจทย์ปัญหาข้อ 1: ชายคนหนึ่งออกแรงอย่างสม่ำเสมอในการลากกระสอบข้าวมวล 100 กิโลกรัมขึ้นรถบรรทุกตามพื้นเอียงที่มีความยาว 4.5 เมตรภายในระยะเวลา 3 วินาที จงคำนวณหาแรงของชายคนนั้น โดยทราบว่ามุมระหว่างพื้นเอียงกับแนวราบเท่ากับ 30 องศา ความเร่งโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างกระสอบข้าวกับพื้นเอียง 0.6

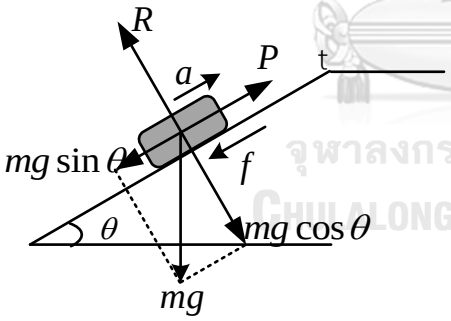
คำตอบ



หาแรงลากกระสอบข้าว

มวลกระสอบข้าว $100\,kg$ ความยาวพื้นเอียง $4.5\,m$ ระยะเวลา $3\,s$ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.6 มุมพื้นเอียง $30°$ ความเร่งโน้มถ่วง $10 m/s^2$

เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตัน และความสัมพันธ์ของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ



จากรูป $m = 100kg$, $g = 10 m/s^2$, $d = 4.5m$, $t = 3s$, $\theta = 30°$, $\mu = 0.6$, $R = ?$, $P = ?$, $f = ?$, $a = ?$

ความสัมพันธ์ทั่วไป $\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... + \vec{F}_n = m\vec{a}$

หาความเร่งของมวล

$d = ut + \frac{1}{2}at^2$ แต่ $u = 0$

ได้ $d = \frac{1}{2}at^2$ หา a

$$a = \frac{2d}{t^2}$$

$$a = \frac{2 \times 4.5}{3^2} = 1 m/s^2$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลบวกแรงตามแนวตั้งฉากกับพื้นเอียง

$$R - mg\cos\theta = 0 \text{ หรือ } R = mg\cos\theta \quad (1)$$

ผลบวกแรงตามแนวขนานกับพื้นเอียง

$$P - (mg\sin\theta + f) = ma \quad (2) \quad \text{หา } P$$

แก้สมการที่ (2) หาค่า P

จาก (2) $P - (mg\sin\theta + f) = ma$

ได้ $P - (mg\sin\theta + f) = ma$

$P = mg\sin\theta + f + ma$ แต่ $f = \mu R = \mu mg\cos\theta$

ได้ $P = mg\sin\theta + \mu mg\cos\theta + ma$

$P = mg(\sin\theta + \mu\cos\theta) + ma$

$P = 100\times10(\sin 30° + 0.6\cos 30°) + (100\times1)$

$P = 1000(0.5 + 0.5296) + 100$

ดังนั้น $P = 1{,}119.6N$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

1) การระบุหลักฐานความเข้าใจมโนทัศน์

0 = ไม่ได้เขียนอะไร

1 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ได้ถูกต้อง

2 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ได้ถูกต้อง ระบุปริมาณที่ทราบค่าและปริมาณที่ไม่ทราบค่าได้ครบถ้วนหรือขาดเล็กน้อย

3 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ได้ถูกต้อง ระบุปริมาณที่ทราบค่าและปริมาณที่ไม่ทราบค่าได้ครบถ้วนหรือขาดเล็กน้อย และแสดงให้เห็นกฎ หลักการและ/หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน

4 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ได้ถูกต้อง ระบุปริมาณที่ทราบค่าและปริมาณที่ไม่ทราบค่าได้ครบถ้วนหรือขาดเล็กน้อย และแสดงให้เห็นกฎ หลักการและ/หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง และครบถ้วน

2) การะบุตัวแทนทางฟิสิกส์

0 = ไม่ได้เขียนอะไร

1 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ผิดส่วนมาก

2 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องหรือผิดเล็กน้อย

3 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องหรือผิดเล็กน้อย และระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ครบถ้วนหรือขาดเล็กน้อย

4 = มีการวาดภาพแทนสถานการณ์ทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องหรือผิดเล็กน้อย ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ในรูปสัญลักษณ์ได้ครบถ้วนหรือขาดเล็กน้อย และแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณในรูปสัญลักษณ์ได้ถูกต้อง

3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์

0 = ไม่ได้เขียนอะไร

1 = สมการไม่สอดคล้องกับตัวทานทางฟิสิกส์

2 = สมการสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์เล็กน้อย

3 = สมการสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์เป็นส่วนมาก

4 = สมการสอดคล้องกับตัวแทนทางฟิสิกส์

4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ

0 = ไม่ได้เขียนอะไร

1 = การแก้สมการไม่เป็นระเบียบ และไม่มีขั้นตอนชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2 = การแก้สมการเป็นระเบียบ แต่ไม่มีขั้นตอนชัดเจนหรือข้ามขั้นตอนเยอะ

3 = การแก้สมการเป็นระเบียบ มีขั้นตอนชัดเจน แต่ข้ามขั้นตอนเล็กน้อย

4 = การแก้สมการเป็นระเบียบ มีขั้นตอนชัดเจนและสมบูรณ์

5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์

0 = ไม่ได้เขียนอะไร

1 = มีการนำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการได้ถูกต้อง

2 = มีการนำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการได้ถูกต้อง แต่การคำนวณได้ค่าคำตอบไม่ถูกต้อง

3 = มีการนำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการได้ถูกต้อง และการคำนวณได้ค่าคำตอบถูกต้อง

4 = มีการนำค่าปริมาณที่ทราบแทนในสมการได้ถูกต้อง การคำนวณได้ค่าคำตอบถูกต้อง และการระบุหน่วยค่าคำตอบได้ถูกต้อง

นำคะแนนที่ได้ในแต่ละองค์ประกอบ และคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้งฉบับมาปรับเป็นคะแนนเต็ม 100 คะแนน จากนั้นเทียบกับเกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่แบ่งออกเป็น 4 ระดับตามช่วงคะแนนที่ได้กำหนดไว้โดยกระทรวงอบรม เยาวชน และการกีฬา ประเทศกัมพูชา (ม.ป.ป.)

ตารางที่ 11 เกณฑ์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
00 – 49	ไม่ผ่าน
50 – 64	ปานกลาง
65 – 79	ดี
80 – 100	ดีมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง
2. แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่าง

แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

แผนที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง

รายวิชา ฟิสิกส์ เกรด 10

เวลา 100 นาที ผู้สอน นายฮกเฟง เสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้

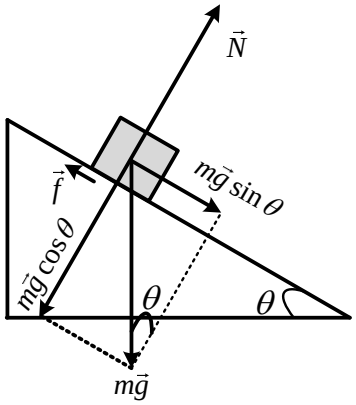
เมื่อเรียนจบคาบนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1) อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียงได้ด้วยการทดลอง
2) ระบุแรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียงได้ด้วยการทดลอง
3) วาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ได้ถูกต้อง
4) ใช้ความรู้ในการคำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ที่มีในโจทย์ปัญหาได้

สาระการเรียนรู้

1. ความรู้

การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่ เป็นไปตามกฎข้อ 2 ของนิวตัน



แรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียงมีดังนี้

1) $m\vec{g}\sin\theta$ แรงที่ทำให้วัตถุไถลลงตามพื้นเอียง
2) $m\vec{g}\cos\theta$ แรงที่วัตถุกระทำต่อพื้นเอียง
3) $\vec{N}$ แรงที่พื้นเอียงกระทำต่อวัตถุ
4) $\vec{f} = \mu m\vec{g}\cos\theta$ แรงเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับวัตถุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียงกรณีไม่มีแรงเสียดทาน

1) ความเร่งของวัตถุ $a = g\sin\theta$
2) ระยะเวลาไถลลง $t = \sqrt{\dfrac{2d}{g\sin\theta}}$ d การกระจัดของการเคลื่อนที่
3) ความเร็วขณะ $v_f = \sqrt{2dg\sin\theta + v_i^2}$

2. ทักษะ หรือกระบวนการ

1) ทักษะการใช้เครื่องมือทดลอง
2) ทักษะการคำนวณ
3) ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม
4) ทักษะการนำเสนอ

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์
    1) มีความรับผิดชอบ
    2) ยอมรับความคิดเห็นของคนอื่น
    3) กล้าแสดงออกความคิดเห็น

กิจกรรมหลัก

1) กิจกรรมการเรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎี มีการทบทวนความรู้นักเรียนเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ให้นักเรียนทำการทดลองวัดแรงที่ทำให้วัตถุไถลลงตามพื้นเอียงพร้อมสรุปและอภิปรายผล และอธิบายแสดงการหาปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง พร้อมยกตัวอย่างประกอบ
2) เสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องครั้งที่ 1 (งานรายกลุ่ม)
3) ตัวแทนกลุ่มแสดงการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาด
4) เสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องครั้งที่ 2 (งานรายบุคคล)
5) สุ่มนักเรียน 3 แสดงการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาด
6) สรุปบทเรียนและวัดผลการเรียนรู้ มีการอภิปรายสรุปลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบเพื่อวัดผลการเรียนรู้ท้ายคาบเรียน

กิจกรรมการเรียนรู้

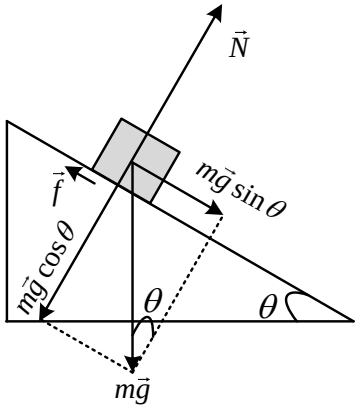
กิจกรรมการเรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎี

1) ครูทบทวนความรู้นักเรียนเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยครูถามนักเรียนว่า
    1.1) จงอธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อ 1 ของนิวตัน (เมื่อไม่มีแรงใดใดกระทำต่อวัตถุ หรือมีแต่แรงลัพธ์เท่ากับศูนย์ ถ้าวัตถุอยู่นิ่ง ก็ยังอยู่นิ่งเหมือนเดิม ถ้าวัตถุมีการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่)
    1.2) จงอธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตัน (เมื่อแรงลัพธ์ F ที่กระทำต่อวัตถุมวล m มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ จะทำให้วัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง a)
    1.3) จงอธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อ 3 ของนิวตัน (แรงที่วัตถุที่ 1 กระทำต่อวัตถุที่ 2 เท่ากับแรงที่วัตถุที่ 2 กระทำต่อวัตถุที่ 1 และแรงทั้งสองที่ทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งเรียกได้ว่าแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา)
2) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มด้วยการนับเลข 1-6 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามใบงานที่ 1 เรื่อง แรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียง
3) ให้นักเรียนสรุปและอภิปรายผลการทดลอง (เมื่อมุมของพื้นเอียงมีค่ามากขึ้น แรงที่ทำให้วัตถุไถลลงตามพื้นเอียงก็มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปรับมุมของพื้นเอียงเป็น 90 องศา วัตถุไม่ได้อยู่ในสถานะบนเอียง แต่อยู่ในสถานะแนวดิ่ง ดังนั้นค่าแรงที่วัดได้คือน้ำหนักของวัตถุในแนวดิ่ง

การที่ดึงวัตถุขึ้นตามพื้นเอียงเบากว่าการดึงในแนวดิ่ง เพราะว่าแรงของวัตถุไถลลงตามพื้นเอียงน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุในแนวดิ่ง พื้นเอียงเป็นตัวช่วยลดน้ำหนักของวัตถุ เมื่อมุมของพื้นเอียงลดลงแรงที่ใช้ในการดึงก็ลดลงเช่นกัน)

4) ครูอธิบายวิธีการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง

ครูสาธิตปล่อยท่อนไม้ทรงสี่เหลี่ยมให้ไถลลงตามพื้นเอียง แล้วถามนักเรียนเรียนว่า นักเรียนสังเกตเห็นท่อนไม้เคลื่อนที่ช้าลงหรือเร็วขึ้น (ท่อนไม้เคลื่อนที่เร็วขึ้น) การเคลื่อนที่ของท่อนไม้บนพื้นเอียงที่นักเรียนสังเกตเห็นนี้ เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงหรือเส้นโค้ง (การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง) ดังนั้นสรุปได้ว่า วัตถุไถลลงตามพื้นเอียง เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่ เมื่อวัตถุมีความเร่งแสดงว่า แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่ามากกว่าศูนย์ เป็นไปตามกฎข้อ 2 ของนิวตัน



ก. หาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

ตามกฎข้อ 2 $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

จากรูป $\sum \vec{F} = m\vec{g}\sin\theta + m\vec{g}\cos\theta + \vec{N} + \vec{f}$

แต่ $m\vec{g}\cos\theta + \vec{N} = 0$, $\vec{f} = \mu m\vec{g}\cos\theta$

ได้ $\sum \vec{F} = m\vec{g}\sin\theta + \mu m\vec{g}\cos\theta$

กรณีไม่มีแรงเสียดทาน $\sum \vec{F} = m\vec{g}\sin\theta$

ข. หาความเร่งของวัตถุ

จาก $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$\sum \vec{F} = m\vec{g}\sin\theta + \mu m\vec{g}\cos\theta$

ได้ $m\vec{a} = m\vec{g}\sin\theta + \mu m\vec{g}\cos\theta$

$\vec{a} = \vec{g}(\sin\theta + \mu\cos\theta)$ หรือ $a = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$

กรณีไม่มีแรงเสียดทาน $\vec{a} = \vec{g}\sin\theta$ หรือ $a = g\sin\theta$

ค. หาระยะเวลาในการเคลื่อนที่

จาก $d = \frac{1}{2}at^2$ d การกระจัดของการเคลื่อนที่

$\Rightarrow$ $t^2 = \frac{2d}{a}$ แต่ $a = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$

ได้ $t^2 = \frac{2d}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}$ หรือ $t = \sqrt{\frac{2d}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรณีไม่มีแรงเสียดทาน $t^2 = \frac{2d}{g\sin\theta}$ หรือ $t = \sqrt{\frac{2d}{g\sin\theta}}$

ง. หาความเร็วขณะ

จาก $v = at$

แต่ $a = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$, $t = \sqrt{\frac{2d}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}}$

ได้ $v = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)\sqrt{\frac{2d}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}}$

$v = \sqrt{2dg(\sin\theta - \mu\cos\theta)}$

กรณีไม่มีแรงเสียดทาน $v = \sqrt{2dg\sin\theta}$

5) ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในใบงานที่ 2 ตัวอย่างที่ 1 และแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ดังกล่าว

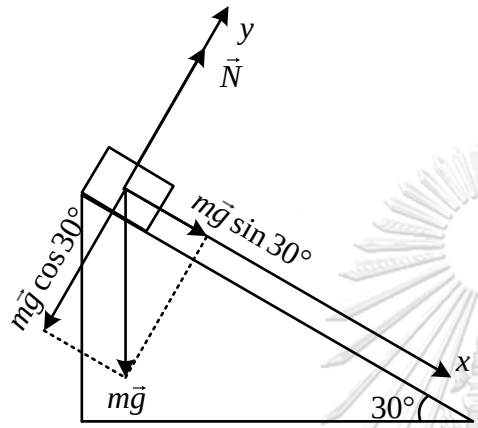
ใบงานที่ 2 (ครูแสดงวิธีทำ) เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง
โจทย์ปัญหา: ท่อนไม้ทรงสี่เหลี่ยมมวล 2 กิโลกรัม ไถลลงตามพื้นเอียงที่มีมุม 30 องศากับแนวระนาบ โดยทราบว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับท่อนไม้มีค่า 0.2 ความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่า 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง จงหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อท่อนไม้
....

เสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องครั้งที่ 1

6) ให้นักเรียนจัดกลุ่มเหมือนเดิม ครูเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องตัวอย่างที่ 2 ซึ่งอยู่ในใบงานที่ 3 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและสมบูรณ์ โดยผ่านขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้ (1) ระบุข้อผิดพลาด ระบุส่วนของคำตอบที่ไม่ถูกต้องและ/หรือส่วนของคำตอบขาดหายไป (2) อธิบายลักษณะของข้อผิดพลาด อธิบายสาเหตุที่ทำให้การแก้โจทย์ปัญหาไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ (3) แก้ไขข้อผิดพลาด แก้ไขคำตอบในส่วนที่ไม่ถูกต้องและเพิ่มเติมในส่วนที่ไม่สมบูรณ์

ใบงานที่ 3 (งานรายกลุ่ม) เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง (โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องที่ 1)
คำชี้แจง: ใบงานนี้ประกอบด้วยสถานการณ์โจทย์ปัญหา พร้อมรายละเอียดของคำตอบที่ไม่ถูกต้องและหรือไม่สมบูรณ์ ให้นักเรียนวงกลมส่วนที่มีข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะของข้อผิดพลาด แก้ไข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไปให้สมบูรณ์ จากนั้นนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน
โจทย์ปัญหา: กล่องมวล 2 กิโลกรัมใบหนึ่งไถลลงโดยไม่มีแรงเสียดทานตามพื้นเอียงที่มีความยาว 3 เมตร และมีมุม 30 องศากับแนวระนาบ จงหาระยะเวลาในการไถลลงของกล่อง โดยทราบว่าความเร่งโน้มถ่วงของโลมีค่า 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง
คำตอบ    หาระยะเวลาในการไถลลงของกล่อง ตาม $y = \frac{1}{2}gt^2 + v_0 t$ แต่ $v_0 = 0$ ได้ $y = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$ แต่ $y = mg\cos 30° N$ และ $N = mg = 2\times 10 = 20kg$ $\Rightarrow y = 2\times 10\times 0.866\times 20 = 34.64$ $\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2\times 34.64}{10}} = 2.6s$

ตัวแทนกลุ่มแสดงการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาด

7) นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมาแสดงการวินิจฉัยและการแก้ไขข้อผิดพลาดหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบของแต่ละกลุ่มให้ถูกต้อง

เสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องครั้งที่ 2

8) ครูเสนอโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องตัวอย่างที่ 3 ซึ่งอยู่ในใบงานที่ 4 ให้นักเรียนแต่ละคนดำเนินการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและสมบูรณ์ โดยผ่านขั้นตอนปฏิบัติเหมือนในงานกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบงานที่ 4 (งานรายบุคคล) เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง (โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องที่ 2)
คำชี้แจง: ใบงานนี้ประกอบด้วยสถานการณ์โจทย์ปัญหา และรายละเอียดของคำตอบ จงตรวจสอบว่าคำตอบนี้ถูกต้องและ/หรือสมบูรณ์หรือไม่ ถ้าหากว่าคำตอบนี้มีส่วนที่ไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ ให้นักเรียนวงกลมส่วนที่มีข้อผิดพลาด อธิบายลักษณะของข้อผิดพลาด แก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายไปให้สมบูรณ์ จากนั้นนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน
โจทย์ปัญหา: คนงานโรงงานน้ำแข็งต้องการลากถังน้ำแข็งทรงสี่เหลี่ยมมวล 100 กิโลกรัม ขึ้นรถบรรทุกตามพื้นเอียงที่มีมุม 30 องศากับแนวระนาบ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับถังน้ำแข็งมีค่า 0.25 เขาควรใช้แรงอย่างน้อยเท่าไหร่จึงสามารถลากถังน้ำแข็งให้ขึ้นตามพื้นเอียงได้ โดยทราบว่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่า 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง

คำตอบ

หาแรงที่สามารถลากถังน้ำแข็งให้ขึ้นตามพื้นเอียงได้

จากรูป แรงที่ขนานกับพื้นเอียงเป็นแรงที่ทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่ในแนวของพื้นเอียง แรงที่ขนานกับพื้นเอียงมี $\vec{F}$ $\vec{f}$ และ $m\vec{g}\sin 30°$ ถ้าต้องการให้ถังน้ำแข็งเคลื่อนที่ขึ้นตามพื้นเอียงได้

$\vec{F}+\vec{f}+m\vec{g}\sin 30°>0$ และการเคลื่อนที่ต้องไปในทิศทางของ $\vec{F}$ และ $\vec{f}$

ได้ $F+f-mg\sin 30°>0$

$F>mg\sin 30°-f$

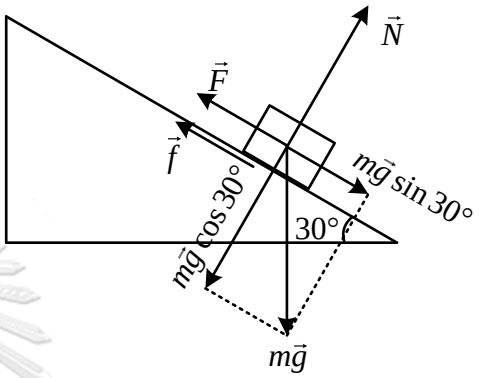
$F>mg\sin 30°-\mu mg\cos 30°$

$F>mg(\sin 30°-\mu\cos 30°)$

$F>100\times 10(0.5-(0.25\times 0.866))$

$F>100\times 10(0.5-(0.25\times 0.866))$

ดังนั้น $F>283.5N$



สุ่มนักเรียน 3 แสดงการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาด

9) ครูสุ่มเลือกนักเรียน 3 คนด้วยการจับฉลากมาแสดงการวินิจฉัยและการแก้ไขข้อผิดพลาดหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบให้ถูกต้อง

สรุปบทเรียนและวัดผลการเรียนรู้

10) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนรู้โดยครูถามนักเรียนว่า วันนี้เราได้เรียนรู้เรื่องอะไรบ้าง (การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง)

11) ครูให้นักเรียนแต่ละคนคำนวณหาแรงเสียดทานและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างท่อนไม้กับพื้นเอียงโดยใช้ข้อมูลจากผลการทดลองวัดแรงที่ไถลลงตามพื้นเอียงด้วยมุม 30 องศา และมุม 60 องศาในใบงานที่ 1 แล้วถามนักเรียนว่า ทำไมเวลามุมของพื้นเอียงมากขึ้นแรงเสียดทานกลับลดลง (เมื่อมุมของพื้นเอียงมากขึ้นทำให้แรงที่วัตถุกระทำต่อพื้นเอียง และแรงที่พื้นเอียงกระทำต่อวัตถุลดลง ดังนั้นจึงทำให้แรงเสียดทานลดลง)

12) ครูและนักเรียนร่วมกันหาแรงเสียดทานและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างท่อนไม้กับพื้นเอียงโดยใช้ข้อมูลจากผลการทดลองวัดแรงไถลลงตามพื้นเอียงด้วยมุม 30 องศา และมุม 60 องศาในใบงานที่ 1 (เลือกใช้ข้อมูลจากกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง)

การประเมินการเรียนรู้

1) ประเมินจากการสรุปและการอภิปรายผลการทดลอง นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถสรุปผลการทดลองได้ และตอบประเด็นคำถามได้อย่างสมเหตุสมผลจึงผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ประเมินจากการหาแรงเสียดทานและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับท่อนไม้ โดยใช้ผลที่ได้จากการทดลองในใบงานที่ 1 โดยนักเรียนแต่ละคนต้องได้คะแนนร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มขึ้นไปจึงผ่านเกณฑ์

สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือรายวิชาฟิสิกส์เกรด 10
2) ใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง
3) ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ใบงานที่ 1

การทดลอง เรื่อง แรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียง

คำชี้แจง ให้นักเรียนทดลองเรื่อง แรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียง

ประเด็นคำถาม ทำไมการลากวัตถุขึ้นตามพื้นเอียงจึงมีน้ำหนักเบากว่าการดึงวัตถุขึ้นในแนวดิ่ง

วัตถุประสงค์การทดลอง

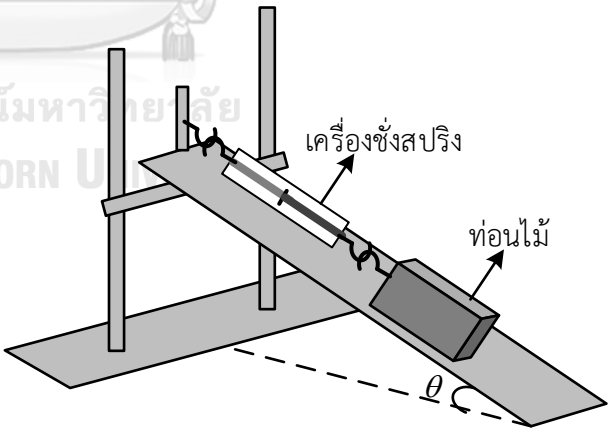
1) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวดิ่ง กับแรงที่กระต่อวัตถุในแนวพื้นเอียงมุมต่าง ๆ
2) เพื่อศึกษาแรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุไถลลงตามพื้นเอียง
3) เพื่อศึกษาแรงเสียดทานและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นเอียง

อุปกรณ์การทดลอง

1) กระดานพื้นเอียง 1 แผ่น
2) ขาตั้ง 1 อัน
3) ไม้วัดมุม 1 อัน
4) ท่อนไม้ทรงสี่เหลียม 1 แท่ง
5) เครื่องชั่งสปริง 1 อัน

การดำเนินการทดลอง

1) ใช้เครื่องชั่งสปริงชั่งน้ำหนักของท่อนไม้ แล้วบันทึกผลที่ได้ลงในตารางด้านล่าง
2) ติดตั้งชุดการทดลอง เรื่องแรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียงดังรูป



3) ปรับมุม $\theta = 30°$ แล้วบันทึกค่าแรงที่เครื่องชั่งสปริงอ่านได้ลงในตารางบันทึกผลด้านล่าง
4) ปรับมุม $\theta = 60°$ แล้วบันทึกค่าแรงที่เครื่องชั่งสปริงอ่านได้ลงในตารางบันทึกผลด้านล่าง
5) ปรับมุม $\theta = 90°$ แล้วบันทึกค่าแรงที่เครื่องชั่งสปริงอ่านได้ลงในตารางบันทึกผลด้านล่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกค่าแรงที่ได้จากการวัดในแต่ละมุม

ระดับมุม	แนวดิ่ง	30°	60°	90°
ค่าแรงที่วัดได้ (N)				

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

1) เปรียบเทียบแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวดิ่ง กับแรงที่กระต่อวัตถุในแนวพื้นเอียงมุมต่าง ๆ
2) บอกค่าแรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุไถลลงตามพื้นเอียงในมุมต่าง ๆ
3) อภิปรายเชื่อมโยงกับประเด็นคำถามที่กำหนดให้ด้านบน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จากผลการวัดแรงที่กระทำต่อท่อนไม้บนพื้นเอียงด้วยมุม 30 องศา และ 60 องศา จงหาแรงเสียดทาน และสัมประสิทธิ์ความเสียดทาระหว่างท่อนไม้กับพื้นเอียง และอธิบายว่า เหตุใดเมื่อมุมของพื้นเอียงมีค่ามากขึ้น แต่แรงเสียดทานกลับมีค่าลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบงานที่ 2 (ครูแสดงวิธีทำ)

เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง

โจทย์ปัญหา: ท่อนไม้ทรงสี่เหลี่ยมมวล 2 กิโลกรัม ไถลลงตามพื้นเอียงที่มีมุม 30 องศากับแนวระนาบ โดยทราบว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับท่อนไม้มีค่า 0.2 ความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่า 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง จงหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อท่อนไม้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

សន្លឹកកិច្ចការទី ៣ (កិច្ចការក្រុម) ใบงานที่ 3 (งานรายกลุ่ม)

អំពី ចលនាអង្គធាតុអិលលើប្លង់ទេរ (លំហាត់ជាមួយចម្លើយដែលមានកំហុសទី ១)

คำชี้แจง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง (โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องที่ 1)

ណែនាំ: លើសន្លឹកនីតិកាលនេះបានរៀបចំជាមួយលំហាត់ជាមួយចម្លើយដែលមានកំហុសនិង/ឬខ្វះខាត

ឲ្យសិ ใบงานนี้ประกอบด้วยสถานการณ์โจทย์ปัญหาและรายละเอียดคำตอบที่ไม่ถูกต้องและหรือไม่สมบูรณ์ให้นักเรียน

១) គូសវង់ជុំវិញចំណុចដែលខុស 1) วงกลมในส่วนที่มีข้อผิดพลาด

២) ពន្យល់ពីមូលហេតុដែលធ្វើឲ្យខុស 2) อธิบายลักษณะข้อผิพลาด

៣) កែតម្រូវចំណុចដែលខុសនិងបន្ថែមចំណុចដែលខ្វះខាត 3) แก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและเพิ่มเติมส่วนที่ไม่สมบูรณ์

បន្ទាប់មកតំណាងក្រុមធ្វើបទបង្ហាញពីការវិនិច្ឆ័យនិងការកែតម្រូវគ្រប់កំហុសទាំងឡាយណាដែលមាននៅក្នុងចម្លើយនៅលើក្តារខៀន จากนั้นให้ตัวแทนกลุ่มแสดงการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดหน้าชั้นเรียน

โจทย์ปัญหา: กล่องมวล 2 กิโลกรัมใบหนึ่งไถลลงโดยไม่มีแรงเสียดทานตามพื้นเอียงที่มีความยาว 3 เมตร

លំហាត់: ប្រអប់ម៉ាស ២ គីឡូក្រាមអិលចុះដោយគ្មានកម្លាំងកកិតតាមបណ្តោយប្លង់ទេរដែលមានប្រវែង ៣ ម៉ែត្រ និងមានមុំ ៣០ ដឺក្រេជាមួយផ្ដេក ។ ចូរគណនារយៈពេលនៃការអិលចុះ: កំណត់ឲ្យសំទុះទំនាញដ៏មានតម្លៃ ១០ ម៉ែត្រក្នុងមួយវិនាទីកា และมีหมุม 30 องศากับแนวระนาบ จงหาระยะเวลาในการไถลลงของกล่อง กำหนดให้ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง

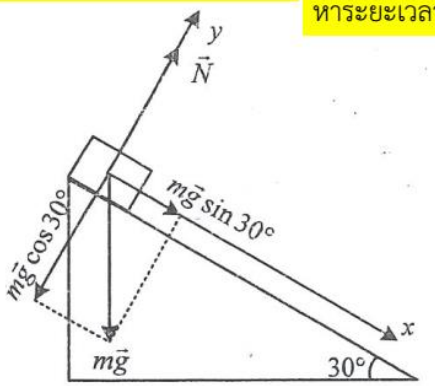
ចម្លើយដែលមានកំហុសសម្រាប់សិស្សានុសិស្សវិនិច្ឆ័យនិងកែតម្រូវ

១) គូសវង់ជុំវិញចំណុចដែលខុស คำตอบที่ไม่ถูกต้องสำหรับนักเรียนวินิจฉัยและแก้ไข

1) วงกลมส่วนที่มีข้อผิดพลาด

គណនារយៈពេលនៃការអិលចុះ

หาระยะเวลาในการไถลลง



ตาม តាម $y = \frac{1}{2}gt^2 + v_0 t$ แต់ តែ $v_0 = 0$

ได้ បាន $y = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$

แต่ តែ $y = mg\cos 30°N$

และ និង $N = mg = 2\times 10 = 20kg$

$\Rightarrow y = 2\times 10\times 0.866\times 20 = 34.64$

$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2\times 34.64}{10}} = 2.6s$

២) ពន្យល់ពីមូលហេតុដែលធ្វើឲ្យខុស 2) อธิบายลักษณะของผิดพลาด

+ ..... การแก้โจทย์ปัญหาไม่สมบูรณ์

+ .....

+ ..... ไม่ได้ระบุสิ่งที่โจทย์ถามหา และสิ่งที่โจทย์ให้

+ ..... ไม่ได้ระบุกฎและหลักการที่เกี่ยวข้อง

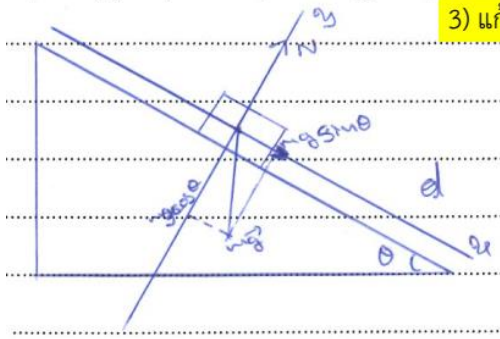
+ ..... ระบุหน่วบของแรงไม่ถูกต้อง

+ .....

เข้าใจผิดว่าเป็นการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง วัตถุตกอิสระ

๓) កែតម្រូវចំណុចដែលខុសនិងបន្ថែមចំណុចដែលខ្វះខាត

3) แก้ไขส่วนที่ไม่ถูกต้องและเพิ่มเติมส่วนที่ไม่สมบูรณ์



หาระยะเวลาในการไถลลง
การแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง
ด้วยความเร่งคงที่ และกฎข้อ 2 นิวตัน

$m = 2\,kg$, $g = 10\,m/s^2$, $d = 3\,m$, $\theta = 30^\circ$

โดย $d = \frac{1}{2}at^2$ เพราะ $u_0 = 0$

ตามสมการการเคลื่อนที่ $\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2d}{a}}$

ตาม $F = ma$

$\Rightarrow a = \frac{F}{m}$

แต่ $F = mg\sin\theta$

$= 2 \times 10 \times 0.5$

$= 10$

$\Rightarrow ma = mg\sin\theta$

$a = \frac{mg\sin\theta}{m}$

$= \frac{2 \times 10 \times 0.5}{2}$

$= 5\,m/s^2$

$\Rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \times 3}{5}}$

$= 1.09\,s$

คำชี้แจง:ใบงานนี้ประกอบด้วยโจทย์ปัญหาและรายละเอียดคำตอบจงตรวจสอบว่าคำตอบนี้ถูกต้องและ/หรือสมบูรณ์หรือไม่ ถ้าหากว่ายังไม่ถูกต้องและ/หรือไม่สมบูรณ์ ให้นักเรียน

สន្លឹកកិច្ចការទី ៤ (កិច្ចការបុគ្គល) ใบงานที่ 4 (งานรายบุคคล)

การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง (โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องที่ 2)

សេចក្តីណែនាំ: លើសន្លឹកកិច្ចការនេះប្រកបដោយលំហាត់និងចម្លើយ ចូរត្រួតពិនិត្យចម្លើយនេះថាតើត្រូវឬខុសឬមានការខ្វះខាត ប្រសិនបើចម្លើយមានចំណុចខុសនិង/ឬខ្វះខាត ឲ្យសិស្សានុសិស្ស

១) គូសរង្វង់ជុំវិញចំណុចដែលខុស 1) วงกลมส่วนที่มีข้อผิดพลาด

២) ពន្យល់ពីមូលហេតុដែលធ្វើឲ្យខុស 2) อธิบายลักษณะข้อผิดพลาด

៣) កែតម្រូវចំណុចដែលខុសនិងបន្ថែមចំណុចដែលខ្វះខាត 3) แก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้องและเพิ่มเติมส่วนที่ไม่สมบูรณ์

បន្ទាប់មកធ្វើបទបង្ហាញពីការវិនិច្ឆ័យនិងការកែតម្រូវ[illegible] จากนั้นแสดงการวินิจฉัยและแก้ไขข้อผิดพลาดหน้าชั้นเรียน (สุ่มเลือกนักเรียน 3 คน)

ចម្លើយនៅលើក្តារខៀន (ជ្រើសរើសសិស្សានុសិស្ស ៣ នាក់)

โจทย์ปัญหา: คนงานโรงงานน้ำแข็งต้องการลากถังน้ำแข็งทรงสี่เหลี่ยมมวล 100 กิโลกรัมขึ้นรถบรรทุกตามพื้นเอียงที่มีมุม 30 องศากับแนวระนาบ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับถังน้ำแข็ง 0.25 เขาควรใช้แรงอย่างน้อยเท่าไหร่จึงสามารถลากถังน้ำแข็งให้ขึ้นตามพื้นเอียงนั้นได้ กำหนดให้ความเร่งโน้มถ่วงของโลก 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง

ចម្លើយដែលសិស្សានុសិស្សត្រូវត្រួតពិនិត្យ คำตอบที่นักเรียนต้องตรวจสอบ

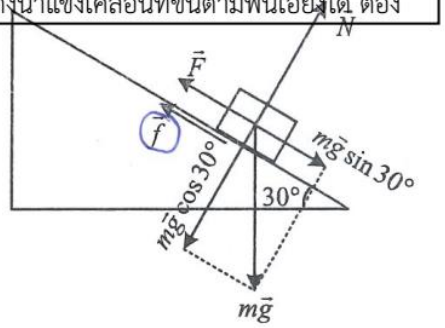
គណនាកម្លាំងដែលត្រូវប្រើក្នុការអូសធុងទឹកកកឡើងលើរថយន្ត หาแรงที่ใช้เพื่อลากถังน้ำแข็งขึ้นรถ

តាមរូប កម្លាំងដែលស្របនិងប្លង់ទេរ ជាកម្លាំងដែលធ្វើឲ្យវត្ថុមានការផ្លាស់លើប្លង់ទេរ កម្លាំងដែលស្របនិងប្លង់ទេរមាន $\vec{F}$, $\vec{f}$ និង $m\vec{g}\sin 30°$ ប្រសិនបើត្រូវការឲ្យធុងទឹកកកផ្លាស់ទីឡើងលើតាមប្លង់ទេរ លុះត្រាតែ

การเคลื่อนที่ไปในทิศทางของ

$\vec{F}+\vec{f}+m\vec{g}\sin 30°>0$ ហើយចលនានៃការផ្លាស់ទីទៅតាមទិសដៅ $\vec{F}$ និង $\vec{f}$

แรงที่ขนานกับพื้นเอียงเป็นแรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ประกอบด้วย F, f, mgsin30 หากต้องการให้ถังน้ำแข็งเคลื่อนที่ขึ้นตามพื้นเอียงได้ ต้อง



បាន ได้

$F+f-mg\sin 30°>0$

$F>mg\sin 30°-f$

$F>mg\sin 30°-\mu mg\cos 30°$

$F>mg(\sin 30°-\mu\cos 30°)$

$F>100\times 10(0.5-(0.25\times 0.866))$

$F>100\times 10(0.5-(0.25\times 0.866))$

$F>283.5N$

๑) តើចម្លើយនេះត្រឹមត្រូវនិងពេញលេញដែរឬទេ 1) คำตอบนี้ถูกต้องและสมบูรณ์หรือไม่

☐ ត្រឹមត្រូវ/ពេញលេញ ถูกต้อง/สมบูรณ์

☑ មិនត្រឹមត្រូវ/មិនពេញលេញ ไม่ถูกต้อง/ไม่สมบูรณ์

๒) ប្រសិនបើមិនត្រឹមត្រូវ/មិនពេញលេញ សិស្សានុសិស្សត្រូវ 2) ถ้าไม่ถูกต้อง/ไม่สมบูรณ์ ให้นักเรียน

๒.๑) គូសរង្វង់ជុំវិញចំណុចខុសដែលមានក្នុងចម្លើយ 2.1) วงกลมส่วนที่มีข้อผิดพลาด

๒.๒) ពន្យល់ពីមូលហេតុដែលធ្វើឲ្យខុស 2.2) อธิบายลักษณะข้อผิดพลาด

+ ... ไม่ได้ระบุกฎหรือหลักการที่เกี่ยวข้อง

+ ... เข้าใจผิดว่าแรงเสียดทานกับแรงกระทำมีทิศทางเดียวกัน

+ ... วาดรูปไม่ถูกต้อง

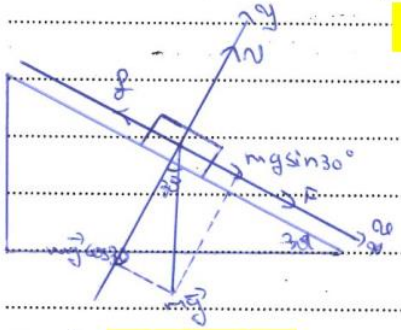
+ ... ระบุทิศทางแรงเสียดทานไม่ถูกต้อง

+ ... ไม่ได้ระบุสิ่งที่โจทย์ให้ และที่โจทย์หา

๒.๓) កែតម្រូវចំណុចដែលខុសនិងបន្ថែមចំណុចដែលខ្វះខាត

2.3) แก้ไขข้อผิดพลาด และเพิ่มเติมส่วนที่ไม่สมบูรณ์

... หาแรงที่ใช้ในการลากถังน้ำแข็งขึ้นรถยนต์



สิ่งที่โจทย์ให้

$m = 100\ kg$, $\mu = 0.25$, $g = 10\ m/s^2$, $\theta = 30^\circ$

การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวข้องกับกฎข้อ 2 นิวตัน

ตามกฎข้อ 2 นิวตัน

$F - mg\sin 30 - f > 0$

$F > mg\sin 30 + \mu mg\cos 30$

$F > (100)(10)(0.5) + (0.25)(100)(10)(0.866)$

$F > 500 + 216.5$

$F > 716.5\ N$

ដូចនេះ $F > 716.5\ N$

ดังนั้น

ตัวอย่าง

แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

แผนที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง

รายวิชา ฟิสิกส์ เกรด 10

เวลา 100 นาที ผู้สอน นายฮกเพง เสียง

จุดประสงค์การเรียนรู้

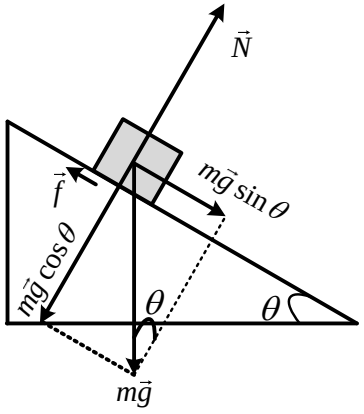
เมื่อเรียนจบคาบนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1) อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียงได้ด้วยการทดลอง
2) ระบุแรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียงได้ด้วยการทดลอง
3) วาดภาพแทนสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ได้ถูกต้อง
4) ใช้ความรู้ในการคำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ที่มีในโจทย์ปัญหาได้

สาระการเรียนรู้

1. ความรู้

การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่ เป็นไปตามกฎข้อ 2 ของนิวตัน



แรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียงมีดังนี้

1) $m\vec{g}\sin\theta$ แรงที่ทำให้วัตถุไถลลงตามพื้นเอียง
2) $m\vec{g}\cos\theta$ แรงที่วัตถุกระทำต่อพื้นเอียง
3) $\vec{N}$ แรงที่พื้นเอียงกระทำต่อวัตถุ
4) $\vec{f} = \mu m\vec{g}\cos\theta$ แรงเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับวัตถุ

ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียงกรณีไม่มีแรงเสียดทาน

1) ความเร่งของวัตถุ $a = g\sin\theta$
2) ระยะเวลาไถลลง $t = \sqrt{\dfrac{2d}{g\sin\theta}}$ d การกระจัดของการเคลื่อนที่
3) ความเร็วขณะ $v_f = \sqrt{2dg\sin\theta + v_i^2}$

2. ทักษะ หรือกระบวนการ

1) ทักษะการใช้เครื่องมือทดลอง
2) ทักษะการคำนวณ
3) ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม
4) ทักษะการนำเสนอ

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์
    1) มีความรับผิดชอบ
    2) ยอมรับความคิดเห็นของคนอื่น
    3) กล้าแสดงออกความคิดเห็น

กิจกรรมหลัก

1) กิจกรรมการเรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎี มีการทบทวนความรู้นักเรียนเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ให้นักเรียนทำการทดลองวัดแรงที่ทำให้วัตถุไถลลงตามพื้นเอียงพร้อมสรุปและอภิปรายผล และอธิบายแสดงการหาปริมาณทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง พร้อมยกตัวอย่างประกอบ
2) เสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยครั้งที่ 1 (งานรายกลุ่ม)
3) ตัวแทนกลุ่มแสดงการแก้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย
4) เสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยครั้งที่ 2 (งานรายบุคคล)
5) สุ่มนักเรียน 3 แสดงการแก้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย
6) สรุปบทเรียนและวัดผลการเรียนรู้ มีการอภิปรายสรุปลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบเพื่อวัดผลการเรียนรู้ท้ายคาบเรียน

กิจกรรมการเรียนรู้

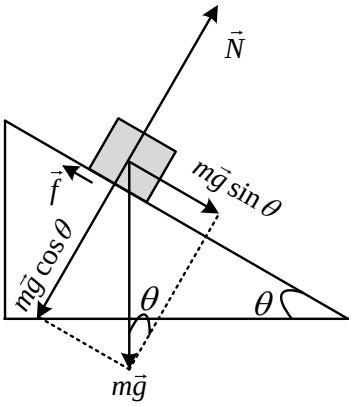
กิจกรรมการเรียนรู้มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎี

1) ครูทบทวนความรู้นักเรียนเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยครูถามนักเรียนว่า
    1.1) จงอธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อ 1 ของนิวตัน (เมื่อไม่มีแรงใดใดกระทำต่อวัตถุ หรือมีแต่แรงลัพธ์เท่ากับศูนย์ ถ้าวัตถุอยู่นิ่ง ก็ยังอยู่นิ่งเหมือนเดิม ถ้าวัตถุมีการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่)
    1.2) จงอธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตัน (เมื่อแรงลัพธ์ F ที่กระทำต่อวัตถุมวล m มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ จะทำให้วัตถุมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง a)
    1.3) จงอธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อ 3 ของนิวตัน (แรงที่วัตถุที่ 1 กระทำต่อวัตถุที่ 2 เท่ากับแรงที่วัตถุที่ 2 กระทำต่อวัตถุที่ 1 และแรงทั้งสองที่ทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งเรียกได้ว่าแรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา)
2) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มด้วยการนับเลข 1-6 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามใบงานที่ 1 เรื่อง แรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียง
3) ให้นักเรียนสรุปและอภิปรายผลการทดลอง (เมื่อมุมของพื้นเอียงมีค่ามากขึ้น แรงที่ทำให้วัตถุไถลลงตามพื้นเอียงก็มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปรับมุมของพื้นเอียงเป็น 90 องศา วัตถุไม่ได้อยู่ในสถานะบนเอียง แต่อยู่ในสถานะแนวดิ่ง ดังนั้นค่าแรงที่วัดได้คือน้ำหนักของวัตถุในแนวดิ่ง

การที่ดึงวัตถุขึ้นตามพื้นเอียงเบากว่าการดึงในแนวดิ่ง เพราะว่าแรงของวัตถุไถลลงตามพื้นเอียงน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุในแนวดิ่ง พื้นเอียงเป็นตัวช่วยลดน้ำหนักของวัตถุ เมื่อมุมของพื้นเอียงลดลงแรงที่ใช้ในการดึงก็ลดลงเช่นกัน)

4) ครูอธิบายวิธีการคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง

ครูสาธิตปล่อยท่อนไม้ทรงสี่เหลี่ยมให้ไถลลงตามพื้นเอียง แล้วถามนักเรียนเรียนว่า นักเรียนสังเกตเห็นท่อนไม้เคลื่อนที่ช้าลงหรือเร็วขึ้น (ท่อนไม้เคลื่อนที่เร็วขึ้น) การเคลื่อนที่ของท่อนไม้บนพื้นเอียงที่นักเรียนสังเกตเห็นนี้ เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงหรือเส้นโค้ง (การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง) ดังนั้นสรุปได้ว่า วัตถุไถลลงตามพื้นเอียง เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่งคงที่ เมื่อวัตถุมีความเร่งแสดงว่า แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่ามากกว่าศูนย์ เป็นไปตามกฎข้อ 2 ของนิวตัน



ก. หาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

ตามกฎข้อ 2 $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

จากรูป $\sum \vec{F} = m\vec{g}\sin\theta + m\vec{g}\cos\theta + \vec{N} + \vec{f}$

แต่ $m\vec{g}\cos\theta + \vec{N} = 0, \ \vec{f} = \mu m\vec{g}\cos\theta$

ได้ $\sum \vec{F} = m\vec{g}\sin\theta + \mu m\vec{g}\cos\theta$

กรณีไม่มีแรงเสียดทาน $\sum \vec{F} = m\vec{g}\sin\theta$

ข. หาความเร่งของวัตถุ

จาก $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$\sum \vec{F} = m\vec{g}\sin\theta + \mu m\vec{g}\cos\theta$

ได้ $m\vec{a} = m\vec{g}\sin\theta + \mu m\vec{g}\cos\theta$

$\vec{a} = \vec{g}(\sin\theta + \mu\cos\theta)$ หรือ $a = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$

กรณีไม่มีแรงเสียดทาน $\vec{a} = \vec{g}\sin\theta$ หรือ $a = g\sin\theta$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค. หาระยะเวลาในการเคลื่อนที่

จาก $d = \frac{1}{2}at^2$ d การกระจัดของการเคลื่อนที่

$\Rightarrow \quad t^2 = \frac{2d}{a}$ แต่ $a = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$

ได้ $t^2 = \frac{2d}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}$ หรือ $t = \sqrt{\frac{2d}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}}$

กรณีไม่มีแรงเสียดทาน $t^2 = \frac{2d}{g\sin\theta}$ หรือ $t = \sqrt{\frac{2d}{g\sin\theta}}$

ง. หาความเร็วขณะ

จาก $v = at$

แต่ $a = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$, $t = \sqrt{\frac{2d}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}}$

ได้ $v = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)\sqrt{\frac{2d}{g(\sin\theta - \mu\cos\theta)}}$

$v = \sqrt{2dg(\sin\theta - \mu\cos\theta)}$

กรณีไม่มีแรงเสียดทาน $v = \sqrt{2dg\sin\theta}$

5) ครูยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ในใบงานที่ 2 ตัวอย่างที่ 1 และแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ดังกล่าว

ใบงานที่ 2 (ครูแสดงวิธีทำ) เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง
โจทย์ปัญหา: ท่อนไม้ทรงสี่เหลี่ยมมวล 2 กิโลกรัม ไถลลงตามพื้นเอียงที่มีมุม 30 องศากับแนวระนาบ โดยทราบว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับท่อนไม้มีค่า 0.2 ความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่า 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง จงหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อท่อนไม้
....

เสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยครั้งที่ 1

6) ให้นักเรียนจัดกลุ่มเหมือนเดิม ครูเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยตัวอย่างที่ 2 ซึ่งอยู่ในใบงานที่ 3 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบ

ใบงานที่ 3 (งานรายกลุ่ม) เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง (โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่ 1)
โจทย์ปัญหา: กล่องมวล 2 กิโลกรัม ใบหนึ่งไถลลงโดยไม่มีแรงเสียดทานตามพื้นเอียงที่มีความยาว 3 เมตร และมีมุม 30 องศากับแนวระนาบ จงหาระยะเวลาในการไถลลงของกล่อง โดยทราบว่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่า 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง
....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวแทนกลุ่มแสดงการแก้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

7) นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบของแต่ละกลุ่มให้ถูกต้อง

เสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยครั้งที่ 2

8) ครูเสนอโจทย์ปัญหาแบบอัตนัยอย่างที่ 3 ซึ่งอยู่ในใบงานที่ 4 ให้นักเรียนแต่ละคนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบ

ใบงานที่ 4 (งานรายบุคคล) เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง (โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่ 2)
โจทย์ปัญหา: คนงานโรงงานน้ำแข็งต้องการลากถังน้ำแข็งทรงสี่เหลี่ยมมวล 100 กิโลกรัม ขึ้นรถบรรทุกตามพื้นเอียงที่มีมุม 30 องศากับแนวระนาบ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับถังน้ำแข็งมีค่า 0.25 เขาควรใช้แรงอย่างน้อยเท่าไหร่จึงสามารถลากถังน้ำแข็งให้ขึ้นตามพื้นเอียงได้ โดยทราบว่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่า 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง
....

สุ่มนักเรียน 3 คนแสดงการแก้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

9) ครูสุ่มเลือกนักเรียน 3 คนด้วยการจับฉลากแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบและแก้ไขคำตอบให้ถูกต้อง

สรุปบทเรียนและวัดผลการเรียนรู้

10) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนรู้โดยครูถามนักเรียนว่า วันนี้เราได้เรียนรู้เรื่องอะไรบ้าง (การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง)

11) ครูให้นักเรียนแต่ละคนหาแรงเสียดทานและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างท่อนไม้กับพื้นเอียงโดยใช้ข้อมูลจากผลการทดลองวัดแรงที่ไถลลงตามพื้นเอียงด้วยมุม 30 องศา และมุม 60 องศาในใบงานที่ 1 แล้วถามนักเรียนว่า ทำไมเวลามุมของพื้นเอียงมากขึ้นแรงเสียดทานกลับลดลง (เมื่อมุมของพื้นเอียงมากขึ้นทำให้แรงที่วัตถุกระทำต่อพื้นเอียง และแรงที่พื้นเอียงกระทำต่อวัตถุลดลง ดังนั้นจึงทำให้แรงเสียดทานลดลง)

12) ครูและนักเรียนร่วมกันหาแรงเสียดทานและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างท่อนไม้กับพื้นเอียงโดยใช้ข้อมูลจากผลการทดลองวัดแรงไถลลงตามพื้นเอียงด้วยมุม 30 องศา และมุม 60 องศาในใบงานที่ 1 (เลือกใช้ข้อมูลจากกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง)

การประเมินการเรียนรู้

1) ประเมินจากการสรุปและการอภิปรายผลการทดลอง นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถสรุปผลการทดลองได้ และตอบประเด็นคำถามได้อย่างสมเหตุสมผลจึงผ่าน
2) ประเมินจากการหาแรงเสียดทานและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับท่อนไม้ โดยใช้ผลที่ได้จากการทดลองในใบงานที่ 1 โดยนักเรียนแต่ละคนต้องได้คะแนนร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มขึ้นไปจึงผ่านเกณฑ์

สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือรายวิชาฟิสิกส์เกรด 10
2) ใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง
3) ชุดการทดลองการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบงานที่ 1

การทดลอง เรื่อง แรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียง

คำชี้แจง ให้นักเรียนทดลองเรื่อง แรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียง

ประเด็นคำถาม ทำไมการลากวัตถุขึ้นตามพื้นเอียงจึงมีน้ำหนักเบากว่าการดึงวัตถุขึ้นในแนวดิ่ง

วัตถุประสงค์การทดลอง

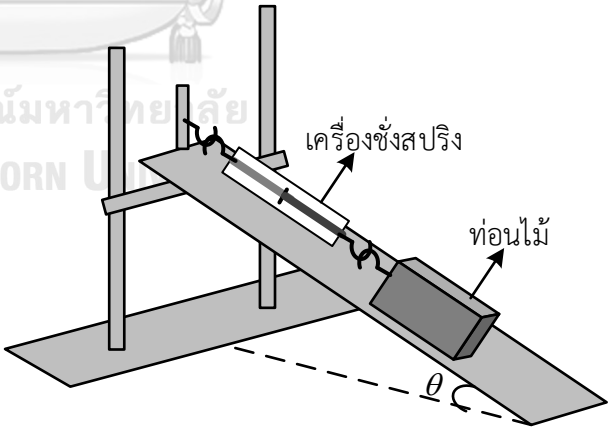
1) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวดิ่ง กับแรงที่กระต่อวัตถุในแนวพื้นเอียงมุมต่าง ๆ
2) เพื่อศึกษาแรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุไถลลงตามพื้นเอียง
3) เพื่อศึกษาแรงเสียดทานและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัตถุกับพื้นเอียง

อุปกรณ์การทดลอง

1) กระดานพื้นเอียง 1 แผ่น
2) ขาตั้ง 1 อัน
3) ไม้วัดมุม 1 อัน
4) ท่อนไม้ทรงสี่เหลียม 1 แท่ง
5) เครื่องชั่งสปริง 1 อัน

การดำเนินการทดลอง

1) ใช้เครื่องชั่งสปริงชั่งน้ำหนักของท่อนไม้ แล้วบันทึกผลที่ได้ลงในตารางด้านล่าง
2) ติดตั้งชุดการทดลอง เรื่องแรงที่กระทำต่อวัตถุบนพื้นเอียงดังรูป



3) ปรับมุม $\theta = 30°$ แล้วบันทึกค่าแรงที่เครื่องชั่งสปริงอ่านได้ลงในตารางบันทึกผลด้านล่าง
4) ปรับมุม $\theta = 60°$ แล้วบันทึกค่าแรงที่เครื่องชั่งสปริงอ่านได้ลงในตารางบันทึกผลด้านล่าง
5) ปรับมุม $\theta = 90°$ แล้วบันทึกค่าแรงที่เครื่องชั่งสปริงอ่านได้ลงในตารางบันทึกผลด้านล่าง

บันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกค่าแรงที่ได้จากการวัดในแต่ละมุม

ระดับมุม	แนวดิ่ง	30°	60°	90°
ค่าแรงที่วัดได้ (N)				

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

1) เปรียบเทียบแรงที่กระทำต่อวัตถุในแนวดิ่ง กับแรงที่กระต่อวัตถุในแนวพื้นเอียงมุมต่าง ๆ
2) บอกค่าแรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุไถลลงตามพื้นเอียงในมุมต่าง ๆ
3) อภิปรายเชื่อมโยงกับประเด็นคำถามที่กำหนดให้ด้านบน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากผลการวัดแรงที่กระทำต่อท่อนไม้บนพื้นเอียงด้วยมุม 30 องศา และ 60 องศา จงหาแรงเสียดทาน และสัมประสิทธิ์ความเสียดทาระหว่างท่อนไม้กับพื้นเอียง และอธิบายว่า เหตุใดเมื่อมุมของพื้นเอียงมีค่ามากขึ้น แต่แรงเสียดทานมีค่าลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบงานที่ 2 (ครูแสดงวิธีทำ)

เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง

โจทย์ปัญหา: ท่อนไม้ทรงสี่เหลี่ยมมวล 2 กิโลกรัม ไถลลงตามพื้นเอียงที่มีมุม 30 องศากับแนวระนาบ โดยทราบว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับท่อนไม้มีค่า 0.2 ความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่า 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง จงหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อท่อนไม้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบงานที่ 3 (งานรายกลุ่ม)
เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง (โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่ 1)

โจทย์ปัญหา: กล่องมวล 2 กิโลกรัม ใบหนึ่งไถลลงโดยไม่มีแรงเสียดทานตามพื้นเอียงที่มีความยาว 3 เมตร และมีมุม 30 องศากับแนวระนาบ จงหาระยะเวลาในการไถลลงของกล่อง โดยทราบว่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่า 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบงานที่ 4 (งานรายบุคคล)
เรื่อง การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง (โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยที่ 2)

โจทย์ปัญหา: คนงานโรงงานน้ำแข็งต้องการลากถังน้ำแข็งทรงสี่เหลี่ยมมวล 100 กิโลกรัมขึ้นรถบรรทุกตามพื้นเอียงที่มีมุม 30 องศากับแนวระนาบ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเอียงกับถังน้ำแข็งมีค่า 0.25 เขาควรใช้แรงอย่างน้อยเท่าไหร่จึงสามารถลากถังน้ำแข็งให้ขึ้นตามพื้นเอียงได้ โดยทราบว่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่า 10 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างข้อสอบระดับชาติประเทศกัมพูชา

ข้อสอบประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาทุติยภูมิ รายวิชาฟิสิกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างข้อสอบระดับชาติของกัมพูชา

ข้อสอบประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาทุติยภูมิ รายวิชาฟิสิกส์ (วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์)

ระยะเวลา 90 นาที 75 คะแนน

1. (5 คะแนน) จงหาค่าเฉลี่ยพลังงานจลน์โมเลกุลของแก๊สที่อุณหภูมิ $1727\ ^{\circ}C$ โดยทราบว่า ค่าคงตัวของแก๊ส $R = 8.30 J/mol\ K$ ค่าคงตัวอโวกาโดร $N_A = 6.00\ x\ 10^{23}/mol$
2. (5 คะแนน) การเคลื่อนที่ของคลื่นชุดหนึ่งดังสมการ $y = 0.30\sin(0.20x - 0.20t)(m)$ จงหาแอมพลิจูด จำนวนลูกคลื่น ความยาวคลื่น คาบเวลา และความเร็วของคลื่น
3. (10 คะแนน) จงหาพลังงานเปลี่ยนแปลงภายในระบบ
   a. ขณะที่ระบบขยายตัวตามกระบวนการความร้อนคงที่ ระบบทำงาน $500J$
   b. ขณะที่ระบบอัดตัวตามกระบวนการความร้อนคงที่งาน $1000J$ ได้กระทำต่อโมเลกุลของแก๊ส
4. (15 คะแนน) เครื่องจักรความร้อนดีเซลมีประสิทธิภาพความร้อน $Rd = 0.40$ และดูดซับปริมาณความร้อน $6.0\times10^{6} J$ จงคำนวณหา
   a. งานกลที่ได้รับจากกระบอกสูบ
   b. ปริมาณความร้อนที่คายให้สิ่งแวดล้อม
   c. ปริมาณงานที่เครื่องจักรทำงาน โดยทราบว่าประสิทธิภาพของเครื่องจักรเท่ากับ 0.80
5. (15 คะแนน) จงหามวลของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า $1.6\times10^{-19}C$ กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว $5.0\times10^{2} m/s$ เข้าไปในสนามแม่เหล็ก $B = 0.26T$ โดยมีทิศทางการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็กแล้วเกิดเป็นมีรัศมีของวงโคจร $2.0\times10^{-2} m$
6. (10 คะแนน) แท่งโลหะทรงกระบอกสามารถนำไฟฟ้าได้ 2 แท่งวางขนานกันในแนวระนาบ และห่างจากกัน $30cm$ ด้านปลายของแท่งโลหะทั้งสองเชื่อมกันด้วยตัวต้านทานที่มีความต้านทาน $R = 6.0\Omega$ เอาแท่งโลหะ MN วางบนแท่งโลหะทั้งสองในแนวตั้งฉาก พื้นที่ที่เกิดขึ้นระหว่างแท่งโลหะทั้งสองตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ $B = 0.20T$ เขาผลักแท่งโลหะ MN ให้เคลื่อนที่บนแท่งโลหะทั้งสองด้วยความเร็ว $100m/s$ จงหากระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นบนตัวต้านทาน ถ้าหากว่าความต้านทานของแท่งโลหะทั้งสามสามารถทิ้งได้
7. (15 คะแนน) โซลินอยด์ยาว $1m$ มีขดลวด 500 รอบ และมีพลังงานแม่เหล็ก $0.5\pi J$ ขณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมีการเปลี่ยนแปลง $5A$ ให้ $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7} Tm/A$
   a. หาค่าการเหนี่ยวนำของโซลินอยด์
   b. หาพื้นที่หน้าตัดของโซลินอยด์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก จ

ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 12 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์กับองค์ประกอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	IOC	ความหมาย
ข้อที่ 1	1) การระบุหลักฐานแสดงความเข้าใจมโนทัศน์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ข้อที่ 2	1) การระบุหลักฐานแสดงความเข้าใจมโนทัศน์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ข้อที่ 3	1) การระบุหลักฐานแสดงความเข้าใจมโนทัศน์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
ข้อที่ 4	1) การระบุหลักฐานแสดงความเข้าใจมโนทัศน์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	1.00	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์กับองค์ประกอบแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ (ต่อ)

ข้อสอบ	องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	IOC	ความหมาย
ข้อที่ 5	1) การระบุหลักฐานแสดงความเข้าใจมโนทัศน์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
ข้อที่ 6	1) การระบุหลักฐานแสดงความเข้าใจมโนทัศน์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	1.00	วัดได้สอดคล้อง
	5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	1.00	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 14 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบกับคำตอบของโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	IOC	ความหมาย
1) การระบุหลักฐานแสดงความเข้าใจมโนทัศน์	1.00	มีความสอดคล้อง
2) การระบุตัวแทนทางฟิสิกส์	1.00	มีความสอดคล้อง
3) การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์	1.00	มีความสอดคล้อง
4) การแสดงขั้นตอนการแก้สมการ	1.00	มีความสอดคล้อง
5) การแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	1.00	มีความสอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์แต่ละข้อ

ข้อสอบ	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 3
ข้อที่ 1	การแก้ปัญหาควรแยกเป็นตอนย่อย ๆ แล้วแก้ปัญหาที่ละตอนต่อเนื่องกัน ซึ่งในข้อนี้จำแนกได้เป็น 3 ตอนย่อย คือ ตอนที่ 1 หาค่าความเร่ง a ตอนที่ 2 หาค่าแรงเสียดทาน f ตอนที่ 3 หาค่าตัวแปรที่โจทย์ต้องการ	ควรพิจารณาการแก้โจทย์ปัญหาโดยแยกเป็นแกน x และแก่น y แล้วหาค่าความเร่ง a ก่อน	การแก้ปัญหาควรแยกตามแกน x และแกน y จะทำให้นักเรียนเข้าใจง่ายกว่า
ข้อที่ 2	ควรตัด $F = m_1 a$ และ $F_1 = T - m_1 g$ ทิ้ง แล้วเริ่มที่ $m_1 a = T - m_1 g$ และควรหาค่าความเร่ง a ก่อน ค่อยหาค่าแรงตึงเชือก T ช่วยลดขั้นตอนการแก้สมการ	ไม่มี	ไม่มี
ข้อที่ 3	ปรับโจทย์จากการถามหาพลังงานกลเป็นการหาพลังงานจลน์ ถ้าเป็นการถามหาพลังงานกลเมื่อนักเรียนใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานการแก้สมการจะไม่เกิดขึ้น	แก้การใช้สัญลักษณ์แทนพลังงาน คือเป็นการถามหาพลังงานกลแต่ใช้สัญลักษณ์พลังงานจลน์ ดังนั้นต้องเปลี่ยนจาก E_k เป็น E_m	ไม่มี
ข้อที่ 4	ปรับวงเล็บในช่วงของการแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์	ควรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงาน	ควรเพิ่มความสัมพันธ์ $W = \Delta K$ หรือ $W = \Delta E_k$
ข้อที่ 5	เพิ่มการอธิบายหลักการว่าที่ระดับความลึกเดี่ยวกันมีความดันเท่ากัน	ปรับสำนวนในโจทย์ปัญหาจาก เขา เป็น เมื่อ	ไม่มี
ข้อที่ 6	ไม่มี	ควรวาดภาพสิ่งของที่บรรทุกบนเรือเพิ่มเติม	ไม่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเที่ยง (α) ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

ข้อสอบ	p	r	ความหมาย		α
			p	r	
ข้อที่ 1	0.30	0.40	ค่อนข้างยาก	ดีมาก	0.72
ข้อที่ 2	0.47	0.27	ปานกลาง	พอใช้ได้	
ข้อที่ 3	0.56	0.33	ปานกลาง	ดีพอสมควร	
ข้อที่ 4	0.39	0.28	ค่อนข้างยาก	พอใช้ได้	
ข้อที่ 5	0.34	0.28	ค่อนข้างยาก	พอใช้ได้	
ข้อที่ 6	0.68	0.22	ค่อนข้างง่าย	พอใช้ได้	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน

ตารางที่ 17 จำนวน ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) ช่วงความเชื่อมั่น และค่านัยสำคัญ (p) ระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนทั้ง 3 คนในแต่ละระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน

ระดับความสามารถ	ผู้ประเมินคนที่	N	$\bar{X}$	SD	ICC	ช่วงความเชื่อมั่น		p	แปลผล
						ต่ำสุด	สูงสุด		
ดีมาก	1	12	19.42	0.67	.65	.07	.89	.02	ปานกลาง*
	2	12	18.67	0.78					
	3	12	19.92	0.29					
ดี	1	12	14.42	6.13	.99	.98	.99	.00	ดีมาก
	2	12	13.08	5.40					
	3	12	14.50	6.24					
ปานกลาง	1	12	10.33	7.08	.99	.97	.99	.00	ดีมาก
	2	12	10.00	6.71					
	3	12	10.92	7.48					
ไม่ผ่าน	1	12	8.33	6.26	.98	.96	.99	.00	ดีมาก
	2	12	7.50	4.87					
	3	12	7.75	6.33					
สรุป	1	48	13.13	6.94	.99	.98	.99	.00	ดีมาก
	2	48	12.31	6.39					
	3	48	13.27	7.24					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 18 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นโดยสรุปเท่ากับ .99 ช่วงความเชื่อมั่นระหว่าง .98 ถึง .99 แสดงให้เห็นว่า การตรวจให้คะแนนระหว่างผู้วิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 2 ท่านโดยสรุปมีความสอดคล้องกันอยู่ในระดับดีมาก แต่เมื่อพิจารณาตามระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ พบว่า การตรวจให้คะแนนระหว่างผู้วิจัยและผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 2 ท่านในชุดคำตอบที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดีมาก มีความสอดคล้องกันอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนในชุดคำตอบที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ระดับดี ปานกลาง และไม่ผ่าน มีความสอดคล้องกันอยู่ในระดับดีมาก

* ผู้วิจัยและผู้ทรงคุณวุฒิอภิปรายร่วมกันในข้อที่มีการให้คะแนนแตกต่างกัน เพื่อทำความเข้าใจในการตรวจให้คะแนนที่สอดคล้องกันมากขึ้น

การวิเคราะห์หาความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน (inter rater reliability) ด้วยสถิติ reliability analysis ผลการวิเคราะห์ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficients: ICC) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 สามารถแปลผลได้ดังนี้ (Koo & Li, 2016: 161)

0.00 – 0.49 ความสอดคล้องระห่างผู้ตรวจให้คะแนนอยู่ในระดับต่ำ

0.50 – 0.74 ความสอดคล้องระห่างผู้ตรวจให้คะแนนอยู่ในระดับปานกลาง

0.75 – 0.89 ความสอดคล้องระห่างผู้ตรวจให้คะแนนอยู่ในระดับดี

0.90 – 1.00 ความสอดคล้องระห่างผู้ตรวจให้คะแนนอยู่ในระดับดีมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ

ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ผลการตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

2. ผลการตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ค่า IOC ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้										
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การประเมินการเรียนรู้ และสื่อการเรียนรู้)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ตามวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้										
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	1.00	0.33	0.33	1.00	0.00	1.00	1.00	0.67	1.00	1.00
2.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	0.33	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.3 ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	0.67	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3. สาระการเรียนรู้										
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	0.33	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.2 ถูกต้องและครบถ้วน	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67
4. กิจกรรมการเรียนรู้										
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0.67	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมเหมาะกับเวลา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความชัดเจน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.5 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5. การประเมินการเรียนรู้										
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6. สื่อการเรียนรู้										
6.1 สอดคล้องสาระการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 19 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

แผนที่	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 3
1	1) เพิ่มวัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพแทนสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ถูกต้อง 2) ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหามากกว่า 1 ตัวอย่าง 3) ในหัวข้อความรู้ควรเขียนเฉพาะมโนทัศน์หลักของ 4) การดำเนินการสอนที่มีการใช้คำถามควรจัดคำถามเป็นกลุ่มเฉพาะประเด็น 5) เพิ่มเติมการเขียนแผนภาพในขั้นตอนการสอน	1) ปรับคำอธิบายในการแบ่งกลุ่มนักเรียน 2) ในใบงานที่ 4 คำถามข้อ 2 และข้อ 3 ให้นักเรียนอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ 3) ในการแก้โจทย์ปัญหาทุกครั้ง ครูควรแจ้งให้นักเรียนดำเนินการดังนี้ ระบุสิ่งที่โจทย์ให้มา ระบุสิ่งที่โจทย์ถามหา สร้างความสัมพันธ์เชิงปริมาณ แทนค่า แล้วคำนวณหาคำตอบ *4) เพิ่มการอธิบายข้อผิดพลาดในการแก้ไขโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องของใบงานที่ 2 และที่ 3** 5) ปรับสำนวนโจทย์ปัญหาข้อ 4 ในใบงานที่ 4	1) ยกตัวอย่างโจทย์ปัญหามากกว่า 1 ตัวอย่าง 2) ควรเพิ่มโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องเกี่ยวกับแรงด้วย 3) ในการทบทวนเกี่ยวกับปริมาณเวกเตอร์ ควรเพิ่มการอธิบายเกี่ยวกับสมบัติของเวกเตอร์ด้วย ซึ่งประกอบด้วย จุดกำเนิด ทิศ ทิศทาง และขนาด
2	1) เพิ่มวัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถบอกคู่แรงกริยาและแรงปฏิกิริยาได้ 2) ในหัวข้อความรู้ ให้เขียนเฉพาะมโนทัศน์หลัก ไม่ต้องลงรายละเอียดเยอะ 3) ปรับการเขียนสำนวนความความรู้กฎการเคลื่อนที่ของข้อ 3 นิวตัน 4) ให้เปลี่ยนจากการสาธิตเป็นการทดลองถ้าสามารถมีเวลาทำได้ 5) ควรเพิ่มตัวอย่าง	1) ปรับการเขียนสำนวนความความรู้กฎการเคลื่อนที่ของข้อ 3 นิวตัน 2) ให้เปลี่ยนจากการสาธิตเป็นการทดลองถ้าสามารถมีเวลาทำได้ 2) ปรับสำนวนภาษาที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ 1.1	1) ปรับวัตถุประสงค์เป็น นักเรียนสามรถอธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อ 3 ของนิวตันได้ด้วยการทดลอง 2) ปรับกิจกรรมการสาธิต หรือการทดลองเพื่อแสดงกฎการเคลื่อนที่ข้อ 3 ของนิวตัน ปรับจากการใช้แรงดึงดูดกันระหว่างแม่เหล็กกับเหล็ก มาเป็นการใช้เครื่องชั่งสปริงโดยให้นักเรียนสองคนถือเครื่องชั่งสปริงคนละอัน จากนั้นให้นักเรียนเอาเครื่องชั่งสปริงที่ถืออยู่ในมือเกี่ยวกัน แล้วให้นักเรียนคนหนึ่งออกแรงดึง และนักเรียนอีกคนหนึ่งอยู่นิ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 20 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง (ต่อ)

แผนที่	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 3
3	1) ในการอภิปรายควรเพิ่มใช้คำถามมากกว่านี้เพื่อสรุปผลการทดลองได้ง่ายขึ้น 2) ปรับสำนวนที่ใช้ในการอธิบายกิจกกรมการทดลองในใบงานที่ 1	1) ปรับการเขียนสมการที่ใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียง	*1) ควรเพิ่มโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และไม่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันเพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์* 2) ควรให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมว่า แรงเสียดทานนอกจากจะขึ้นอยู่กับความชั้นของพื้นเอียงแล้ว ยังขึ้นอยู่กับความมันหรือความยาบของพื้นเอียงและพื้นผิวของวัตถุอีกด้วย
4	1) จุดประสงค์การเรียนรู้ข้อ 3 และ 4 ปรับข้อความให้ชัดเจน 2) ปรับข้อความการอธิบายกิจกรรมการเรียนการสอนข้อ 1 และข้อ 2 3) ในกิจกรรมการเรียนรู้ เพิ่มขั้นตอนการเขียนแผนภาพเพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ 4) ในการประเมิน ควรเพิ่มการประเมินเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เช่น การตอบคำถาม การอภิปราย	1) ปรับสำนวนการอธิบายขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอน 2) ในกิจกรรมการเรียนการสอนข้อ 2) เพิ่มการอธิบายว่า มวลทั้งสองก้อนมีความเร่งเดี่ยวกัน และมีแรงตึงเชือกเท่ากันเพราะเป็นเชือกเส้นเดี่ยวกัน	1) ก่อนดำเนินการจัดการเรียนการสอนเนื้อหา ครูควรถามนักเรียนเกี่ยวกับการใช้รอกในชีวิตประจำวันก่อน 2) ในกิจกรรมการเรียนการสอนข้อ 2) ครูควรเพิ่มกิจกรรมดังนี้ นำมวลก้อนหนึ่งผูกติดกับปลายเชือกเส้นหนึ่งแล้วให้นักเรียนดึงขึ้นด้วยใช้รอกและไม่ใช้รอก จากนั้นถามนักเรียนว่าสถานการณ์ใดที่ง่ายกว่ากัน
5	1) จุดประสงค์การเรียนรู้ ปรับภาษาให้ชัดเจน 2) ปรับข้อความนิยามของงาน 3) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังม้ากับวัตต์	1) จุดประสงค์การเรียนรู้ ปรับภาษาให้ชัดเจน 2) ในแผนภาพ ให้เขียนในรูปสเกลาร์เมื่อแยกออกจากเวกเตอร์	*2) ในใบงานที่ 2 งานกลุ่ม ควรให้คำตอบที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับแรงที่ตั้งฉากกับการกระจัดของการเคลื่อนที่**
6	1) เพิ่มความหมายของตัวแปรในความสัมพันธ์	1) ปรับสัญลักษณ์แทนพลังงานให้เป็นสากล เช่น ปรับจาก K เป็น E_k	1) ควรให้นิยามคำว่า จลน์ ซึ่งแปลว่า การเคลื่อนที่ ดังนั้นพลังงานจลน์ เป็นพลังที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 21 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง (ต่อ)

แผนที่	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิที่ 3
7	1) เพิ่มความหมายของตัวแปรในความสัมพันธ์	1) รับสัญลักษณ์แทนพลังงานให้เป็นสากล ปรับจาก U เป็น E_p	1) เพิ่มนิยามพลังงานศักย์โน้มถ่วงอิงตามสมการ $E_p = mgh$ 2) ในกิจกรรมการสอน แสดงให้นักเรียนเห็นว่างานอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นพลังงานศักย์ แล้วค่อยแสดงให้นักเรียนเห็นทฤษฎีบทงาน-พลังงานศักย์
8	1) จุดประสงค์การเรียนรู้ ปรับภาษาให้ชัดเจน 2) ในหัวข้อความรู้ให้เพิ่มความหมานของแรงดัน	1) ปรับการอธิบายกิจกรรมการเรียนรู้ข้อ 1	*1) โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ควรสร้างข้อผิดพลาดส่วนที่เป็นการใช้สูตรหรือขั้นตอนการแก้สมการมากกว่าการใช้ตัวเลขที่ผิด**
9	1) เพิ่มจุดประสงค์ นักเรียนสามารถอธิบายหลักการหาความดันของสารโดยใช้มานอมิเตอร์ได้ 2) ในส่วนความรู้เพิ่มการอธิบายว่า ของเหลวชนิดเดียวกันที่ความลึกเท่ากันมีความดันเท่ากัน	ไม่มี	1) ในแผนการจัดการเรียนรู้ควรระบุให้เห็นขั้นตอนการดำเนินการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองด้วย
10	1) ปรับกิจกรรมจากการสาธิตเป็นการทดลอง 2) ให้นักเรียนสรุปผลการทดลองแล้วบอกความหมายของแรงลอยตัว	ไม่มี	1) เพิ่มวัตถุประสงค์ นักเรียนสามารถทดลองและสรุปผลการทดลองเรื่องหลักการอาร์คิมิดีสหรือแรงลอยตัวได้ และนักเรียนสามารถบอกความหมายของแรงลอยตัวได้

* ตัวเอียงแสดงข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย

ตารางที่ 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ค่า IOC ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้										
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การประเมินการเรียนรู้ และสื่อการเรียนรู้)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ตามวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้										
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	1.00	0.33	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.3 ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67
3. สาระการเรียนรู้										
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.2 ถูกต้องและครบถ้วน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	1.00
4. กิจกรรมการเรียนรู้										
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมเหมาะกับเวลา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความชัดเจน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.5 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67
5. การประเมินการเรียนรู้										
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6. สื่อการเรียนรู้										
6.1 สอดคล้องสาระการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำหรับข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัยเหมือนกับข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้อง ต่างกันในส่วนที่เป็นข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้โจทย์ปัญหาที่ให้คำตอบไม่ถูกต้องซึ่งได้ทำเป็นตัวเอียงไว้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายฮกเหง เสียง

สถานที่เกิด จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา

วุฒิการศึกษา สำเร็จการศึกษาครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ในปีการศึกษา 2554 ได้รับทุนการศึกษาจาก โครงการพระราชทานความช่วยเหลือแก่ราชอาณาจักรกัมพูชาด้านการศึกษา ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ที่อยู่ปัจจุบัน สถาบันเทคโนโลยีกำปงเฌอเตียล ตำบลส่อมโบร์ อำเภอปราสาทส่อมโบร์ จังหวัดกำปงธม ประเทศกัมพูชา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University