ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

นางสาวรมิตา ชื่นเปรมชีพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF A LOGICAL PROBLEM SOLVING STRATEGY ON PROBLEM SOLVING ABILITY AND LEARNING ACHIEVEMENT IN PHYSICS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Ramita Chuenpramcheep

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2016
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นางสาวรมิตา ชื่นเปรมชีพ
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.วรากร เฮ้งปัญญา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ศิลปชัย บูรณพานิช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.วรากร เฮ้งปัญญา)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา)

รมิตา ชื่นเปรมชีพ : ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF A LOGICAL PROBLEM SOLVING STRATEGY ON PROBLEM SOLVING ABILITY AND LEARNING ACHIEVEMENT IN PHYSICS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร.วรากร เฮ้งปัญญา, 153 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ (2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป (3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ และ (4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษาเขต 6 ฉะเชิงเทรา จำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง 44 คนและกลุ่มควบคุม 46 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ (1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.86 ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.49-0.77 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.33-0.46 และ (2) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.40-0.75 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.80 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เท่ากับร้อยละ 79.53 ซึ่งสูงกว่าร้อยละ 70 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เท่ากับร้อยละ 80.45 ซึ่งสูงกว่าร้อยละ 70 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

4. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา 2559	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5783448227 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: A LOGICAL PROBLEM SOLVING STRATEGY / PROBLEM SOLVING ABILITY / LEARNING ACHIEVEMENT IN PHYSICS

RAMITA CHUENPRAMCHEEP: EFFECTS OF A LOGICAL PROBLEM SOLVING STRATEGY ON PROBLEM SOLVING ABILITY AND LEARNING ACHIEVEMENT IN PHYSICS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: PORNTHEP CHANTRAUKRIT, Ph.D., CO-ADVISOR: VARAGORN HENGPUNYA, Ph.D., 153 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this study were to (1) study the problem solving ability of students, after learned physics through teaching a logical problem solving strategy, (2) compare problem solving ability of students between the experimental group that learned through a logical problem solving strategy and the control group that learned through a traditional method, (3) study the learning achievement of students, after learned physics through a logical problem solving strategy, and (4) compare the learning achievement of students between the experimental group and the control group. The sample were two classes of tenth grade students of extra-large sized school under the Secondary Educational Service Area Office 6, the Basic Education Commission of Thailand during the first semester of the academic year 2016 of 2 groups: the experimental group has 44 students and the control group has 46 students. The research instruments were (1) the problem solving ability test with the reliability at 0.86, the level of difficulty between 0.49-0.77, and the level of discrimination between 0.33-0.46, and (2) the learning achievement in physics test with the reliability at 0.80, the level of difficulty between 0.40-0.75, and the level of discrimination between 0.20-0.80. The collected data was analyzed by arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation (S.D.) and t-test.

The research findings were summarized as follows:

1. The experimental group had mean score on problem solving ability at the percentage of 79.53 which were higher than criterion set at the percentage of 70.

2. The experimental group had mean score on problem solving ability higher than the control group at 0.05 level of significance.

3. The experimental group had mean score on learning achievement in physics at the percentage of 80.45 which higher than criterion set at the percentage of 70.

4. The experimental group had mean score on learning achievement in physics higher than the control group at 0.05 level of significance.

Department: Curriculum and Instruction Student's Signature .....
Field of Study: Science Education Advisor's Signature .....
Academic Year: 2016 Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ดร.วรากร เฮ้งปัญญา ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้อบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำ ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยและต่อการประกอบวิชาชีพครูในอนาคต ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ศิลปชัย บูรณพานิช ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. สายรุ้ง ซาวสุภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ดร. ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพเครื่องวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนและคณาจารย์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทุกท่านในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษาเขต 6 จังหวัดฉะเชิงเทราที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย รวมถึงได้ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 และ 4/8 ปีการศึกษา 2559 ทุกคนที่ให้ความร่วมในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณคณาจารย์ที่สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ได้ให้การประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ อบรมให้เป็นครูที่ดี มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม นอกจากนี้ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกคนและเพื่อน ๆ ต่างมหาวิทยาลัยที่ผ่านการฝึกประสบการณ์วิชาชีพมาพร้อมกัน ที่คอยเป็นกำลังใจ คอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำดี ๆ กับผู้วิจัยมาโดยตลอด

เหนือสิ่งอื่นใดขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่านที่อบรมสั่งสอน ให้ความรัก ความอบอุ่น ความห่วงใยและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาที่ดีและคอยให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน รวมถึงขอขอบคุณพี่และน้องที่ให้ความรัก คอยให้กำลังใจและอยู่ด้วยกันตลอดในช่วงเวลาที่ดีที่สุดและแย่ที่สุดของชีวิต จนการวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
คำถามการวิจัย 5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
สมมติฐานการวิจัย 6
ขอบเขตงานวิจัย 7
ข้อตกลงเบื้องต้น 8
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย 8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11
1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 12
1.1 ความหมายของปัญหาทางฟิสิกส์ 12
1.2 ประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์ 13
1. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากผู้แก้ปัญหาและความซับซ้อนของปัญหาเป็นหลัก 14
2. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากจุดมุ่งหมายของปัญหาเป็นหลัก 15
3. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากลักษณะของปัญหาเป็นหลัก 15
4. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากเป้าหมายของการฝึกแก้ปัญหาเป็นหลัก 16
1.3 ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

1.4 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา 24
1.5 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 25
1.6 องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา 26
1.7 แนวทางวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 28
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 35
2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 35
2.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 36
2.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 38
2.3.1 แบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) 38
2.3.2 แบบเขียนตอบ (Subjective Test) 39
3. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ 39
3.1 ความเป็นมาของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ 39
3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ 41
3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ 43
3.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ 46
3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ 48
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 49
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 49
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 52
1. รูปแบบการวิจัย 52
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย 53
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 56

หน้า

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 56
3.1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 56
3.1.2 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 61
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 64
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล 67
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 68
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 70
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหา 70
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 73
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 77
สรุปผลการวิจัย 78
อภิปรายผล 78
1. ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ 78
2. ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 93
ข้อเสนอแนะ 98
1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ 98
2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป 99
รายการอ้างอิง 101
ภาคผนวก 108
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 109
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 111
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 132
ภาคผนวก ง คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 144

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 153

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ประเภทของปัญหาที่มีการจำแนกตามการให้ข้อมูล วิธีการในการแก้ปัญหาและลักษณะผลลัพธ์/เป้าหมายที่ต้องการในปัญหาของ Tsaparlis & Angelopulos..... 17

ตารางที่ 2 สรุปขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหาของนักการศึกษา 23

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของ Docktor & Heller.. 30

ตารางที่ 4 บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ 46

ตารางที่ 5 ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ($\overline{\mathbf{X}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของนักเรียนทั้งหมด 7 ห้องเรียนมาทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบเอฟ (*F*-Test)..... 54

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์รายคู่ของนักเรียนทั้งหมด 7 ห้องเรียน 55

ตารางที่ 7 เนื้อหาที่จะใช้ในการออกข้อสอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 57

ตารางที่ 8 จำนวนข้อที่ใช้ในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 57

ตารางที่ 9 พฤติกรรมบ่งชี้ที่จะประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา..... 58

ตารางที่ 10 การเทียบคะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหากับเกณฑ์คะแนนที่คิดเป็นร้อยละ..... 59

ตารางที่ 11 จำนวนข้อสอบที่จะใช้ในแต่ละด้านของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์..... 61

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบคะแนนจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์คะแนนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี..... 62

ตารางที่ 13 จำนวนคาบและเนื้อหาที่สอนในแต่ละคาบเรียน..... 64

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป 65

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ($\overline{\mathbf{X}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{\mathbf{X}}_{\text{ร้อยละ}}$) และค่าทดสอบที (*t*-test) ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม..... 70

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทดสอบที (*t*-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาตามหัวข้อเรื่องระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 71

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทดสอบที (*t*-test) ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ทั้งหมด 5 เกณฑ์ 72

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 74

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทดสอบที (*t*-test) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ตามหัวข้อเรื่องระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 74

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทดสอบที (*t*-test) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตามองค์ประกอบด้านพุทธิพิสัยของ Klopfer 76

ตารางที่ 21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ในแต่ละข้อของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 145

ตารางที่ 22 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) จำแนกตามลำดับข้อของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 147

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ในแต่ละข้อของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 148

ตารางที่ 24 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) จำแนกตามลำดับข้อของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 151

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่ 1 ตัวอย่างคำถามที่ใช้ในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 29

แผนภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของ Docktor & Heller..... 34

แผนภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย 51

แผนภาพที่ 4 รูปแบบการวิจัยแบบ Two Groups Posttest Only Design..... 52

แผนภาพที่ 5 ตัวอย่างคำตอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลอง 80

แผนภาพที่ 6 ตัวอย่างคำตอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มควบคุม..... 81

แผนภาพที่ 7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในส่วนของแนวคิดทางฟิสิกส์ 83

แผนภาพที่ 8 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในส่วนของการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย..... 85

แผนภาพที่ 9 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในส่วนของการประยุกต์ที่เฉพาะในฟิสิกส์ 88

แผนภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในส่วนของการแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์..... 90

แผนภาพที่ 11 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในส่วนของความสมเหตุสมผลของปัญหา 92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาในประเทศไทยในช่วงการปฏิรูปการศึกษาทศวรรษที่ 2 (พ.ศ. 2554 -2561) ได้ปฏิรูปการศึกษาและการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ โดยเน้น 3 ประการคือ 1. พัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษาและการเรียนรู้ของคนไทย 2. เพิ่มโอกาสทางการศึกษาและการเรียนรู้ และ 3. ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนของสังคมในการบริหารและจัดการศึกษา (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2554) เช่นเดียวกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ที่กำหนดแนวทางในการศึกษา เพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยให้ก้าวหน้าทัดเทียมนานาชาติ โดยพัฒนาหลักสูตรและกระบวนการเรียนการสอนที่ทันสมัยสอดคล้องกับนโยบายของประเทศและเหมาะสมกับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะที่เน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา ตัดสินใจได้โดยใช้เหตุผลและแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับจุดเน้นในการพัฒนาผู้เรียนที่กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดไว้ว่า ผู้เรียนช่วงชั้นมัธยมศึกษา จะต้องมีการแสวงหาความรู้เพื่อแก้ปัญหา ใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ใช้ภาษาต่างประเทศ (ภาษาอังกฤษ) มีทักษะขั้นสูง ทักษะชีวิต ทักษะการสื่อสารอย่างสร้างสรรค์ ตามช่วงวัย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้ระบุว่า การที่ผู้เรียนจะสามารถพัฒนาตามศักยภาพของแต่ละคนได้ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการเรียนการสอนของผู้สอน ซึ่งต้องจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจ ความถนัดและความแตกต่างของผู้เรียน โดยมีการฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญกับสถานการณ์ (กรมวิชาการ, 2546) ซึ่งสอดคล้องกับวิชัย วงษ์ใหญ่ (2541: 2) ที่ได้กล่าวว่า นอกจากผู้เรียนจะมีความรู้แล้วจะต้องมีความคิด เป็นบุคคลที่ คิดรอบ คิดหลายชั้น คิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ และกระบวนการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันได้ สำหรับในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญ

ในการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนสู่สังคม วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและสามารถตรวจสอบได้ สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 92) ซึ่งการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาเป็นเป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนการสอนของทุกประเทศ (Docktor, 2007: 1)

จากการกำหนดจุดเน้นและเป้าหมาย นโยบายทางการศึกษาของประเทศที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ทราบว่า คุณภาพการศึกษาของประเทศไทยไม่เป็นไปตามจุดเน้นและเป้าหมายที่วางไว้ ทั้งในระดับชาติและในระดับนานาชาติ โดยดูจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปี 2558 ซึ่งข้อสอบในวิชาวิทยาศาสตร์ปี 2558 เป็นข้อสอบที่เน้นการแก้ปัญหาโดยการเชื่อมโยงความรู้กับเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยผลคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศอยู่ที่ 33.40 คะแนน ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก (สัมพันธ์ พันธุ์พฤกษ์, 2559) ผลคะแนนเฉลี่ยระดับภูมิภาคพบว่า ในภาคตะวันออกมีผลคะแนนเฉลี่ย 33.75 คะแนน แต่ผลคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรากลับพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ที่ 31.45 คะแนน จะเห็นว่า มีคะแนนต่ำกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศและระดับภูมิภาค ซึ่งบ่งบอกได้ว่า โรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทรากำลังประสบกับปัญหาด้านการศึกษา เช่นเดียวกับการสอบความถนัดทางวิทยาศาสตร์ (PAT 2) ในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งผลคะแนนเฉลี่ยความถนัดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทราอยู่ที่ 61.93 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งประเทศที่มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 76.18 คะแนน (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6, 2559) และผลคะแนนการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA ปี 2015 ซึ่งนักเรียนที่เข้าร่วมการประเมินอยู่ในช่วงอายุ 15 ปี ในการประเมินปี 2015 ได้เน้นการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนถึงร้อยละ 60 ผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศที่เข้าร่วมการประเมินในครั้งนี้ทั้งหมดอยู่ที่ 493 คะแนน โดยนักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์เท่ากับ 421 คะแนน ซึ่งน้อยกว่าคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศที่เข้าร่วมการประเมินและยังลดลงจากคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยที่เข้าร่วมการประเมิน PISA ในปี 2012 ถึง 23 คะแนน (OECD, 2016) นอกจากคะแนน PISA ปี 2015 แล้ว ยังมีคะแนนที่จัดโดยโครงการศึกษาแนวโน้ม

การจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS) ที่นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของประเทศไทยได้เข้าร่วมการทดสอบ พบว่า ในปี 2015 วิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยจัดอยู่ในลำดับที่ 26 จากทั้งหมด 39 ประเทศ มีคะแนนเฉลี่ย 456 คะแนนอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าค่ากลางที่ TIMSS ได้กำหนดไว้คือ 500 คะแนน โดยมีการระบุว่า นักเรียนไทยมีคะแนนต่ำกว่า 400 คะแนนจำนวนมาก เนื่องมาจากในการทำข้อสอบนักเรียนไทยตอบคำถามได้ไม่ชัดเจน ตอบไม่ตรงคำถาม ตอบคำถามไม่ครบและไม่สามารถเขียนคำอธิบายที่ต้องแสดงประกอบเหตุผลได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) จากรายงานดังกล่าวบ่งบอกว่า ประเทศไทยกำลังประสบปัญหาด้านการศึกษาโดยเฉพาะวิชาในสาขาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา) ที่เป็นสาขาวิชาที่เน้นให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับสิ่งที่สมาคมฟิสิกส์ไทยได้ลงไว้ในวารสารเมื่อปี 2551 ว่า การแก้ปัญหาเป็นการคิดพื้นฐานที่มีผลโดยตรงต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในวิชาฟิสิกส์ที่มีการเน้นการแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้กับนักเรียน (สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551)

ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะกับประเทศไทยเท่านั้น จากผลการศึกษางานวิจัยของ Docktor (2007: 4) ที่รายงานถึงปัญหาการเรียนรู้ฟิสิกส์ของนักเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ได้ เนื่องมาจากการมีระดับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาและกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถประยุกต์ความรู้และมโนทัศน์ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ จึงนำปัญหาที่พบไปศึกษาต่อในด้านความแตกต่างของนักเรียนกลุ่มเก่งและนักเรียนกลุ่มไม่เก่งที่ใช้ความรู้และกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งจะแก้ปัญหาด้วยการมองหาความสัมพันธ์ของตัวแปรและเชื่อมโยงไปสู่สูตรหรือสมการในการหาคำตอบ แต่นักเรียนกลุ่มไม่เก่งจะเริ่มด้วยการแทนสิ่งที่พบในปัญหาลงในสูตรหรือสมการก่อน โดยเปลี่ยนสูตรหรือสมการไปเรื่อย ๆ จนคิดว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Chi, Feltovich และ Glaser ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่มีความแตกต่างกันสองกลุ่ม พบว่านักเรียนกลุ่มไม่เก่งเริ่มแก้ปัญหาจากการกำหนดสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบ ในขณะที่นักเรียนกลุ่มเก่งเริ่มแก้ปัญหาจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดและใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่สมการทางคณิตศาสตร์โดยมีการวางแผนและดำเนินการอย่างเป็นระบบ (Chi, Feltovich & Glaser, 1980: 121-152)

จากเอกสารและงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษารูปแบบ วิธีการสอนต่าง ๆ ที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยศึกษาการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ (Heller & Heller, 2010) เป็นกลยุทธ์ที่เน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา อภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ เพื่อให้ทราบถึงความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวิธีการใช้ความรู้ในปัญหาที่มีเงื่อนไขต่างกันไป ซึ่งต้องมีการวางแผน การลำดับขั้นตอน การใช้ความรู้ การดำเนินการและการประเมินการแก้ปัญหา การนำเอาความรู้ มโนทัศน์ทางฟิสิกส์มาปรับใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมี 5 ขั้นตอนคือ (1) ขั้นเน้นปัญหา (Focus the Problem) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาให้ชัดเจนขึ้นด้วยการอธิบายโดยแผนภาพและข้อมูลที่กำหนดให้ว่า มีสิ่งใดบ้างที่กำหนดและสิ่งใดคือคำตอบที่ต้องการ (2) ขั้นอธิบายทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ตัวแปรต่าง ๆ ที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า เป็นขั้นตอนที่เปลี่ยนข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้มาจากปัญหาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบ (3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนของการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาโดยการอธิบายในรูปของสมการคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ (4) ขั้นดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนที่ต้องหาคำตอบตามสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้วางแผนไว้โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการ เพื่อหาคำตอบที่ต้องการ และ (5) ขั้นประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตอนที่ต้องประเมินคำตอบโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล เพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบที่ได้มีความถูกต้องในการแก้ปัญหา ดังผลงานวิจัยที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะเปรียบเทียบกับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ดีกว่ากลุ่มที่เรียนโดยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาแล้วยังส่งผลให้มีการพัฒนาเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย (Huffman, 1997) เช่นเดียวกับผลงานวิจัยของ Gok และ Silay ที่ศึกษา

ผลของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับการเรียนการสอนแบบทั่วไปที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Gok & Silay, 2008)

จากขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่ากลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะสามารถจัดระบบความคิดเพื่อให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน ดังนั้นการใช้กลยุทธ์แก้ปัญหาเชิงตรรกะจะช่วยให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยจะนำกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเนื้อหาเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ เนื่องจากเป็นเรื่องที่สำคัญและเป็นพื้นฐานในวิชาฟิสิกส์ตามที่ Mehmet, Mehmet และ Bugraham ได้อธิบายว่า แรงและกฎการเคลื่อนที่เป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญที่จะนำไปสู่การอธิบายเรื่องที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นแรงระหว่างคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า สนามโน้มถ่วง สนามแม่เหล็ก แรงนิวเคลียร์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม หรือโมเมนตัมของการหมุน ซึ่งถือว่า เป็นเรื่องที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน (Mehmet, Mehmet & Bugraham, 2012) และสามารถนำไปประยุกต์กับเรื่องต่าง ๆ เช่น แรงโน้มถ่วง งานพลังงาน นิวเคลียร์ เป็นต้น และไปประยุกต์กับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้ เช่น นำไปอธิบายเรื่องการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ ทั้งรถยนต์ เครื่องบิน หรือกีฬาประเภทกระโดดไกล กระโดดข้ามรั้ว เป็นต้น

คำถามการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นอย่างไร

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปหรือไม่ อย่างไร

Chulalongkorn University

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เป็นอย่างไร

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป

3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

Chulalongkorn University

สมมติฐานการวิจัย

จากผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายได้ ดังงานวิจัยของ Huffman ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะเปรียบเทียบกับวิธีแก้ปัญหาในหนังสือเรียนที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้วิธีแก้ปัญหาในหนังสือเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05

(Huffman, 1997) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Docktor ที่นำกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะไปใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในสหรัฐอเมริกา พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบทั่วไป (Docktor, 2007)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยดังกล่าว ประกอบกับเกณฑ์การประเมินคะแนนของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา ได้กำหนดช่วงคะแนนของความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นร้อยละ โดยระดับปานกลางคือ ร้อยละ 60 และระดับดีถึงดีเยี่ยมคือ ร้อยละ 70 ขึ้นไป (สำนักงานวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552) จึงนำมาตั้งสมมติฐานดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนมากกว่าร้อยละ 70

2. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนมากกว่าร้อยละ 70

4. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ขอบเขตงานวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6 จังหวัดฉะเชิงเทรา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรในการวิจัยประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ ได้แก่

2.1.1 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

2.1.2 การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

2.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

2.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

2.3.1 เนื้อหาวิชาและจำนวนเนื้อหาที่ใช้สอนทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

2.3.2 ผู้สอนจะต้องเป็นคนเดียวกันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.3.3 ระยะเวลาการสอน จะต้องมีจำนวนคาบเรียนเท่ากันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ข้อตกลงเบื้องต้น

ช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการเรียนการสอนทั้งการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป จะไม่มีผลต่อคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1. กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้มีการประยุกต์มโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมกับมโนทัศน์ที่ได้รับใหม่ไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา โดยจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนซึ่งมีขั้นตอน โดยปรับจาก Heller & Heller (2010) ดังนี้

(1) ขั้นเน้นปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจสงสัยเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการศึกษา สร้างแผนภาพหรือสิ่งแสดงความคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

(2) ขั้นอธิบายทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหา สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์ คำอธิบาย กำหนดตัวแปรที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า รวมถึงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์ และหลักการ กฎทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

(3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นที่วางแผนในการแก้ปัญหา เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ โดยทุกสมการที่นำมาใช้จะต้องมีการตรวจสอบตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและวางแผนเลือกสมการที่จะนำมาใช้ในการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

(4) ขั้นดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นที่ปฏิบัติตามที่วางแผน เน้นให้นักเรียนใช้ความรู้หรือมโนทัศน์และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา

(5) ขั้นประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นของการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่า มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ ถูกต้องตามสิ่งที่ถามหรือไม่ และใช้หน่วยถูกต้องหรือไม่

2. การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป หมายถึง การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการ สืบสอบที่ใช้ทั่วไปในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

(1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นที่กระตุ้นความสนใจ เพื่อกำหนดปัญหาที่ต้องการศึกษาและเป็นขั้นในการทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน

(2) ขั้นสอน เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนระหว่างครูและนักเรียน เช่น การสาธิตการทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้นำมาตรวจสอบ วิเคราะห์และอภิปรายร่วมกัน

(3) ขั้นสรุป เป็นขั้นที่ครูนำอภิปราย เพื่อให้ได้ความรู้ที่ถูกต้องและร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง การที่นักเรียนสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ในรูปของโจทย์ทางฟิสิกส์ ด้วยการเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหา โดยปัญหาเหล่านี้จะเป็นข้อความและตัวเลข ซึ่งมีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีการกำหนดเกณฑ์ในการประเมินคำตอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของ Docktor และ Heller ซึ่งประกอบด้วย (1) แนวคิดทางฟิสิกส์ (2) การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย (3) การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ (4) การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์ และ (5) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Docktor & Heller, 2009)

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ หมายถึง ความสำเร็จทางการเรียนที่เกิดจากการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ออกมาในรูปแบบของคะแนน มี 4 องค์ประกอบตามแนวคิดของ Klopfer ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้ ซึ่งวัดจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยเป็นแบบสอบที่มีลักษณะเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยได้ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยรายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
    1.1 ความหมายของปัญหาทางฟิสิกส์
    1.2 ประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์
    1.3 ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา
    1.4 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา
    1.5 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
    1.6 องค์ประกอบที่ส่งผลความสามารถในการแก้ปัญหา
    1.7 แนวทางวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์
    2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางเรียนฟิสิกส์
    2.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์
    2.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

3. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ
    3.1 ความเป็นมาของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ
    3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

3.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

1.1 ความหมายของปัญหาทางฟิสิกส์

สำหรับปัญหาทางฟิสิกส์ มีนักฟิสิกส์ศึกษาได้ให้ความหมายของปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ว่า ลักษณะปัญหาทางฟิสิกส์จะมีความคล้ายคลึงกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ โดยปัญหาทางฟิสิกส์ มีนักการศึกษาฟิสิกส์ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

Hollabaugh (1997: 47) ให้ความหมายของปัญหาทางฟิสิกส์ว่า ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นสถานการณ์ ข้อคำถามที่ต้องการรู้คำตอบแต่ไม่สามารถใช้ข้อมูลที่มีอยู่ได้ทันทีในการแก้ปัญหา

Park & Lee (2004) ได้ให้คำนิยามของปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ว่า ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ที่ต้องใช้กระบวนการในการหาคำตอบโดยไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที

Pol (2009: 3) อธิบายว่า ปัญหาทางฟิสิกส์คือ สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ไม่สามารถใช้ประสบการณ์เดิมและข้อมูลต่าง ๆ ในการหาคำตอบได้

Redish & Kuo (2015) กล่าวว่า ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นปัญหาที่มีคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานของปัญหานั้น โดยเป็นปัญหาที่ยากต่อการแก้ไขในทันที จำเป็นต้องใช้ความรู้ทางฟิสิกส์และหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์มาใช้ร่วมกันในการแก้ปัญหา

Niss (2016) ได้สรุปความหมายของปัญหาทางฟิสิกส์ว่า เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนในการค้นหาคำตอบ และในการค้นหาคำตอบจำเป็นต้องใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้องเป็นส่วนใหญ่

สำหรับปัญหาทางฟิสิกส์ที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ปัญหาทางฟิสิกส์คือ สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที แต่ต้องใช้ความรู้และทักษะการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งปัญหาทางฟิสิกส์ในการวิจัยครั้งนี้ จะหมายถึงโจทย์ปัญหาซึ่งเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้วัดความรู้ ความเข้าใจ รวมถึงทักษะการคำนวณประกอบด้วยจำนวน ตัวเลขและข้อความต่าง ๆ ที่บ่งบอกเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในวิชาฟิสิกส์ที่เรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.2 ประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์

สำหรับวิชาฟิสิกส์ได้มีการกล่าวถึงประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ว่า มีลักษณะเหมือนปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้มีการแบ่งเกณฑ์ ดังนี้

1. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากผู้แก้ปัญหาและความซับซ้อนของปัญหาเป็นหลัก
2. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากจุดมุ่งหมายของปัญหาเป็นหลัก
3. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากลักษณะของปัญหาเป็นหลัก
4. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากเป้าหมายของการฝึกแก้ปัญหาเป็นหลัก

1. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากผู้แก้ปัญหาและความซับซ้อนของปัญหาเป็นหลัก

Reys & et al. (2004: 115-117) ได้แบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณาจากผู้แก้ปัญหาเป็นหลักไว้ 2 ประเภท คือ

1.1 ปัญหาที่คุ้นเคย (Routine Problems) คือ ปัญหาที่ผู้เรียนพบเจอบ่อยในหนังสือเรียน มีโครงสร้างของปัญหาที่ไม่ซับซ้อนมาก เป็นปัญหาที่ผู้เรียนจะใช้ประสบการณ์ที่มีอยู่ในการแก้ปัญหา

1.2 ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย (Non – Routine Problems) คือ ปัญหาที่ผู้เรียนไม่เคยเจอหรือไม่ค่อยพบเจอบ่อยนัก เป็นปัญหาแปลกใหม่และมีโครงสร้างซับซ้อน

Uhden, Karam, Pietrocola & Pospiech (2012: 489-491) ได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัญหาที่ไม่คุ้นเคย (Non - Routine Problems) ว่ามีแบ่งทั้งหมด 7 ลักษณะ ดังนี้

1.1 ปัญหาซับซ้อนหรือปัญหาหลายขั้น (Complex or Multistep Translation Problem) คือ ปัญหาที่จะต้องมีขั้นตอนในแก้ปัญหามากกว่า 1 ขั้นตอนขึ้นไป

1.2 ปัญหาที่มีการปรับประยุกต์สิ่งต่าง ๆ มาใช้กับปัญหา (Other Modification of Translation Problem) คือ ปัญหาที่มีการรวบรวมปัญหาหลายขั้นและขั้นเดียวแล้วเปลี่ยนเป็นวิธีการอื่น ๆ เพื่อต้องการความคิดวิเคราะห์ได้แก่ ปัญหาที่ต้องการหาองค์ประกอบที่ผิดหรือสิ่งที่ผิดของโจทย์ ปัญหาที่ต้องการประยุกต์คำตอบ ปัญหาที่ให้ข้อมูลมาก ข้อมูลน้อยหรือข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง ปัญหาที่สามารถแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 วิธี ปัญหาที่ต้องการคำตอบมากกว่า 1 คำตอบและปัญหาที่ต้องใช้ความอดทนในการแก้ปัญหา

1.3 ปัญหากระบวนการ (Process Problem) คือ ปัญหาที่ต้องใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

1.4 ปัญหาปริศนา (Puzzle Problem) คือ ปัญหาที่มีเทคนิคและต้องการความลึกซึ้งในการแก้ปัญหา เป็นปัญหาที่มีความท้าทาย จึงทำให้เกิดความสนุกในการแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.5 ปัญหาเฉพาะที่ไม่ระบุเป้าหมาย (Non- Goal Specific Problem) คือ ปัญหาที่มีลักษณะเป็นปัญหาปลายเปิด ซึ่งไม่มีการกำหนดเงื่อนไขในการตอบและคำตอบจะมีลักษณะหลากหลาย

1.6 ปัญหาประยุกต์ (Applied Problem) คือ ปัญหาที่มีความใกล้เคียงจากสถานการณ์จริง

1.7 ปัญหากลยุทธ์ (Strategy Problem) คือ ปัญหาที่มีการระบุหรือเน้นกลยุทธ์ที่จะช่วยทำให้เข้าใจปัญหาและกระบวนการในการแก้ปัญหา

2. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากจุดมุ่งหมายของปัญหาเป็นหลัก

Polya (1980: 123-129) ได้กล่าวไว้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยแบ่งประเภทตามจุดมุ่งหมายของปัญหาไว้ 2 ประเภท คือ

2.1 ปัญหาให้ค้นหาคำตอบ (Problem to Find) คือ ปัญหาที่ต้องการให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบของปริมาณ วิธีการหรือคำอธิบายพร้อมเหตุและผล

2.2 ปัญหาให้พิสูจน์ (Problem to Prove) คือ ปัญหาที่ต้องการให้ผู้เรียนพิสูจน์พร้อมแสดงเหตุผลว่า สิ่งที่กำหนดให้เป็นความจริงหรือเป็นเท็จ

3. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากลักษณะของปัญหาเป็นหลัก

Karam, Pietrocola & Cakmakci (2010) ได้สรุปประเภทของปัญหาจากลักษณะไว้ 3 ประเภท คือ

3.1 ปัญหาปลายเปิด (Open – Ended Problem) คือ ปัญหาที่มีจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้หลายคำตอบ ซึ่งปัญหาลักษณะนี้กระบวนการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญมากกว่าคำตอบ

3.2 ปัญหาให้ค้นพบ (Discovery Problem) คือ ปัญหาที่จะให้คำตอบในขั้นสุดท้าย แต่จะมีวิธีการที่หลากหลายในการหาคำตอบ

3.3 ปัญหาที่กำหนดแนวทางการค้นพบ (Guided Discovery Problem) คือ ปัญหาที่เป็นลักษณะร่วมของปัญหา มีเงื่อนไขปัญหาและบอกทิศทางในการแก้ไขปัญหา

4. ประเภทของปัญหาที่พิจารณาจากเป้าหมายของการฝึกแก้ปัญหาเป็นหลัก

Karam (2014) ได้อธิบายประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พิจารณาจากเป้าหมายว่าสามารถแบ่งได้ 6 ประเภท คือ

4.1 ปัญหาที่ใช้ฝึก (Drill Exercise Problems) คือ ปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอนวิธีและการคำนวณเบื้องต้น

4.2 ปัญหาอย่างง่าย (Simple Translation Problems) คือ ปัญหาที่เคยพบ เช่น ปัญหาในหนังสือเรียน ต้องการฝึกให้คุ้นเคยกับการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาขั้นตอนเดียว มุ่งให้มีความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดคำนวณ

4.3 ปัญหาที่ซับซ้อน (Complex Translation Problems) คือ ปัญหาที่มีความคล้ายกับปัญหาอย่างง่ายแต่เพิ่มเป็นปัญหาที่มี 2 ขั้นตอนหรือมากกว่า 2 การดำเนินการ

4.4 ปัญหาที่เป็นกระบวนการ (Process Problems) คือ ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อนและไม่สามารถเปลี่ยนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์ได้ทันที ต้องจัดปัญหาให้ง่ายขึ้นหรือแบ่งเป็นปัญหาย่อย ๆ แล้วหารูปแบบทั่วไปของปัญหา ซึ่งนำไปสู่การคิดและการแก้ปัญหา เป็นการพัฒนายุทธวิธีต่าง ๆ เพื่อความเข้าใจ วางแผนการแก้ปัญหาและการประเมินผลคำตอบ

4.5 ปัญหาประยุกต์ (Applied Problems) คือ ปัญหาที่ต้องใช้ทักษะ ความรู้ มโนทัศน์และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ การได้มาซึ่งคำตอบต้องอาศัยวิธีทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ เช่น การจัดกระทำ การรวบรวมและการแทนข้อมูล การตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงปริมาณ เป็นปัญหาที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการ มโนทัศน์ ข้อเท็จจริงในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งทำให้ผู้เรียนได้เห็นประโยชน์และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ชีวิตจริง

4.6 ปัญหาปริศนา (Puzzle Problems) คือ ปัญหาที่บางครั้งได้คำตอบจากการเดาสุ่ม ไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา บางครั้งต้องใช้เทคนิคเฉพาะ บางครั้งต้องใช้วิธีที่ไม่ธรรมดาหรือต้องใช้ความรู้ที่ลึกซึ้ง ปัญหาประเภทนี้จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ มีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา และเป็นปัญหาที่มองได้หลายมุมมอง

นอกจากนี้จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า มีนักการศึกษาบางท่านได้แบ่งประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ตามลักษณะหรือรูปแบบของปัญหา ดังนี้

Tsaparlis & Angelopulos (2000: 131) ได้แบ่งปัญหาตามการให้ข้อมูล วิธีการในการแก้ปัญหาและลักษณะผลลัพธ์/เป้าหมายที่ต้องการในปัญหานั้น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประเภทของปัญหาที่มีการจำแนกตามการให้ข้อมูล วิธีการในการแก้ปัญหาและลักษณะผลลัพธ์/เป้าหมายที่ต้องการในปัญหาของ Tsaparlis & Angelopulos

ประเภทที่	ข้อมูล	วิธีการ	ผลลัพธ์/เป้าหมาย
1	ให้ข้อมูล	รู้วิธีการ	กำหนดให้
2	ให้ข้อมูล	ไม่รู้วิธีการ	กำหนดให้
3	ให้ข้อมูลบางส่วน	รู้วิธีการ	กำหนดให้
4	ให้ข้อมูลบางส่วน	ไม่รู้วิธีการ	กำหนดให้
5	ให้ข้อมูล	รู้วิธีการ	เปิดกว้าง/อิสระ
6	ให้ข้อมูล	ไม่รู้วิธีการ	เปิดกว้าง/อิสระ
7	ให้ข้อมูลบางส่วน	รู้วิธีการ	เปิดกว้าง/อิสระ
8	ให้ข้อมูลบางส่วน	ไม่รู้วิธีการ	เปิดกว้าง/อิสระ

จากเอกสารของ Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching ได้แบ่งประเภทของปัญหาไว้ 2 ประเภทคือ

1. ปัญหาที่ใช้ฝึกฝนหรือปัญหามาตรฐาน (Drill and Practice Problems or Standard Problems) คือ ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความจำ ความเข้าใจหรือใช้กฎที่กำหนดและหลักการในการหาคำตอบ

2. ปัญหาจากสถานการณ์จริง (Real Problems or True Problems) คือ ปัญหาที่จะต้องมีมากกว่าหนึ่งขั้นตอนในการแก้ปัญหาและผู้เรียนจะต้องแบ่งปัญหาออกเป็นส่วน เมื่อแก้ปัญหาแล้วจึงนำมารวมกัน ปัญหาฟิสิกส์ส่วนใหญ่จะมีข้อมูลมาให้เพียงบางส่วนรวมถึงให้ข้อมูลที่ไม่จำเป็นต้องใช้มาด้วย ผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์ให้ได้ว่าข้อมูลใดที่จะต้องนำไปใช้เพื่อหาคำตอบบ้าง

1.3 ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา

มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอน/กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาไว้แตกต่างกันหลายท่าน ดังนี้

Hestenes (1987: 440-454) ได้พัฒนากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาสำหรับปัญหาฟิสิกส์กลศาสตร์ โดยมีขั้นตอนในการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน

1. อธิบายปัญหา (Description) เป็นขั้นที่มีส่วนประกอบของการอธิบายบรรยายบอกลักษณะที่สำคัญในการทำโจทย์มีอยู่ 3 ประการ คือ การบรรยายออกมาในรูปของวัตถุที่แทนตัวโจทย์ปัญหา บรรยายสิ่งที่วัตถุกำลังกระทำอยู่ และเขียนอันตรกิริยาที่กระทำต่อกันรวมไปถึงการเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ (Free Body Diagram)

2. วางแผนกำหนดสูตรที่ใช้ (Formulation) เป็นขั้นที่เกี่ยวกับการนำกฎ สูตรต่างๆทางฟิสิกส์มาใช้รวมถึงการกำหนดสมการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่วัตถุกำลังกระทำอยู่ เช่น เมื่อวัตถุกำลังเคลื่อนที่ จะต้องกำหนดสมการการเคลื่อนที่ เพื่อที่จะได้ทำการหาคำตอบ

3. การหาผลลัพธ์ (Ramification) เป็นขั้นถัดมาที่ใช้สูตรทางฟิสิกส์เพื่อหาคำตอบออกมา

4. การตรวจสอบ (Validation) เป็นการประเมินตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความเป็นไปได้สมเหตุสมผลหรือไม่

Reif (1995: 17-32) ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาทางกลศาสตร์และพัฒนากระบวนการในการแก้ปัญหาดังกล่าว 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา (Analyze the Problem) เป็นการบรรยายความสัมพันธ์ของตัวแปรในสถานการณ์ปัญหา และตัวแปรเป้าหมายของการแก้ปัญหา

2. ขั้นการสร้างคำตอบ (Construction of a Solution) เป็นการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อนำไปสู่การคำนวณทางคณิตศาสตร์

3. ขั้นการตรวจสอบ (Check) เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างคำตอบกับเป้าหมายของการแก้ปัญหา

Ding & Harskamp (2007: 331-343) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสำรวจปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนอ่านปัญหาโจทย์ ตีความว่าสิ่งใดบ้างที่รู้ สิ่งใดบ้างที่ไม่รู้ของปัญหา และกำหนดวิธีการ หลักการ ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาและมีประโยชน์สำหรับในการแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้นักเรียนสามารถวาดแผนภาพประกอบในการแก้ปัญหา เช่น แผนภาพแสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุ

2. ประมวลความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนแปลความจากสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ไปสู่การอธิบายด้วยวิธีการสร้างไดอะแกรม โดยในไดอะแกรมผู้เรียนสามารถกำหนดตัวแปรและปริมาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ และเขียนสูตรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาและสามารถนำมาช่วยในการแก้ปัญหาได้ การเลือกใช้สูตรต่าง ๆ อาจเกิดจากการอภิปรายในกลุ่มผู้เรียนในการเลือกตัดสินใจได้

3. วางแผนในการแก้ปัญหา หลังจากที่นักเรียนมีคำอธิบายวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วนักเรียนทุกคนจะต้องวางแผนในการแก้ปัญหา โดยแผนนี้ควรจะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนในสมการและการประมาณค่าอย่างคร่าว ๆ ของผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น หลังจากนั้นนักเรียนแลกเปลี่ยน พูดคุยในแผนที่วางไว้ เปรียบเทียบแผนในการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งการเปรียบเทียบการวางแผนการแก้ปัญหาจะทำให้นักเรียนทราบว่า มีวิธีการแก้ปัญหาเดียวกันนั้นได้หลากหลายวิธี

4. ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยการคำนวณตามที่วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 จนกระทั่งได้คำตอบ

5. การตรวจสอบคำตอบ เป็นขั้นตอนตรวจสอบผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาว่าถูกต้องหรือไม่ โดยคำตอบของนักเรียนที่ได้อาจจะตรงกันหรือแตกต่างกันได้ ถ้าคำตอบตรงกัน จะมี

การให้นักเรียนอธิบายและตรวจสอบ ว่าวิธีการได้มาของคำตอบนั้นถูกต้อง แต่ถ้าหากคำตอบที่ได้ของนักเรียนมีความแตกต่างกัน ก็ควรจะตรวจสอบว่าวิธีการใดถูกต้องและสมบูรณ์

Heller & Heller (2010) ได้ระบุกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเน้นปัญหา (Focus the Problem) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาให้ชัดเจนขึ้นโดยการอธิบายด้วยแผนภาพและข้อมูลที่กำหนดให้อย่างหยาบ ๆ มีสิ่งใดบ้างที่กำหนดและสิ่งใดคือคำตอบที่ต้องการ

2. ขั้นอธิบายทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่กำหนดให้ เขียนตัวแปรต่างๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้เพื่อทำให้ปัญหามีความชัดเจนและง่ายขึ้น

3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนของการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาโดยการอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์หรือสูตรที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ

4. ขั้นดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นตอนที่ต้องดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการเพื่อหาคำตอบของตัวแปรที่ต้องการ

5. ขั้นประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer) เป็นขั้นตอนที่ต้องตรวจสอบคำตอบโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลเพื่อให้แน่ใจว่าคำตอบที่ได้นั้นมีความถูกต้องตรงตามที่ปรากฏในปัญหาที่ถาม

Rojas (2010: 22-28) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ทำความเข้าใจกับปัญหา ในขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคำถามหรือปัญหา ว่าสิ่งใดเป็นสิ่งที่ไม่ทราบค่าและโจทย์ต้องการรู้ ซึ่งในขั้นตอนนี้นักเรียนจะต้องใช้เหตุผลในการคิดวิเคราะห์ปัญหาและคาดคะแนนคำตอบพิจารณาแยกปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อย แล้วคิดอย่างเป็นระบบ โดยนำความรู้ความเข้าใจ ข้อมูลและประสบการณ์เดิมที่เคยศึกษามาแล้วมาคิดแก้ปัญหาคาดคะเนคำตอบ

2. จัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการอธิบายปัญหา ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องคิดและเขียนในส่วนของกฎ หลักการ แนวคิดหรือสูตรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่สามารถจะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา หรือสร้างแผนภาพหรือไดอะแกรม เพื่อที่นักเรียนจะสามารถอธิบายและสามารถวิเคราะห์ปัญหาในทางฟิสิกส์

3. วางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนในการวางแผนแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับการพิจารณาว่าปัญหากับสิ่งที่โจทย์ต้องการหาเกี่ยวข้องสัมพันธ์ เชื่อมโยงกันอย่างไร นักเรียนจะต้องวางแผนกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา เพื่อเตรียมนำมาใช้ในการแก้ปัญหา อาจจะกำหนดแผนไว้หลายแผน หากแผนใดไม่ประสบความสำเร็จก็จะสามารถใช้แผนอื่นมาทดแทนได้ เช่น การนำสมการที่เกี่ยวข้องมาใช้ และคิดพิจารณาว่าสมการนั้นจะสามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องหรือไม่

4. ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้กำหนดไว้เพื่อให้ได้คำตอบหรือแก้ปัญหาให้ได้ตามแผน

5. พิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนพิสูจน์ตรวจสอบสมการที่เกี่ยวข้องจากการคำนวณว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดในส่วนใดบ้างและถ้าตรวจสอบแล้วไม่พบข้อผิดพลาดนักเรียนก็สามารถจะประเมินคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ในขั้นตอนต่อไป

6. ตรวจสอบและประเมินคำตอบ หลังจากตรวจพิสูจน์ความสอดคล้องของสมการและได้มาเป็นผลลัพธ์ นักเรียนทำการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่า สอดคล้องตรงตามโจทย์ต้องการหรือไม่ ผลลัพธ์นำไปสู่คำตอบอย่างสมเหตุสมผลเพียงใด และส่งเสริมให้นักเรียนลองหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่แตกต่างในการแก้ปัญหาเดิม เพื่อเพิ่มความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น

Schottlender (2010) ได้เสนอกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยมีทั้งหมด 9 ขั้นตอนดังนี้

1. พยายามทำความเข้าใจปัญหา (Try to Understand the Situation) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจปัญหาที่กำหนดให้ โดยให้สังเกตว่า ปัญหามีตัวแปรหรือสิ่งใดให้บ้าง

2. อ่านคำถามด้วยความระมัดระวัง (Read the Question Carefully) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนพิจารณาคำถามที่ปัญหาถามหรือสิ่งที่ต้องการให้คำตอบอย่างละเอียด อ่านซ้ำ ๆ หลายรอบ เพื่อความถูกต้องในการค้นหาคำตอบ

3. จัดการข้อมูล (Organize the Information) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะนำตัวแปรหรือสิ่งที่กำหนดให้มาจัดให้เป็นระเบียบให้ชัดเจน เนื่องจากในปัญหาบางประโยคสามารถบ่งบอกตัวแปรได้หลายตัวแปร การจัดระเบียบข้อมูลจะช่วยให้นักเรียนได้ทราบว่ามีตัวแปรใดบ้างและขาดตัวแปรใดบ้าง

4. วาดแผนภาพที่เกี่ยวกับปัญหา (Sketch the Scene) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนวาดแผนภาพปัญหาที่กำหนดให้ เพื่อให้มองเห็นการแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น โดยมีการใส่รายละเอียดด้วย เช่น ลูกศรเพื่อบอกทิศทางของการเคลื่อนที่ มุมที่ใช้ในการเคลื่อนที่ เป็นต้น

5. ตรวจสอบหน่วย (Verify Units) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนตรวจสอบหน่วยที่กำหนดมาให้ว่าเป็นหน่วยที่เหมาะสมต่อการใช้หรือไม่ เช่น หน่วยของความเร็ว ในปัญหาส่วนใหญ่มักนิยมใช้หน่วยเป็น กิโลเมตร/ชั่วโมง แต่ในการคำนวณจะต้องทำให้หน่วยอยู่ในหน่วยฐานและหน่วยอนุพันธ์ในระบบ SI จึงจะต้องแปลงหน่วยให้เป็น เมตร/วินาที เป็นต้น

6. พิจารณาสมการหรือสูตรที่จะใช้ (Consider Your Formulas) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องค้นหาสมการหรือสูตรทางฟิสิกส์มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยพิจารณาจากตัวแปรที่กำหนดให้และแผนภาพที่วาดจากปัญหา

7. แก้ปัญหา (Solve) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหาตามสมการหรือสูตรที่เลือกไว้

8. ตรวจสอบผลลัพธ์ (Verify Your Results) เป็นขั้นตอนหลังจากที่แก้ปัญหาเรียบร้อยแล้ว นักเรียนจะต้องทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสอดคล้อง เหมาะสมกับสิ่งที่ปัญหาถามหรือไม่

9. ฝึกการแก้ปัญหา (Practice) เป็นขั้นตอนที่จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น

จากกระบวนแก้ปัญหาข้างต้น สรุปได้ว่า การแก้ปัญหาจะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีความสนใจในปัญหาแล้วต้องการหาคำตอบ ในขั้นแรกจะต้องบ่งชี้ปัญหา และตั้งสมมติฐาน จากนั้นต้องกำหนดวิธีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ หลังจากนั้นลงมือแก้ปัญหา สรุปคำตอบและประเมินผลการแก้ปัญหา ดังตารางที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 สรุปขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหาของนักการศึกษา

ลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา	Hestenes (1987)	Reif (1995)	Ding and Harskamp (2007)	Heller and Heller (2010)	Rojas (2010)	Schottlender (2010)
1	อธิบายปัญหา	ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา	การสำรวจปัญหา	ขั้นเน้นปัญหา	ทำความเข้าใจกับปัญหา	พยายามทำความเข้าใจปัญหา
2	วางแผนกำหนดสูตรที่ใช้	ขั้นการสร้างคำตอบ	ประมวลความรู้	ขั้นอธิบายทางฟิสิกส์	จัดเตรียมปริมาณที่ใช้ในการอธิบายปัญหา	อ่านคำถามด้วยความระมัดระวัง
3	การหาผลลัพธ์	ขั้นการตรวจสอบ	วางแผนในการแก้ปัญหา	ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	วางแผนแก้ปัญหา	จัดการข้อมูล
4	การตรวจสอบ		ดำเนินการตามแผน	ขั้นดำเนินการตามแผน	ดำเนินการตามแผน	วาดแผนภาพที่เกี่ยวกับปัญหา
5				ขั้นประเมินคำตอบ	พิสูจน์ความสอดคล้องของสมการ	ตรวจสอบหน่วย
6					ตรวจสอบและประเมินคำตอบ	พิจารณาสมการหรือสูตรที่จะใช้
7						แก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา	Hestenes (1987)	Reif (1995)	Ding and Harskamp (2007)	Heller and Heller (2010)	Rojas (2010)	Schottlender (2010)
8						ตรวจสอบผลลัพธ์
9						ฝึกการแก้ปัญหา

จากการศึกษาขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ สรุปได้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นกระบวนการที่ต้องปฏิบัติตามลำดับขั้นตอน ซึ่งจะสังเกตเห็นความสอดคล้องกันของกระบวนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักการศึกษา ได้แก่ (1) การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง การเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ปัญหา (2) การวางแผนแก้ปัญหาเป็นการระบุขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา (3) การดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ และ (4) การตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นการตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ความสมเหตุสมผลและความสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่ถาม สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ เนื่องจากมีขั้นตอนในการอธิบายทางฟิสิกส์ที่เป็นขั้นตอนเฉพาะเจาะจงและเป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้เปลี่ยนข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นสิ่งจำเป็นในปัจจุบันอย่างมาก โดยได้มีนักการศึกษาและนักวิทยาศาสตร์ได้ระบุความสำคัญของการแก้ปัญหาได้ ดังนี้

Dulles (1998) ได้ระบุความสำคัญของการแก้ปัญหา คือ การแก้ปัญหาเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จในการรู้จักที่จะจัดการกับปัญหาที่มีความยาก

Schiller (2002) ได้ระบุถึงความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่า การแก้ปัญหาเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับทุกคน และบุคคลที่ได้รับการฝึกฝนความสามารถในการแก้ปัญหาจะส่งผลให้งานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและประสบความสำเร็จ

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และ ดารณี คำวัจนัง (2549) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการแก้ปัญหาไว้ว่า เป็นการอยู่รอดหรือนำชีวิตไปให้ล่วงพ้นสิ่งบีบคั้นติดขัดคับข้อง มีความเป็นอยู่ด้วยดี ผู้ที่แก้ปัญหาได้ถูกต้อง ล่วงพ้นปัญหาไปได้ ย่อมเป็นผู้ประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิต มีความสุขไร้ความทุกข์ รู้จักแก้ปัญหา หรือเรียกว่า แก้ปัญหาเป็น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาฟิสิกส์ (2557) ได้กล่าวถึงความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ว่า การแก้ปัญหาเป็นความสามารถหรือทักษะที่พึงมีในปัจจุบัน การแก้ปัญหาจะช่วยให้บุคคลสามารถตัดสินใจในสิ่งต่าง ๆ ได้ด้วยเหตุผลที่ได้มาจากการแก้ปัญหารวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสังคมปัจจุบัน

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นสิ่งจำเป็นที่ทำให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมที่ต้องพบกับสถานการณ์ ปัญหาแปลกใหม่ตลอดและยังเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนและการพัฒนา เพื่อให้มีความสามารถในการแก้ปัญหา จะได้นำไปปรับใช้กับสิ่งที่พบในชีวิตประจำวันได้อย่างมีขั้นตอนและมีวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายมากขึ้น

1.5 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ มีนักการศึกษาทางฟิสิกส์ได้ระบุความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ ดังนี้

Hollabaugh (1997: 4) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นกระบวนการหาคำตอบที่ประกอบด้วยลำดับขั้นตอนของการค้นหาคำตอบ

Docktor (2007: 6-7) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์คือ กระบวนการในการค้นหาวิธีการที่เหมาะสมในการบรรลุเป้าหมายด้วยการใช้คณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน

Phang (2009: 345) กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ว่า เป็นความสามารถในการนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ร่วมกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การคำนวณ เป็นต้น เพื่อแก้ไขและค้นหาสิ่งที่ต้องการรู้

Pol (2009: 2) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นกระบวนการในการปฏิบัติ โดยอาศัยความรู้ทางฟิสิกส์ในการค้นหาคำตอบ ซึ่งการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ต้องใช้ทั้งหลักการ ทฤษฎีทางฟิสิกส์และการคำนวณทางคณิตศาสตร์เข้ามาหาคำตอบ

Ali, Ibrahim, Abdullah, Surif & Saim (2014: 186) กล่าวว่า เป็นการค้นหาคำตอบ โดยผู้แก้ปัญหาสามารถนำความรู้ฟิสิกส์ กระบวนการต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันอย่างมีขั้นตอน มีระบบทำให้สามารถค้นหาคำตอบได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

จากความหมายของการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์คือ กระบวนการในการค้นหาคำตอบ โดยอาศัยความรู้ แนวคิด ทฤษฎีและหลักการทางฟิสิกส์ในการหาคำตอบ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ คือ กระบวนการหรือลำดับขั้นตอนในการใช้ความรู้ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ ทางฟิสิกส์มาค้นหาคำตอบ โดยมีคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการค้นหาคำตอบ

1.6 องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นพฤติกรรมหรือคุณสมบัติที่แต่ละคนจะเลือกปฏิบัติ โดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้ระบุองค์ประกอบของความสามารถในแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

Ausubel (1968: 551) กล่าวว่า องค์ประกอบที่ทำให้บุคคลแตกต่างกันในการแก้ปัญหาได้แก่

1. ความรู้ในเนื้อหาวิชา และความเคยชินในการคิดเกี่ยวกับเรื่องนั้น
2. การใช้แบบการคิดที่ไวต่อการแก้ปัญหาและความรู้ทั่วไปที่เกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ
3. คุณลักษณะทางบุคลิกภาพ เช่น แรงขับ ความมั่นคงในอารมณ์ ความวิตกกังวล เป็นต้น

Krulik & Rudnick (1993: 10-11) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบสำคัญที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียน ได้แก่

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา
2. ทักษะในการแก้ปัญหา
3. ความสามารถในการคิดคำนวณและให้เหตุผล
4. แรงขับ ความยืดหยุ่น ความรู้พื้นฐาน
5. วิธีสอนของผู้สอนและระดับสติปัญญา

Caliskan, Erol & Selcuk (2010: 25) ได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหา 9 พฤติกรรม ดังนี้

1. เขียนรายการของตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้
2. ระบุคำถามที่โจทย์ต้องการทราบ
3. สร้างแผนภาพเวกเตอร์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรทั้งหมด
4. ระบุมโนทัศน์หลักทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหา
5. ระบุแนวทางในการแก้ปัญหา
6. ระบุสูตรหรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์
7. เขียนลำดับขั้นตอนการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการค้นหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า
8. การแทนค่าตัวแปรตามขั้นตอนที่วางไว้
9. การสรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร

สุรางค์ โค้วตระกูล (2556) กล่าวว่า องค์ประกอบที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหามี 3 ประการคือ

1. ตัวของผู้เรียน เช่น ระดับปัญญา อารมณ์ อายุ แรงจูงใจและประสบการณ์ เป็นต้น
2. สถานการณ์ที่เป็นปัญหา ถ้าเป็นปัญหาที่น่าสนใจจะทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการที่จะคิดแก้ปัญหาหรือถ้ามีผู้แนะนำสำหรับปัญหายาก ๆ ให้มองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหา จะทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าการแก้ปัญหามีความง่ายขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม คือการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน

จากการศึกษาองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักการศึกษาได้ให้มาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถในแก้ปัญหา คือ ความรู้พื้นฐาน ประสบการณ์เดิม สติปัญญา แรงจูงใจและวุฒิภาวะของสมอง นอกจากนี้พฤติกรรมของผู้ที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาจะต้องระบุคำถาม สิ่งที่ปัญหากำหนดให้และสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ สามารถเขียนแผนภาพแทนความคิด ระบุแนวทางในการแก้ปัญหา เลือกใช้สมการและการหาคำตอบ

1.7 แนวทางวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

สำหรับการวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้มีนักการศึกษาทางฟิสิกส์ได้ให้แนวทางไว้ ดังนี้

Heller, Keith & Anderson (1992: 631) เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้แบบสอบอัตนัย กำหนดข้อคำถามที่อยู่ในรูปข้อความ โดยมีการกำหนดสถานการณ์ที่หลากหลายสอดคล้องกับเหตุการณ์จริง และกำหนดพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนในระหว่างการเรียนการสอน ดังนี้

1. ระบุหลักฐานที่แสดงถึงความเข้าใจในมโนทัศน์ เช่น การเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ปรากฏในปัญหา

2. บรรยายสภาพปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ เช่น ตัวแปรที่เกี่ยวข้องความสัมพันธ์ของตัวแปรในการแก้ปัญหา

3. เลือกสูตรหรือสมการที่สอดคล้องกับความรู้ทางฟิสิกส์

4. แสดงการวางแผนการแก้ปัญหา การลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ

5. ตรวจสอบคำตอบ ความสมเหตุสมผลของความรู้ทางฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์

Jennifer (2002: 25) ได้เสนอแนวทางในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการใช้แบบวัดแบบอัตนัยและกำหนดเกณฑ์ในการประเมินคำตอบ ดังนี้

1. การแก้ปัญหาตามแนวทางฟิสิกส์ เป็นการประเมินความรู้ ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับมโนทัศน์ ความเข้าใจปัญหาจากการเขียนอธิบาย และเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยความรู้ทางฟิสิกส์

2. การแปลงความรู้ทางฟิสิกส์ เป็นการประเมินการเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์ไปยังความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์

3. การแก้ปัญหาตามแนวทางคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินสมการและการคำนวณทางคณิตศาสตร์

4. ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา เป็นการประเมินความสมเหตุสมผลของปัญหาตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นที่ได้คำตอบของปัญหา

Docktor & Heller (2009: 67-80) ได้เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย โดยมีตัวอย่างลักษณะคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ดังแผนภาพที่ 1

<u>ปัญหา</u>

คุณกำลังออกแบบส่วนหนึ่งของเครื่องตรวจจับโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (28 กรัม/โมล) ในกลุ่มตัวอย่างของอากาศ ในส่วนที่ใช้แสงอัตราไวโอเลตในการผลิตไอออนเดี่ยวจากโมเลกุลของอากาศที่ด้านหนึ่งของท่อกักเก็บอากาศ นอกจากนี้มีการเร่งผลิตไอออนที่เหลือผ่านระยะทาง 0.8 เมตร ผ่านหลุมไปยังด้านอื่น ๆ ของท่อด้วยสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ สิ่งที่คุณต้องทำคือ คำนวณหาขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้าที่ใช้ในการเร่งการผลิตไอออนด้วยความเร็ว 8×10^4 เมตร/วินาที

แผนภาพที่ 1 ตัวอย่างคำถามที่ใช้ในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการประเมินคำตอบ ดังนี้

1. แนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach) เป็นการประเมินความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับมโนทัศน์ ความเข้าใจในปัญหาโดยพิจาณาการเขียนภาพสถานการณ์ปัญหา แล้วระบุสิ่งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า รวมถึงสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาถามในรูปของสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์

2. การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description) เป็นการประเมินการสร้างภาพแสดงความคิดทางฟิสิกส์ (Diagram) ที่จำเป็นในสถานการณ์นั้น พร้อมอธิบายแนวคิด หลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้ อาจจะแสดงในรูปของสัญลักษณ์ตัวแปรหรือสมการ

3. การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ (Specific Application of Physics) เป็นการประเมินการเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์ไปสู่ความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นและแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน

4. การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures) เป็นการประเมินวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและเหมาะสมถูกนำมาใช้ในระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหา

5. ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression) เป็นการประเมินความสมเหตุสมผลตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการปฏิบัติจนถึงขั้นตอนการได้คำตอบของปัญหา

สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาที่ Docktor & Heller (2009) ได้สร้างขึ้น มีการแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนของคำตอบในรูปแบบของเกณฑ์ประเมินแบบแยกส่วน (Analytic Rubrics) คือ เป็นเกณฑ์การให้คะแนนที่แยกส่วนหรือองค์ประกอบคุณลักษณะของผลงานหรือกระบวนการ แล้วนำแต่ละส่วนหรือองค์ประกอบของคุณลักษณะมารวมกันเป็นคะแนนรวม ซึ่งมีการกำหนดไว้ตั้งแต่ 0 – 4 คะแนน โดยได้มีการระบุ/อธิบายไว้ว่า จะต้องตอบอย่างไรถึงจะได้คะแนนตั้งแต่ 0 – 4 คะแนน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของ Docktor & Heller

คะแนน / เกณฑ์ที่ใช้	4	3	2	1	0
แนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach)	วาดภาพสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ระบุสิ่งที่ทราบค่า	วาดภาพสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ระบุสิ่งที่ทราบค่า	วาดภาพสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ระบุสิ่งที่ทราบค่า	วาดภาพสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ระบุสิ่งที่ทราบค่า ไม่ทราบค่า	วาดภาพสถานการณ์ไม่ถูกต้องหรือไม่วาด

คะแนน / เกณฑ์ที่ใช้	4	3	2	1	0
	ไม่ทราบค่าและสิ่งที่ถามด้วยสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	ไม่ทราบค่าและสิ่งที่ถามด้วยสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้ แต่ไม่ครบถ้วน ขาด 1-2 ตัว	ไม่ทราบค่าและสิ่งที่ถามด้วยสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ถูกต้องเป็นบางตัวและไม่ครบถ้วน ขาดมากกว่า 3 ตัวขึ้นไป	และสิ่งที่ถามด้วยสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์	
การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description)	วาดแผนภาพทางฟิสิกส์ (Diagram) ได้อย่างถูกต้องมีความเชื่อมโยงกับภาพแรกและระบุแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์ที่จะใช้แก้ปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน	วาดแผนภาพทางฟิสิกส์ (Diagram) ได้อย่างถูกต้องมีความเชื่อมโยงกับภาพแรกและระบุแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์ที่จะใช้แก้ปัญหาได้ แต่ไม่ครบถ้วน ขาด 1 แนวคิด	วาดแผนภาพทางฟิสิกส์ (Diagram) ได้อย่างถูกต้องมีความเชื่อมโยงกับภาพแรก และระบุแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์ที่จะใช้แก้ปัญหาได้ แต่ไม่ครบถ้วน ขาดมากกว่า 2 แนวคิด	วาดแผนภาพทางฟิสิกส์ (Diagram) ได้อย่างถูกต้อง มีความเชื่อมโยงกับภาพแรก แต่ไม่ระบุแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์ที่จะใช้แก้ปัญหา	วาดแผนภาพทางฟิสิกส์ (Diagram) ไม่ถูกต้องหรือไม่วาดไม่ระบุแนวคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คะแนน / เกณฑ์ที่ใช้	4	3	2	1	0
การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ (Specific Application of Physics)	เชื่อมโยงตัวแปรแต่ละตัว และความรู้จากแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์มาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้ครบถ้วนและแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้อย่างครบถ้วนถูกต้อง	เชื่อมโยงตัวแปรแต่ละตัว และความรู้จากแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์มาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้ แต่ไม่ครบถ้วน ขาด 1 สมการ แต่แสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	เชื่อมโยงตัวแปรแต่ละตัวและความรู้จากแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์มาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้ แต่ไม่ครบถ้วน ขาดมากกว่า 2 สมการ แต่แสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	เชื่อมโยงตัวแปรแต่ละตัวและความรู้จากแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์มาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้ แต่ไม่ครบถ้วน ขาดมากกว่า 2 สมการ และแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง	เลือกสมการที่เชื่อมโยงไม่ถูกต้อง ไม่มีการกำหนดขั้นตอนหรือไม่ตอบ
การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures)	การเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	การเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	การเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์การแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่	การเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม เช่น การแก้ปัญหาที่ผิด	ไม่มีการคำนวณเพื่อหาคำตอบ

คะแนน / เกณฑ์ที่ใช้	4	3	2	1	0
	และเหมาะสม	แต่คำนวณผิดพลาด 1 สมการ	คำนวณผิดพลาดมากกว่า 1 สมการ	กฎพื้นฐานทางคณิตศาสตร์	
ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression)	คำตอบมีความถูกต้องครบถ้วน มีความสมเหตุสมผลและสอดคล้องกับปัญหา	คำตอบมีความถูกต้องมีความสมเหตุสมผลและสอดคล้องกับปัญหาแต่ไม่ครบถ้วน	คำตอบมีความถูกต้องไม่ครบถ้วนและมีความสมเหตุสมผลและไม่สอดคล้องกับปัญหา	คำตอบไม่มีความถูกต้องไม่มีความสมเหตุสมผลและไม่สอดคล้องกับปัญหา และไม่ครบถ้วน	ไม่มีการเขียนสรุปคำตอบ

สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ (2539: 66-74) ได้เสนอวิธีการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

1. การสังเกตทั้งแบบตั้งใจและไม่ตั้งใจ เช่น การสังเกตจากการตอบคำถามและกระบวนการแก้ปัญหาในระหว่างการทำงาน โดยทำการบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนไว้พิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหา การสังเกตโดยการจัดทำแบบฟอร์มพฤติกรรมและการสังเกตไว้ล่วงหน้า เป็นต้น

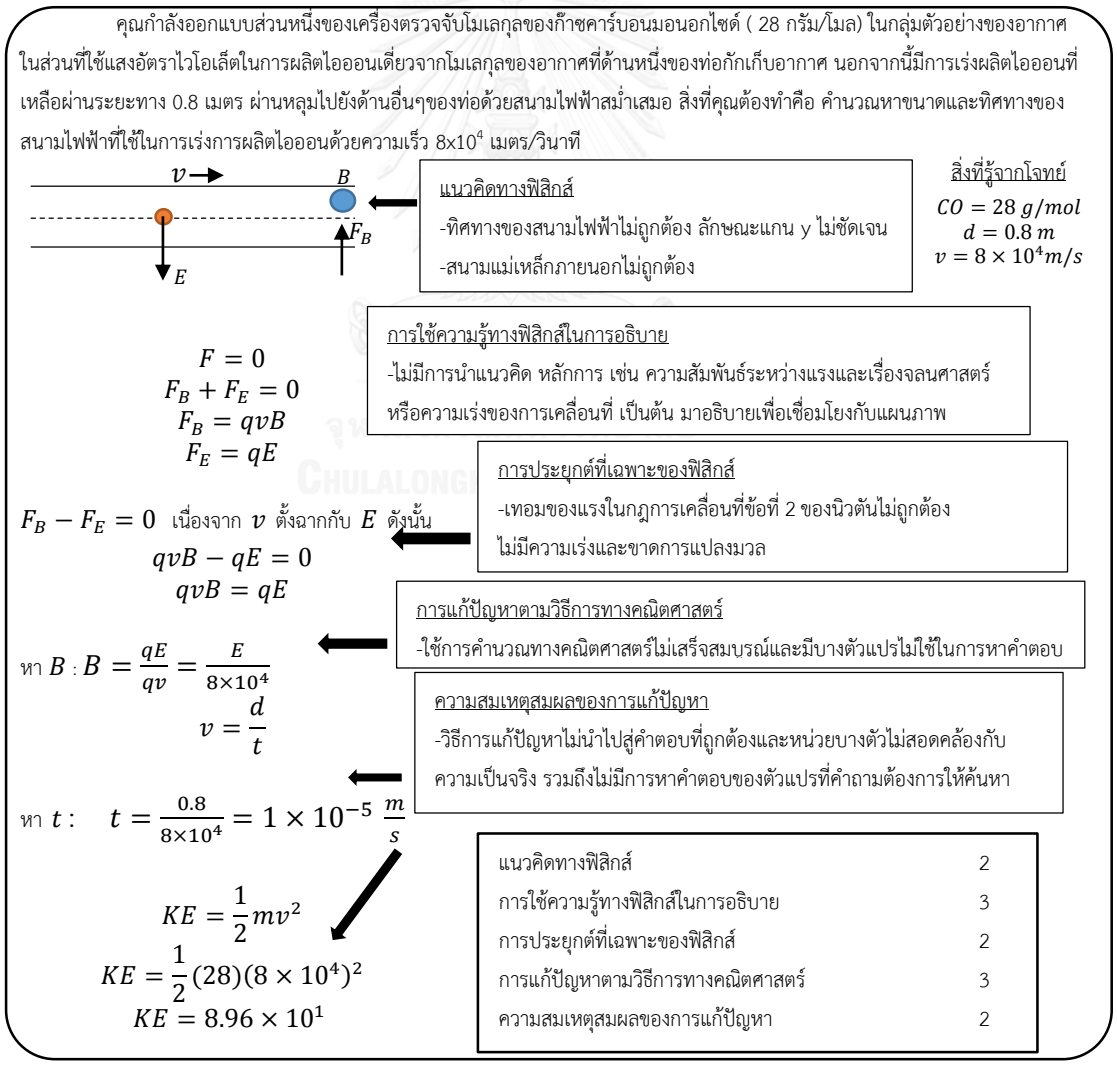
2. การประเมินตนเอง โดยให้ผู้เรียนเป็นผู้ประเมินเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาของตนเอง เป็นลักษณะการเขียนแบบรายงานความก้าวหน้าในแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหา ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาของแต่ละบุคคล

3. การประเมินจากการปฏิบัติงาน โดยผู้สอนเป็นผู้สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนในการแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. วิธีการประเมินด้วยการทดสอบ โดยใช้แบบวัดแบบอัตนัย การวัดด้วยวิธีนี้จะสะท้อนให้ถึงความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ซึ่งผู้สอนต้องกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละขั้นตอน

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาโดยสรุปการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สามารถทำได้ด้วยวิธีการทดสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัย โดยจะวัดความสามารถในการแก้ปัญหาตามเกณฑ์ของ Docktor & Heller (2009) มี 5 เกณฑ์ ได้แก่ (1) แนวคิดทางฟิสิกส์ (2) การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย (3) การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ (4) การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์ และ (5) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา โดยมีตัวอย่างแนวทางการตอบและการให้คะแนนตามเกณฑ์ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังแผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของ Docktor & Heller

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

มีนักการศึกษาและนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีความสอดคล้องกัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

Klopfer (1971: 565-580) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ ผลสำเร็จทางการเรียนของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะแสดงพฤติกรรมในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านเจตคติ เป็นต้น

Tu'u (2004: 75) มีการนิยามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ การได้มาของความรู้หรือทักษะที่มีการพัฒนาในเรื่องนั้น ๆ โดยมักจะมาจากคะแนนการทดสอบจากครูผู้สอน

Wambugu & Changeiywo (2007) ได้สรุปความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ไว้ว่า ความสามารถของผู้เรียนจากการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งวัดออกมาในรูปของคะแนน เพื่อประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน

Muhibbin (2008) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ระดับของความสำเร็จของนักเรียนในการเรียนรู้ที่มีการแสดงออกมาในรูปแบบของคะแนนที่ได้จากผลการทดสอบ

Podschuweita, Bernholta & Brückmannb (2016) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า ผลที่สะสมที่เกิดจากการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยได้รับการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบต่าง ๆ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 125) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ว่า ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน

จากการศึกษาความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากการได้รับการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบต่าง ๆ ที่ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธพิสัย ด้านจิตพิสัยและด้านทักษะพิสัย

2.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีองค์ประกอบหลายองค์ประกอบ โดยมีนักการศึกษาหลายท่านจำแนกองค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน ดังนี้

Bloom (1965: 93) ได้ระบุองค์ประกอบที่จะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) คือ มุ่งพัฒนาการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับสติปัญญา ได้แก่

(1) ด้านความรู้ (Knowledge) เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการรับรู้และจำสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ เช่น ความรู้เฉพาะเรื่อง ความรู้หลักการทั่วไป เป็นต้น

(2) ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการแปลความ การขยายความ สรุปอ้างอิง อธิบายและสื่อสารเรื่องราวต่าง ๆ ได้

(3) การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการนำวิธีการ ทฤษฎี หลักการหรือสิ่งที่เป็นนามธรรมไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ในสถานการณ์ใหม่ได้

(4) การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะข้อเท็จจริงต่าง ๆ จากการตั้งสมมติฐาน สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ และสามารถหาหลักการของความรู้นั้นได้จากข้อสรุปและหลักฐานต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ การวิเคราะห์หลักการ เป็นต้น

(5) การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน การสังเคราะห์เพื่อหาองค์ความรู้ใหม่

(6) การประเมินผล (Evaluation) เป็นความสามารถในการตัดสินเกี่ยวกับคุณค่าของการกระทำ โดยยึดถือเกณฑ์เป็นหลัก เช่น การตัดสินคุณค่าโดยใช้เกณฑ์ภายใน การตัดสินคุณค่าโดยใช้เกณฑ์ภายนอก เป็นต้น

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) คือ มุ่งพัฒนาทักษะด้านจิตใจที่เกี่ยวกับความสนใจ เจตคติ และการปรับตัว

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) คือ มุ่งพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างร่างกายกับสมองที่มีความสามารถในการปฏิบัติทักษะจนเกิดความชำนาญ

Klopfer (1971: 565-580) ได้เสนอองค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ดังนี้

1. ความจำ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถจดจำข้อเท็จจริง แนวคิด กระบวนการ หลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ ได้

2. ความเข้าใจ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนด้านความสามารถ ในการอธิบายและให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อเท็จจริง กระบวนการ หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ

3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนด้านความสามารถในการสังเกต การวัด การมองเห็นปัญหาและการหาวิธีที่ใช้แก้ปัญหาการแปลความหมายข้อมูลและการสร้างข้อสรุป

4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาในการแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้จำแนกการวัดและประเมินผลการพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ความคิด หมายถึง ความรอบรู้ในหลักการ ทฤษฎี ข้อเท็จจริง เนื้อหา หรือแนวคิดหลัก ซึ่งความรู้ความคิดแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่

(1) ด้านความรู้ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการรู้ข้อเท็จจริง จำได้หรือระลึกถึงข้อมูลหรือข้อสนเทศได้

(2) ความเข้าใจ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีความเข้าใจและสามารถ อธิบายได้

(3) การนำไปใช้ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

(4) การวิเคราะห์ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการแยกแนวคิดหลักที่ซับซ้อนออกเป็นส่วน ๆ ให้เข้าใจได้ง่าย

(5) การสังเคราะห์ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการรวบรวมความรู้และข้อเท็จจริงเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่

(6) การประเมินค่า คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการตัดสินใจเลือก

2. กระบวนการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการลงมือปฏิบัติจริงที่แสดงออกถึงทักษะทางปัญญาและทักษะปฏิบัติ

3. เจตคติ หมายถึง จิตสำนึกของบุคคลที่ก่อให้เกิดลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจ

จากการศึกษาองค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักการศึกษาหลายท่านจะพบว่าองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนใหญ่แบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้) ด้านทักษะพิสัย (กระบวนการ) และด้านจิตพิสัย (พฤติกรรม) โดยในงานวิจัยนี้จะเน้นที่องค์ประกอบของด้านพุทธิพิสัยของ Klopfer ที่ประกอบด้วย ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้

2.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ในวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่นักเรียนจะต้องนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันและใช้แก้ไขปัญหาต่าง ๆ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์จะวัดทั้งความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งจะใช้เครื่องมือในการสอบ คือ แบบสอบ (Test) โดยมีนักการศึกษาได้ให้แนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรูปแบบของประเภทแบบสอบลักษณะต่างๆ ดังนี้

2.3.1 แบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test)

เป็นคำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ คำถามกับตัวเลือก ในตัวเลือกนั้นจะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและคำตอบที่เป็นตัวลวง พิจารณาคำถามแล้วหา

ตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544: 150-160) นอกจากนี้ยังมีแบบเลือกตอบที่แบ่งเป็น 2 ตอน เรียกว่า แบบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น เป็นแบบสอบที่ให้นักเรียนบอกเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเขียนอธิบายเหตุผล รวมทั้งสามารถวัดองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในด้านการนำความรู้ไปใช้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559)

2.3.2 แบบเขียนตอบ (Subjective Test)

เป็นคำถามที่อยู่ในรูปแบบการเขียนเติมคำหรือการเขียนตอบแบบสั้น ๆ ประกอบด้วยคำสั่งและข้อความที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะมีส่วนเว้นไว้เพื่อให้เติมคำหรือข้อความสั้น ๆ ที่ทำให้ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือสมบูรณ์ นอกจากนี้ข้อสอบเขียนตอบแบบเติมคำหรือเขียนตอบอย่างสั้นอาจประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่นักเรียนตอบโดยการเขียนอย่างอิสระ แต่สถานการณ์และคำถามจะเป็นสิ่งที่กำหนดคำตอบให้มีความถูกต้องและเหมาะสม (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548)

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์จะวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และด้านการนำความรู้ไปใช้ โดยใช้แบบสอบประเภทเลือกตอบที่มีหลายตัวเลือก (Multiple-Choice Test) จำนวน 4 ตัวเลือกเป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา โดยมีทั้งคำตอบที่เป็นตัวลวงและคำตอบที่ถูกต้อง

3. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

3.1 ความเป็นมาของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

กลยุทธ์การแก้ปัญหาที่มีเฉพาะในวิชาฟิสิกส์มาจากปัญหาที่พบในการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้เนื่องจากขาดความรู้ ความเข้าใจเนื้อหาและกระบวนการทางฟิสิกส์ ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำสิ่งเหล่านี้ไปประยุกต์มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งจากงานวิจัยของ Gunnar & Gunter (2006: 440)

สรุปได้ว่า การแก้ปัญหาจะต้องใช้ความรู้ 3 ประเภทและลักษณะที่แตกต่างกันของคุณภาพความรู้ โดยประเภทความรู้ที่ใช้ในการปัญหา มีดังนี้

(1) ความรู้เชิงกลยุทธ์ (Strategic Knowledge) เป็นความรู้ที่เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยทั่วไป กลยุทธ์ที่เกี่ยวข้องกับการนำความรู้เชิงตรรกะไปประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่ สามารถเลือกใช้ความรู้และวิธีการในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

(2) ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual Knowledge) เป็นความรู้ที่เป็นจริงเสมอ ไม่เปลี่ยนแปลง มีความเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการ เป็นต้น

(3) ความรู้เชิงกระบวนการ (Procedural Knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับการกระทำ (ขั้นตอนและวิธีการ) ที่มีความสำคัญสำหรับการแก้ปัญหา

เมื่อทราบปัญหาและสิ่งที่ต้องการเพื่อนำมาแก้ปัญหา Heller & Heller จึงได้มีการนำเสนอกลวิธีในการแก้ปัญหาที่เน้นการฝึกคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผล โดยใช้ชื่อว่า กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ (Heller & Heller, 2010) ซึ่งถือเป็นสิ่งที่ยากที่สุดของการแก้ปัญหาและถือเป็นส่วนสำคัญที่จะเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ถ้านักเรียนสามารถมองเห็นและเข้าใจลักษณะของปัญหาก่อนและมีความพร้อมที่จะแก้ปัญหา จะสามารถแก้ปัญหานั้นได้โดยใช้ประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่มีอยู่ เช่นเดียวกับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ หากนักเรียนสามารถมองเห็นและเข้าใจลักษณะของปัญหาประกอบกับมีทักษะความรู้เดิมในการแก้ปัญหาก็จะสามารถนำกลยุทธ์เหล่านั้นไปใช้แก้ปัญหาได้ ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาจะขึ้นอยู่กับความรู้ที่นำมาใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งกลยุทธ์แก้ปัญหาที่ถูกต้องและหากมีกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่เป็นระบบ เป็นขั้นตอนจะช่วยให้การแก้ปัญหานั้นง่ายขึ้น กลยุทธ์แก้ปัญหาเชิงตรรกะได้ให้ความสำคัญกับการเขียนแผนภาพแสดงสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้และให้ความสำคัญกับหลักการทางฟิสิกส์จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหารวมถึงให้ความสำคัญกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีส่วนช่วยให้เกิดการขยายความรู้และเห็นแนวทางที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหานั้น

3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะได้รับอิทธิพลมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) และทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (A Theory of Meaningful Verbal Learning) โดยมีรายละเอียดของทฤษฎี ดังนี้

3.2.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นทฤษฎีที่มีความเชื่อพื้นฐานว่า การเรียนรู้จะต้องเน้นบทบาทให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีกับความรู้หรือข้อมูลใหม่ที่ได้จากห้องเรียน และยังให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์หรือสถานการณ์จริง ซึ่งนักเรียนจะได้รับการกระตุ้นจากสภาพแวดล้อมและปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และเชื่อว่านักเรียนมาเรียนโดยมีความรู้เดิม ซึ่งอาจเป็นมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้นจึงต้องได้รับการกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ เพื่อนำไปสร้างมโนทัศน์ใหม่หรือนำความรู้เดิมไปเชื่อมโยงกับสิ่งที่ได้ในห้องเรียน (Llewellyn, 2005: 28)

นักการศึกษาได้สรุปเกี่ยวกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ความรู้และการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ไว้ดังนี้

Zahoric (1995: 1112) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้ว่าเป็นกระบวนการที่ไม่หยุดนิ่ง เมื่อบุคคลได้รับประสบการณ์ใหม่ ๆ ทำให้ความรู้ของบุคคลเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความรู้นั้นเกิดจากกระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการคือ กระบวนการดูดซับ (Assimilation) จะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลได้รับความรู้ใหม่ที่มีโครงสร้างสอดคล้องกับโครงสร้างความรู้เดิม และกระบวนการปรับให้เหมาะสม (Accommodation) จะเกิดขึ้นเมื่อความรู้ที่รับมาแตกต่างกับโครงสร้างความรู้เดิมที่มีอยู่กระบวนการนี้จะปรับโครงสร้างความรู้เดิมให้เหมาะสมกับความรู้ใหม่

Selley (1999: 3-6) ได้อธิบายเกี่ยวกับการสร้างความรู้ของบุคคลว่า ความรู้เป็นสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาในขณะที่บุคคลพยายามที่จะให้ความหมายกับประสบการณ์ของตนเอง ความรู้จึงเป็นข้อสรุปที่สมเหตุสมผลจากข้อมูลที่มีอยู่ในขณะนั้น

Krause, Bochner & Duchesne (2003) ได้สรุปหลักการสำคัญของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ว่า หลักการสำคัญคือ (1) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้หรือได้เรียนรู้ด้วยการลงมือทำ (2) การมีปฏิสัมพันธ์กับคนอื่นก็เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้กระบวนการทางสติปัญญาได้รับการพัฒนา (3) มีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง คือ การทำให้ข้อมูลเป็นเหตุเป็นผลและมีความสัมพันธ์กับความรู้เดิม

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2541: 51) ได้สรุปการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ว่า การเรียนรู้ตามทฤษฎีนี้ นักเรียนจะได้รับประสบการณ์ในการตั้งสมมติฐาน การทำนาย การจัดกระทำข้อมูล การค้นหาคำตอบ การสืบสอบหาความรู้และการนำความรู้ไปใช้

จากการศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ได้ว่า ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นทฤษฎีที่อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของบุคคลที่เรียนรู้จากการนำประสบการณ์หรือสิ่งที่พบเห็นมาเชื่อมโยงกับโครงสร้างทางปัญญาของตนเอง เมื่อเกิดภาวะไม่สมดุลจึงต้องมีการปรับโครงสร้างทางปัญญาให้อยู่ในสภาพสมดุล เพื่อช่วยให้นักเรียนมีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชื่อว่า ความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นเองด้วยการเชื่อมโยงความรู้จากห้องเรียนกับประสบการณ์เดิมมีกระบวนการทางสังคมเป็นสิ่งกระตุ้นให้นักเรียนมีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

3.2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (A Theory of Meaningful Verbal Learning)

ทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย เป็นทฤษฎีที่มีการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับมากับความรู้เดิมที่มีอยู่ของผู้เรียน (Cognitive Structure) โดยเป็นการเน้นให้ความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความเข้าใจและมีความหมาย การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่หรือข้อมูลที่ได้มาใหม่กับความรู้เดิมที่อยู่ในสมองของผู้เรียนอยู่แล้ว การเรียนที่ผู้เรียนได้รับมาจากการที่ผู้สอน อธิบายสิ่งที่จะต้องเรียนรู้ให้ทราบและผู้เรียนรับฟังด้วยความเข้าใจ โดยผู้เรียนจะเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนรู้กับโครงสร้างทางปัญญาที่ได้เก็บไว้ในความทรงจำและจะสามารถนำมาใช้ในอนาคต (Olson & Hergenhahn, 2013) โดยการเรียนรู้อย่างมีความหมายขึ้นอยู่กับตัวแปร ดังนี้

1. สิ่งที่จะต้องเรียนรู้ต้องมีความหมาย เป็นสิ่งที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งที่เคยเรียนรู้และเก็บไว้ในโครงสร้างทางปัญญา

2. ผู้เรียนจะต้องมีประสบการณ์และมีความคิดเชื่อมโยงหรือจัดกลุ่มสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ให้สัมพันธ์กับความรู้หรือสิ่งที่เรียนรู้ที่อยู่ในความทรงจำ

3. ความตั้งใจของผู้เรียนและการที่ผู้เรียนมีความรู้ ความคิดที่จะเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ให้มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างทางปัญญาที่อยู่ในความทรงจำอยู่แล้ว

ออซูเบลได้เสนอแนะเกี่ยวกับเทคนิคการจัดการล่วงหน้า (Advance Organizer) เป็นเทคนิคที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีความหมายจากการสอนหรือการบรรยายของครู โดยการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีมาก่อนกับข้อมูลใหม่ หรือความคิดรวบยอดใหม่ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายที่ไม่ต้องท่องจำ หลักการทั่วไปที่นำมาใช้ คือ การจัด เรียบเรียง ข้อมูลข่าวสารที่ต้องการให้เรียนรู้ ออกเป็นหมวดหมู่ เสนอกรอบ หลักการกว้าง ๆ ก่อนที่จะให้เรียนรู้ในเรื่องใหม่ แบ่งบทเรียนเป็นหัวข้อที่สำคัญและบอกให้ทราบเกี่ยวกับหัวข้อสำคัญที่เป็นความคิดรวบยอดใหม่ที่จะต้องเรียน

3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

Heller & Heller (2010) ได้ระบุว่า เมื่อพบปัญหาที่รู้วิธีการแก้ปัญหาอยู่แล้ว จะสามารถแก้ปัญหาได้ทันทีจากความจำหรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ ซึ่งการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไม่ได้แตกต่างจากการแก้ปัญหาแบบอื่น ๆ แต่ถ้าเมื่อใดที่พบปัญหาใหม่หรือปัญหาที่ซับซ้อน ซึ่งไม่สามารถแก้ปัญหาได้จากความจำหรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ แต่ต้องใช้ความรู้และความชำนาญที่จะคิดวิธีการแก้ปัญหาที่ดีสำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะโดยมีขั้นตอนในการแก้ปัญหา ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเน้นปัญหา (Focus the Problem)

เป็นขั้นนำไปสู่การเริ่มต้นในการแก้ปัญหา เนื่องจากเป็นขั้นที่ต้องทำความเข้าใจปัญหาให้ชัดเจน โดยการสร้างภาพพร้อมกับแสดงรายละเอียดของปัญหา จากนั้นอธิบายด้วยแผนภาพ

และข้อมูลที่กำหนดให้ เขียนสิ่งที่ต้องการให้หาคำตอบรวมถึงเขียนแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เป็นประโยชน์สำหรับนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1. สร้างภาพปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการวาดภาพจากข้อมูลที่มีให้

1.1 สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏในปัญหา

1.2 เขียนตัวแปรต่าง ๆ เพื่ออธิบายแผนภาพให้ชัดเจนขึ้น มีตัวแปรใดบ้างที่ทราบค่าแล้วและมีตัวแปรใดบ้างที่ยังไม่ทราบค่า

2. อธิบายลักษณะปัญหาเป็นเชิงกายภาพที่เกิดขึ้น

3. ระบุข้อจำกัดต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้กับปัญหาที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบายทางฟิสิกส์ (Describe the Physics)

เป็นขั้นของการเข้าใจปัญหาในเชิงคุณภาพเพื่อนำไปแก้ปัญหาในเชิงปริมาณ โดยแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่กำหนดให้ สร้างแผนภาพและเขียนตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าให้สมบูรณ์ โดยอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางฟิสิกส์ที่มีความเป็นไปได้ เพื่อทำให้ปัญหามีความชัดเจนและง่ายขึ้น โดยลักษณะของแผนภาพที่เขียนต้องสมบูรณ์ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา ซึ่งแผนภาพที่ดีจะเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ เนื่องจากจะทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจข้อมูลสำคัญต่าง ๆ ในขั้นตอนนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1. สร้างแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏในปัญหาและเขียนตัวแปรต่าง ๆ เพื่ออธิบายแผนภาพให้ชัดเจนขึ้น มีตัวแปรใดบ้างที่ทราบค่าแล้วและมีตัวแปรใดบ้างที่ยังไม่ทราบค่า กำหนดสัญลักษณ์ที่สอดคล้องหรือเกี่ยวข้องกับปัญหา

2. ระบุเป้าหมายของปัญหาให้ชัดเจนว่าต้องการให้หาค่าของตัวแปรใด

3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางฟิสิกส์กับสิ่งที่ต้องการหาและกำหนดสมการทางฟิสิกส์ หลักการ กฎทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution)

เป็นขั้นที่นำความสัมพันธ์จากการอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ในขั้นที่ 2 ไปสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าของตัวแปรที่ไม่ทราบค่าเป็นขั้นของ

การแปลความหมายทางฟิสิกส์ โดยการวางแผนเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งต้องอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ โดยทุกสมการที่นำมาใช้ต้องมีการตรวจสอบตัวแปรที่ไม่ทราบค่าและมีการวางแผนเลือกสมการที่จะนำมาใช้ในการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่า เมื่อเชื่อมโยงสมการทั้งหมดได้แล้วกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาโดยเริ่มจากการแก้สมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียวก่อนจนกระทั่งสามารถหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของปัญหาได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1. เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า
2. ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ไม่ทราบค่ากับสมการที่นำมาใช้
3. วางแผนกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผน (Execute the Plan)

เป็นขั้นการดำเนินการหาคำตอบตามสมการที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 3 โดยการแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า โดยเริ่มจากสมการที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงตัวเดียว จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้แทนลงในสมการถัดไปตามที่ได้วางแผนไว้จนถึงการแก้สมการสุดท้าย เพื่อหาค่าของตัวแปรที่เป็นคำตอบของปัญหา ซึ่งในขั้นตอนนี้ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ได้ดังนี้

1. ดำเนินการตามแผนที่วางไว้โดยแก้สมการเพื่อหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าด้วยการแทนตัวแปรต่าง ๆ ในสมการที่ได้กำหนดไว้ พร้อมกับตรวจสอบหน่วยของตัวแปรให้อยู่ในลักษณะเดียวกัน
2. คำนวณค่าตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer)

เป็นขั้นของการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่ และคำตอบที่ได้มีความถูกต้องตรงตามที่ต้องการ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะตรวจสอบ 3 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. คำตอบที่ได้มีความถูกต้องตามลักษณะของปัญหาหรือไม่ เช่น อยู่ในหน่วยของตัวแปรที่ถูกต้องหรือไม่ ทิศทางและตำแหน่งของวัตถุถูกต้องหรือไม่ โดยสังเกตจากเครื่องหมายที่คำนวณได้ เป็นต้น

2. คำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่

3. คำตอบที่ได้มีความสมบูรณ์ครบถ้วนหรือไม่

จากการศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามกลวิธีการแก้ปัญหาเชิงตรรกะ เป็นกลวิธีการสอนที่มีความสำคัญโดยตรงกับการแก้ปัญหาของทางฟิสิกส์ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นเน้นปัญหา (2) ขั้นอธิบายทางฟิสิกส์ (3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (4) ขั้นดำเนินการตามแผน และ (5) ขั้นประเมินคำตอบ ซึ่งมีความสำคัญกับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ในทุกขั้นตอน

3.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

สำหรับการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะได้ระบุรายละเอียดของบทบาท/หน้าที่ของครูและนักเรียนไว้ (Heller & Keller, 2010) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

ขั้นของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นเน้นปัญหา (Focus the Problem)	นำเสนอปัญหาทางฟิสิกส์ โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคการตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจและเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนกับปัญหา	สร้างแบบจำลองทางความคิด (แผนภาพ) แทนปัญหา โดยระบุความสำคัญของปัญหา ข้อเท็จจริง หลักการ และมโนทัศน์ที่เป็นพื้นฐานสำหรับการแก้ปัญหา
2. ขั้นอธิบายทางฟิสิกส์ (Describe the Physics)	คอยกระตุ้น ให้คำแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องของแผนภาพที่นักเรียนสร้างขึ้นและปรับแก้ไขความรู้ หลักการ	วิเคราะห์ปัญหาและแผนภาพที่เขียนไปสู่การเขียนแผนภาพทางฟิสิกส์ ระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและ

ขั้นของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	หรือข้อเท็จจริงที่ไม่ถูกต้องของนักเรียน	ตัวแปรที่เป็นเป้าหมายในการหาคำตอบ
3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution)	ให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนเกิดปัญหา รวมทั้งการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของกระบวนการที่นักเรียนเลือกใช้ในการแก้ปัญหา	อภิปรายความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ปรากฏและกำหนดสมการทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
4. ขั้นการดำเนินการตามแผน (Execute the Plan)	ควบคุมให้นักเรียนปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ และคอยให้คำแนะนำกับนักเรียนที่ไม่สามารถทำตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ได้	ปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้ โดยการแทนค่าของตัวแปรต่าง ๆ ลงไปและใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบของตัวแปรและสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงในแต่ละคำตอบของปัญหา
5. ขั้นประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer)	ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ ความสมเหตุสมผลและหน่วยของตัวแปรทุกตัว โดยการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นและตรวจสอบและนำสรุปความรู้	ตรวจสอบคำตอบและหน่วยให้ถูกต้อง ครบถ้วน และร่วมกันอภิปรายถึงคำตอบที่ครบถ้วนสมบูรณ์ที่สุด

จากการศึกษาบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะสรุปได้ดังนี้ (1) ขั้นเน้นปัญหา บทบาทของครูจะเป็นผู้ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในปัญหา ส่วนบทบาทของนักเรียนจะเป็นต้องคิดตามคำถามที่ครูเป็นผู้ตั้งและสร้างแผนภาพความคิดขึ้น (2) ขั้นอธิบายทางฟิสิกส์ บทบาทของครูจะเป็นผู้ให้คำแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องของแผนภาพทางฟิสิกส์ที่นักเรียนสร้างขึ้นรวมถึงแก้ไขมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องของนักเรียน ส่วนบทบาทของนักเรียนจะอภิปรายเกี่ยวกับมโนทัศน์ หลักการและข้อเท็จจริง

ทางฟิสิกส์ สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์ที่แสดงปัญหาด้วยสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ (3) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา บทบาทของครูจะเป็นผู้ให้คำแนะนำแก่นักเรียน ตรวจสอบความถูกต้องของการวางแผนการปฏิบัติ ส่วนบทบาทของนักเรียนจะร่วมกันอภิปรายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ปรากฏในปัญหาและกำหนดสมการทางคณิตศาสตร์ในการค้นหาคำตอบ (4) ขั้นการดำเนินการตามแผน บทบาทของครูจะควบคุมให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนอย่างเป็นระบบ ส่วนบทบาทของนักเรียนจะปฏิบัติตามแผน โดยการแทนค่าของตัวแปร ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบของตัวแปรและสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงแต่ละคำตอบของปัญหา และ (5) ขั้นประเมินคำตอบ บทบาทของครูจะทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของคำตอบ ส่วนบทบาทของนักเรียนจะต้องตรวจสอบคำตอบและหน่วยให้ถูกต้อง

3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

สำหรับข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะได้มีนักการศึกษาฟิสิกส์ได้กล่าวถึงไว้สรุปได้ดังนี้

De Jong & Ferguson-Hessler (1996: 105-113) การจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีทั้งการวิเคราะห์สถานการณ์ การใช้ความรู้หรือกระบวนการที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

Mathan & Koedinger (2005: 257) ได้กล่าวว่า การที่นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ สาเหตุไม่ได้เกิดจากการที่นักเรียนขาดความรู้ด้านเนื้อหาเท่านั้น แต่เป็นเพราะนักเรียนขาดความรู้ในด้านของการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา ทำให้ไม่ทราบว่าควรประยุกต์ความรู้ใดทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน ซึ่งกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกนำความรู้ทางฟิสิกส์ไปใช้แก้ปัญหากับสถานการณ์ใหม่

Docktor (2007: 13-14) ได้อธิบายข้อดีของการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะเป็นวิธีการที่ทำให้นักเรียนได้นำความรู้และประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่แปลกใหม่ โดยเชื่อมโยงความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการค้นหาคำตอบ

Pol, Harskamp, Suhre & Goedhart (2008: 410) ได้เขียนถึงข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ความรู้เชิงกลยุทธ์เป็นกลวิธีที่ช่วยให้นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงกระบวนการในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ทั้งนี้การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีดังกล่าวครูต้องมีความเข้าใจในการคัดเลือกเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับการเรียนการสอนดังกล่าว เนื่องจากมีความจำเพาะสำหรับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางฟิสิกส์และการคำนวณทางคณิตศาสตร์

การศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะสรุปได้ว่า การเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะช่วยให้นักเรียนทราบถึงความรู้และวิธีการใช้ความรู้ในปัญหาที่มีเงื่อนไขแตกต่างกันและการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อประยุกต์ความรู้เชิง มโนทัศน์และความรู้เชิงกระบวนการในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ในขณะเดียวกันก็มีข้อจำกัดในด้านเนื้อหาที่นำมาใช้กับการเรียนการสอน เนื่องจากต้องเป็นเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาและต้องมีการแก้ปัญหาที่มีสมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นเนื้อหาในส่วนที่เป็นการบรรยายที่เป็นลักษณะความรู้ ความจำหรือพวกทฤษฎีต่าง ๆ จึงไม่ค่อยเหมาะสมกับวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ เช่น เนื้อหาในเรื่อง ประเภทของพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งนำมาปรับเป็นสถานการณ์ปัญหาค่อนข้างยากและไม่มีสมการหรือสูตรแทนค่าหาคำตอบที่แน่นอน เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

การนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ มีดังนี้

Huffman (1997) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรัฐแอริโซนา จำนวน 50 คน เรื่องงานและโมเมนตัม โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

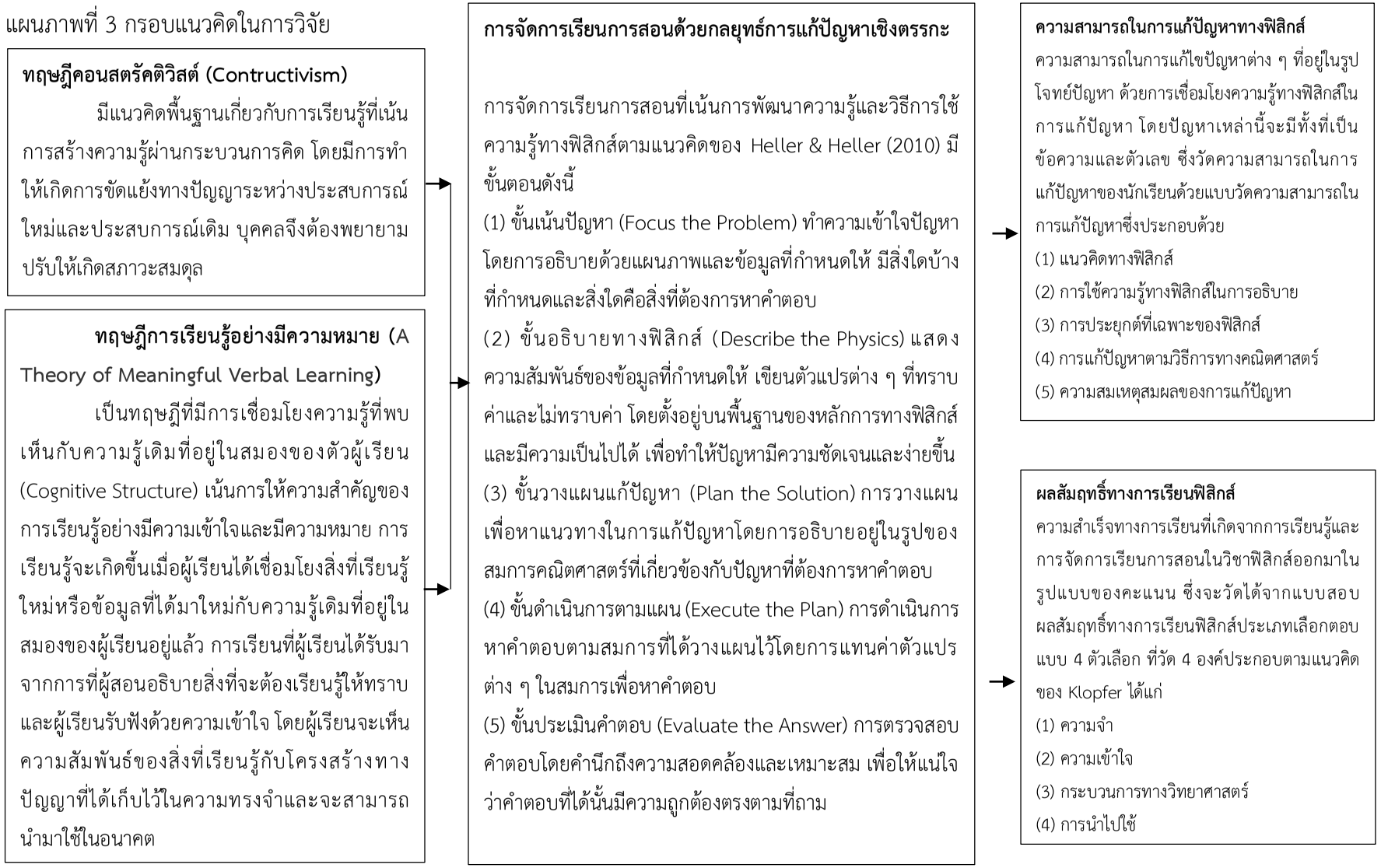
เปรียบเทียบกับวิธีการแก้ปัญหาแบบทั่วไป โดยมีการจัดการเรียนการสอน 20 ครั้ง ๆ ละ 2 ชั่วโมง เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้วิธีแก้ปัญหาแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05

Docktor (2007) ได้ศึกษาผลของการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในสหรัฐอเมริกา จำนวน 42 คน โดยแบ่งเป็น 2 ห้องเรียน พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ดีขึ้นกว่าการเรียนแบบทั่วไป และทำการศึกษาผลการสอนแบบกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะโดยครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ครูที่สอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะสอนมีประสิทธิภาพและครอบคลุมทั้งความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าการสอนแบบทั่วไป

Gaighe, Rogan & Braun (2007) ได้ทำการศึกษาการพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ โดยวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ วิธีการแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะ ผลการวิจัยพบว่า ในกลุ่มทดลองมีนักเรียนที่มีพัฒนาการของกระบวนการคิดร้อยละ 65 และมีทักษะทางพีชคณิตร้อยละ 35 ส่วนกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการของกระบวนการคิดร้อยละ 33 และมีทักษะทางพีชคณิตร้อยละ 67 ซึ่งการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเรียนโดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนสามารถทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนากระบวนการคิดในวิชาฟิสิกส์ได้

Gok & Silay (2008) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยการจัดการเรียนการสอนการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนมัธยมศึกษาที่ตุรกีจำนวน 25 คนและจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปกับนักเรียนมัธยมศึกษาที่ตุรกีจำนวน 21 คน ผลการวิจัยพบว่า พบว่า นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนเฉลี่ยทัศนคติต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

แผนภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการศึกษาขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีรูปแบบในการวิจัยแบบที่ประกอบด้วย 2 กลุ่ม (Two Groups Posttest Only Design) คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและกลุ่มควบคุมเป็นที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง ดังแผนภาพที่ 4

กลุ่มทดลอง	X---------- O_1
กลุ่มควบคุม	~X---------- O_1

แผนภาพที่ 4 รูปแบบการวิจัยแบบ Two Groups Posttest Only Design

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการทดลอง

X หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

~X หมายถึง การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขึ้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6 จังหวัดฉะเชิงเทรา

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษาเขต 6 จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยมีขั้นตอนการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. การเลือกโรงเรียน

มีการเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) คือ โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขึ้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษาเขต 6 จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่มีการเปิดสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและมีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นอกจากนี้ทางโรงเรียนจัดให้มีสิ่งอำนวยความสะดวกและแหล่งการเรียนรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เช่น อุปกรณ์ สื่อ ห้องปฏิบัติการทางฟิสิกส์ เป็นต้น

2. การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดฉะเชิงเทราที่มีการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

(1) เลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีเลือกแบบเจาะจง โดยเลือกระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 เนื่องจากเป็นระดับที่มีการปรับพื้นฐานในการเรียนวิชาฟิสิกส์ให้กับนักเรียน ซึ่งมีทั้งหมดจำนวน 9 ห้องเรียน ได้แก่ ห้อง ม.4/1 ถึง ห้อง ม.4/9 แต่ในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้นำนักเรียนห้อง ม.4/1 และ ม.4/2 มาหาค่าทางสถิติด้วย เนื่องจากนักเรียนห้อง ม.4/1 เป็นนักเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ส่วนนักเรียนห้อง ม.4/2 เป็นนักเรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์และภาษาต่างประเทศ จึงมีการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างจากนักเรียนห้อง ม.4/3 ถึง ม.4/9 ที่เป็นห้องเรียนแผนกวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ทั่วไป ดังนั้นจึงใช้ห้องเรียนทั้งหมด 7 ห้องเรียนมาการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

(2) นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่ได้จากคะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ที่ทางโรงเรียนเป็นผู้จัดทำขึ้นมา ซึ่งมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน ทั้งหมด 7 ห้องเรียนมาทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ($\bar{X}$) ด้วยสถิติทดสอบเอฟ (*F*-Test) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของนักเรียนทั้งหมด 7 ห้องเรียนมาทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบเอฟ (*F*-Test)

ห้องเรียน	$\bar{X}$	S.D.	F
4/3	67.36	4.09	12.63*
4/4	65.16	3.88	
4/5	62.23	3.46	
4/6	63.04	3.82	
4/7	64.09	4.48	
4/8	62.26	3.43	
4/9	62.17	3.45	

*P < 0.05

จากตารางที่ 5 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

(3) ทำการทดสอบภายหลัง (Post Hoc Test) เพื่อเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของแต่ละห้องเรียนมาทำการเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise Comparisons) เนื่องจากค่าความแปรปรวนของกลุ่มมีค่าเท่ากัน ได้ผลการเปรียบเทียบทดสอบดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์รายคู่ของนักเรียนทั้งหมด 7 ห้องเรียน

ห้องเรียน	$\bar{X}$	ผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์รายคู่						
		4/3	4/4	4/5	4/6	4/7	4/8	4/9
4/3	67.36	-	2.20	5.13*	4.32*	4.46*	5.10*	5.19*
4/4	65.16	-	-	2.93*	2.12	2.26	2.90*	2.99*
4/5	62.23	-	-	-	-0.82	-0.67	-0.03	-0.05
4/6	63.04	-	-	-	-	0.14	0.78	0.87
4/7	64.09	-	-	-	-	-	0.64	0.73
4/8	62.26	-	-	-	-	-	-	0.09
4/9	62.17	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 6 แสดงว่า มีห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่ไม่แตกต่างกันทั้งหมด 8 คู่ คือ (1) ห้อง 4/3 กับ 4/5, (2) ห้อง 4/3 กับ 4/6, (3) ห้อง 4/3 กับ 4/7, (4) ห้อง 4/3 กับ 4/8, (5) ห้อง 4/3 กับ 4/9, (6) ห้อง 4/4 กับ 4/5, (7) ห้อง 4/4 กับ 4/8 และ (8) ห้อง 4/4 กับ 4/9

(4) เลือกห้องเรียนคู่ที่จะใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก ผลที่ได้จากการจับฉลากคือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 กับ 4/8 เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

(5) เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก ผลจากการจับฉลากคือ ห้อง 4/4 จำนวน 44 คนเป็นกลุ่มทดลองและห้อง 4/8 จำนวน 46 คน เป็นกลุ่มควบคุม

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่
   1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
   1.2 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ ซึ่งมี 2 แบบ ดังนี้
   2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ
   2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือ (1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และ (2) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย ใช้เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันเป็นเนื้อหาในการวัด โดยมีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังต่อไปนี้

(1) ศึกษาคำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติมและผลการเรียนรู้จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดกรอบของเนื้อหาที่ใช้ในการออกข้อสอบ รวมทั้งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและ

การกำหนดสถานการณ์ปัญหาในแบบวัด โดยอ้างอิงตามแนวคิดของ Pol, Harskamp, Suhre & Goedhart (2008: 7)

(2) กำหนดโครงสร้างของแบบวัดและออกแบบตามกรอบเนื้อหาที่จะใช้สอน โดยกรอบเนื้อหาที่ใช้ในการออกข้อสอบเป็นดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เนื้อหาที่จะใช้ในการออกข้อสอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

หัวข้อเรื่อง	เนื้อหา
1. แรง	ความหมาย ประเภท การหาขนาดและทิศทางของแรงและแรงลัพธ์
2. มวลและน้ำหนัก	ความหมาย ความแตกต่างระหว่างมวลและน้ำหนัก
3. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	1. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน 2. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน 3. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน
4. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	ความหมาย การคำนวณหาแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน
5. แรงเสียดทาน	ความหมาย ประเภท การหาขนาดและทิศทางของแรงเสียดทาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่คัดเลือกไว้ โดยการกำหนดจำนวนข้อทั้งหมด 10 ข้อ เวลาในการทำข้อสอบ 100 นาที ซึ่งกำหนดข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาตามหัวข้อเรื่องที่ใช้สอน ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 จำนวนข้อที่ใช้ในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

หัวข้อเรื่อง	จำนวนข้อ
แรงและแรงลัพธ์	1
มวลและน้ำหนัก	1
กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	5

หัวข้อเรื่อง	จำนวนข้อ
กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	1
แรงเสียดทาน	2
รวม	10

(4) ทำการกำหนดพฤติกรรมที่จะใช้วัดให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งพฤติกรรมบ่งชี้ที่จะประเมินความสามารถในการแก้ปัญหามีดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 พฤติกรรมบ่งชี้ที่จะประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา

เกณฑ์ประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา	พฤติกรรม
1. แนวคิดทางฟิสิกส์	1. สร้างแผนภาพที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ 2. ระบุปริมาณทางฟิสิกส์ที่มีให้และระบุปริมาณที่ต้องการค้นหาได้
2. การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย	3. สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์ ระบุทิศทาง ค่าของตัวแปรลงไปในภาพได้ถูกต้อง 4. ระบุความสัมพันธ์ของปริมาณและกำหนดสมการแทนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางฟิสิกส์นั้นได้
3. การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์	5. กำหนดลำดับขั้นตอนในการคำนวณได้
4. การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์	6. คำนวณค่าของปริมาณที่ต้องการค้นหา
5. ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา	7. สรุปคำตอบและหน่วยของปริมาณที่ต้องการค้นหาได้และคำตอบมีความสัมพันธ์กับปัญหา

(5) นำตัวชี้วัดมากำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยมีระดับคะแนน 5 ระดับคือ 0-4 คะแนน ทำให้มีระดับคะแนนในแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0-20 คะแนน ดังนั้น แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่มี 10 ข้อจะมีคะแนนรวมอยู่ในช่วง 0-200 คะแนน ดังแสดงอยู่ในภาคผนวก ข

(6) นำคะแนนที่ได้คิดเป็นร้อยละแล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ระดับคะแนนที่สำนักงานวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2552) กำหนดไว้ ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

ร้อยละ 90 ขึ้นไป อยู่ในระดับ ดีเยี่ยม

ร้อยละ 80 – 89	อยู่ในระดับ	ดีมาก
ร้อยละ 70 – 79	อยู่ในระดับ	ดี
ร้อยละ 60 – 69	อยู่ในระดับ	ปานกลาง
ร้อยละ 50 – 59	อยู่ในระดับ	ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ
ต่ำกว่า 49	อยู่ในระดับ	ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

เมื่อนำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งมีคะแนนตั้งแต่ 0-200 คะแนน มาเทียบ จะได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การเทียบคะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหากับเกณฑ์คะแนนที่คิดเป็นร้อยละ

ช่วงคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (คะแนน)	**เกณฑ์คะแนนเป็นร้อยละ (%)**	**ความหมาย**
180-200	90-100	ดีเยี่ยม
160-179	80-89	ดีมาก
140-159	70-79	ดี
120-139	60-69	ปานกลาง
100-119	50-59	ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ
0-99	0-49	ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(7) สร้างเฉลยที่ใช้ตรวจกับแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

(8) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เฉลยและเกณฑ์ในการให้คะแนนที่สร้างเสร็จแล้วมาให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้อง รวมทั้งภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วนำปรับปรุงแก้ไข

(9) นำแบบวัดที่ได้ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านที่มีคุณสมบัติดังนี้ เป็นอาจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญในการออกแบบข้อสอบและตรวจข้อสอบฟิสิกส์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญในวิชาฟิสิกส์ มีความเชี่ยวชาญในด้านของการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์และเป็นครูที่สอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนมัธยมศึกษามีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาฟิสิกส์เป็นอย่างดี ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา

พิจารณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อคำถาม ความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นคัดเลือกคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli & Hambleton, 1977 อ้างถึงในศิริชัย กาญจนวาสี, 2544: 239) และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน สรุปได้ดังนี้

1) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินมีค่ามากกว่า 0.5 ทุกรายการ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง

2) การกำหนดสถานการณ์และตัวเลขในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาแต่ละข้อควรสอดคล้องกับเหตุการณ์จริง เช่น ข้อที่ 4 พูดถึงมวลของลิงและกล้วย 1 เครือ ควรจะกำหนดตัวเลขให้มีความเป็นได้ว่า ลิงและกล้วย 1 เครือควรจะหนักประมาณเท่าใด นอกจากนี้การกำหนดคำตอบควรเป็นตัวเลขที่ลงตัวหรือทศนิยมที่ลงตัว เป็นต้น

3) ควรพิจารณาเวลาในการทำข้อสอบ เนื่องจากข้อสอบมีทั้งหมด 10 ข้อ ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเขียนแสดงวิธีคิดอย่างละเอียดตามขั้นตอน เวลาที่กำหนด 100 นาทีอาจไม่เพียงพอ

(10) นำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแต่มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 จำนวน 44 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบตรวจสอบค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกด้วยเทคนิค 50% ในการแบ่งกลุ่มที่ได้คะแนนสูงและคะแนนต่ำ (โชติกา ภาษีผล ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง และกมลวรรณ ตังธนกานนท์, 2558) โดยกำหนดเกณฑ์ค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยผลการตรวจสอบคุณภาพข้อสอบรายข้อได้ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.49-0.77 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33-0.46 และตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบทั้งฉบับ ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาคอร์นบาค (α-coefficient) ต้องได้มากกว่า 0.7 ถึงจะถือว่า แบบวัดฉบับนี้มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพข้อสอบทั้งฉบับได้ 0.86 ถือว่าข้อสอบฉบับนี้มีความน่าเชื่อถือ

(11) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เพื่อเก็บข้อมูลนำมาวิเคราะห์ผล

3.1.2 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ใช้เป็นแบบสอบหลังเรียน มีลักษณะเป็นแบบสอบเลือกตอบที่มี 4 ตัวเลือก ในการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

(1) ศึกษาตำราและงานวิจัยเกี่ยวกับความหมายและองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เพื่อกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและกำหนดวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบสอบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งจะอิงตามแนวคิดของ Klopfer ซึ่งจัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยการเรียนไว้ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการ และด้านการนำไปใช้

(2) ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาบทเรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดเนื้อหาที่ต้องการวัดให้ครอบคลุมองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นกำหนดจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อตามแนวคิดของ Klopfer ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ทั้ง 4 ด้าน ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 จำนวนข้อสอบที่จะใช้ในแต่ละด้านของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

พฤติกรรมที่ต้องการ / วัดหัวข้อ	ความจำ	ความเข้าใจ	กระบวนการ	การนำไปใช้	รวม
แรงและแรงลัพธ์	1	2	2	1	6
มวลและน้ำหนัก	-	1	2	-	3
กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	-	4	6	3	13
กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	1	1	1	-	3
แรงเสียดทาน	1	2	1	1	5
รวม (จำนวนข้อ)	3	10	12	5	30
ร้อยละ	10.00	33.33	40.00	16.67	100.00

(3) ดำเนินการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 30 ข้อ ลักษณะของข้อสอบเป็นข้อสอบแบบ 4 ตัวเลือก

เกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อให้ 0 คะแนน มีโจทย์เป็นข้อคำถามและตัวเลือก โดยมีทั้งตัวลวงและคำตอบที่ถูกต้อง กำหนดระยะเวลาในการทำแบบสอบ 60 นาที

(4) กำหนดช่วงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยใช้เกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบคะแนนจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์คะแนนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ช่วงคะแนนผลสัมฤทธิ์ (คะแนน)	ช่วงคะแนน (ร้อยละ)	ความหมาย
24-30	80-100	ดีมาก
21-23	70-79	ดี
18-20	60-69	ปานกลาง
15-17	50-59	ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำ
0-14	0-49	ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(5) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม และพฤติกรรมบ่งชี้ของแต่ละองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ อีกทั้งตรวจสอบภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

(6) นำแบบสอบที่ปรับปรุงตามข้อแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านที่มีคุณสมบัติดังนี้ เป็นอาจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญในเนื้อหาและการออกแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญในวิชาฟิสิกส์ และเป็นครูในโรงเรียนมัธยมศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญในการออกแบบข้อสอบฟิสิกส์ เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและนิยามเชิงปฏิบัติการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อคำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และ

ความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นพิจารณาข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli & Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544: 239)

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน สรุปได้ดังนี้

1) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ทุกรายการ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง

2) ปรับการใช้ภาษา ปรับคำถามให้มีความกระชับ เข้าใจง่าย และควรพิจารณาว่าบางข้อควรที่จะมีรูปภาพประกอบหรือไม่ เช่น ข้อที่ 7 คำถามมีการกำหนดกล่อง 2 กล่องแล้วมีการเคลื่อนที่ ในกรณีนี้นักเรียนอาจจะตีความคำถามออกมาเป็นรูปภาพต่างกัน ทำให้คำตอบผิดได้ และข้อที่ 9 จากคำว่า “แรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา” ควรเปลี่ยนมาใช้คำว่า “แรงคู่ปฏิกิริยา” จะเป็นคำที่กระชับและถูกต้องที่สุด

3) ปรับการใช้สัญลักษณ์แทนตัวแปร เช่น ในกรณีที่บอกถึงขนาดของแรง อาจจะใช้สัญลักษณ์ $|\vec{F}|$ หรือ F แทนคำว่า ขนาดของแรงและใช้สัญลักษณ์ $\vec{F}$ แทนของแรงที่เป็นปริมาณเวกเตอร์

4) บางข้อที่มีการแสดงรูปภาพ ควรมีการกำหนดตัวแปรที่ใช้เรียกให้ชัดเจน เช่น ข้อที่ 20 ในคำตอบมีการกำหนดตู้ที่ 1 และตู้ที่ 2 ดังนั้นในรูปภาพของคำถาม ควรระบุให้ชัดเจนว่าตู้ใดเป็นตู้ที่ 1 และตู้ใดเป็นตู้ที่ 2 หรือกรณีข้อที่ 30 ในคำถามมีการกำหนดรอกลื่น A และรอกลื่น B ไว้ ดังนั้นในรูปภาพด้วยว่า รอกใดเป็นรอกลื่น A และรอกลื่น B

5) ปรับตัวลวงบางข้อ เช่น ข้อที่ 23 ข้อ ก. มีแรงต้านในอากาศที่ปะทะกับร่ม ทำให้ความเร่งมีค่าลดลงเพิ่มขึ้น และข้อ ง. ร่มมีขนาดใหญ่ทำให้มีแรงต้านมาก จึงตกลงมาช้า ทั้ง 2 ข้อมีความคล้ายคลึงกันมาก จะทำให้นักเรียนสับสนได้

(7) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 6 จำนวน 40 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ ตรวจสอบค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกด้วยเทคนิค 50% ในการแบ่งกลุ่มที่ได้คะแนนสูงและคะแนนต่ำ (โชติกา ภาษีผล ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง และกมลวรรณ ตังธนกานนท์, 2558) แต่มีลักษณะ

คล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ ตรวจสอบค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก โดยผลการตรวจสอบคุณภาพข้อสอบมีค่าความยากอยู่ที่ 0.40–0.75 และมีอำนาจจำแนกอยู่ที่ 0.20-0.80 และตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบทั้งฉบับ ด้วยสูตรคูเดอร์และริชาร์ดสัน (KR-20) ซึ่งเกณฑ์คุณภาพความเชื่อมั่นสูงอยู่ที่ 0.71-1.00 โดยผลการตรวจสอบคุณภาพข้อสอบทั้งฉบับได้ 0.73 ถือว่าข้อสอบฉบับนี้มีความเชื่อมั่นในระดับสูง

(8) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อเก็บข้อมูลนำมาวิเคราะห์ผล

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ซึ่งประกอบด้วย 2 แบบ ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ และ (2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบจะครอบคลุมเนื้อหา จำนวนแผนและจำนวนคาบเรียนจะเท่ากัน ขั้นตอนในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป รวมถึงวิเคราะห์เนื้อหาที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอนคือเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ประกอบด้วย แรง มวลและน้ำหนัก กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน และแรงเสียดทาน

(2) จัดเนื้อหาเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแบ่งได้เป็น 7 แผนจำนวน 16 คาบ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 จำนวนคาบและเนื้อหาที่สอนในแต่ละคาบเรียน

ลำดับแผน	เนื้อหา	จำนวนคาบ
1	ความหมาย ประเภท การหาขนาดและทิศทางของแรงและแรงลัพธ์	2
2	ความหมาย ความแตกต่างระหว่างมวลกับน้ำหนัก	2
3	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน	2

ลำดับแผน	เนื้อหา	จำนวนคาบ
4	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน	3
5	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน	2
6	กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	3
7	ความหมาย ประเภท การหาขนาดและทิศทางของแรงเสียดทาน	2
	รวม	16

(3) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาและจำนวนคาบที่กำหนดไว้ โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนการสอนที่เลือกใช้ในแต่ละกลุ่ม โดยความแตกต่างระหว่างวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เปรียบเทียบแต่ละขั้นตอน ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ	การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป
1. ขั้นเน้นปัญหา (Focus the Problem) การกระตุ้นความสนใจโดยใช้ปัญหาทางฟิสิกส์เพื่อนำไปสู่การสร้างแผนภาพที่เป็นตัวแทนของปัญหา การระบุคำถามสำคัญ และการทบทวนมโนทัศน์ หลักการ ข้อเท็จจริงทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง	1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน กระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยการสาธิต สื่อ ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน มีการกำหนดปัญหาให้นักเรียนแล้วใช้คำถามเป็นตัวนำให้นักเรียนมีความเข้าใจสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. ขั้นอธิบายทางฟิสิกส์ (Describe the Physics) การวิเคราะห์ปัญหาทางฟิสิกส์ผ่านกิจกรรมการอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์เพื่อนำไปสู่การสร้างแผนภาพทางฟิสิกส์และเชื่อมโยงไปสู่ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์	2. ขั้นสอน เมื่อนักเรียนมีความเข้าใจปัญหาที่กำหนดแล้ว ครูจะจัดการเรียนการสอนให้แก่นักเรียนโดยการทดลอง การสืบค้นข้อมูลหรือการบรรยาย ให้นักเรียนได้ทราบถึงข้อเท็จจริง แนวคิด หลักการและมโนทัศน์ที่จะใช้ในการแก้ปัญหานี้ เช่น แรงเสียดทาน ครูจะใช้วิธีการทดลอง เพื่อให้นักเรียนได้เห็นตัวแปร

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ	การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป
3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) การกำหนดขั้นตอนและลำดับขั้นตอนการใช้ข้อมูล เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและการอภิปรายเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมกับปัญหา	ที่ส่งผลต่อแรงเสียดทาน จากนั้นครูจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงตัวแปรกับสมการทางฟิสิกส์ที่จะใช้หาคำตอบ แล้วทำการแก้สมการ เป็นต้น
4. ขั้นดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) ปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกไว้เพื่อหาคำตอบของตัวแปรในสิ่งที่สถานการณ์ถาม	
5. ขั้นประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer) อภิปรายตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความถูกต้อง มีความสมเหตุสมผล ระบุหน่วยของคำตอบอย่างชัดเจนและสรุปความรู้ที่ได้โดยการเชื่อมโยงคำตอบในแต่ละปัญหา	3. ขั้นสรุป ครูจะนำนักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่นักเรียนแก้ได้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ นอกจากนี้ยังมีการสรุปความรู้และเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากขั้นสอนไปสู่มโนทัศน์ที่สำคัญของบทเรียนและนำไปใช้กับปัญหาใหม่

(4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้กับอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความสมบูรณ์ครบองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกันในทุกองค์ประกอบ แล้วนำกลับมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านที่มีคุณสมบัติดังนี้ เป็นครูที่สอนวิชาฟิสิกส์ในโรงเรียนมัธยมศึกษามีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาฟิสิกส์เป็นอย่างดี เป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญในวิชาฟิสิกส์ มีความรู้ในเรื่องการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และเป็นครูที่มีความเชี่ยวชาญในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ ตรวจสอบพิจารณาความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความสมบูรณ์ครบองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกันในทุกองค์ประกอบ

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ดังนี้

1) ปรับนิยามให้มีความกระชับ ชัดเจนและถูกต้องที่สุดตามหนังสือแบบเรียนฟิสิกส์

ปรับการเขียนสมการและสัญลักษณ์ต่าง ๆ ให้คงที่และถูกต้อง

2) ปรับการใช้ภาษา ควรเป็นภาษาเขียนและปรับความคงที่ของคำศัพท์ที่ใช้ควรเป็นคำเดียวกันทั้งแผนการจัดการเรียนรู้

3) กิจกรรมการเรียนรู้ ควรปรับให้เหมาะสมกับสถานที่และทำให้อยู่ในเวลาที่กำจัด สำหรับใบกิจกรรมควรแจกให้กับนักเรียนทุกคน เพื่อเพิ่มความสนใจในการเรียนมากขึ้น และสถานการณ์ในใบกิจกรรมไม่ควรเขียนชื่อเฉพาะ เช่น ชื่อโรงเรียน ชื่อองค์กร เป็นต้น และถ้าจำเป็นต้องเขียนชื่อเฉพาะสถานการณ์นั้นควรเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

(6) นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำแล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนที่มีความใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเลือกใช้นักเรียนห้องมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 ที่เรียนภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 46 คน ซึ่งเป็นห้องที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่ไม่แตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง

4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

เตรียมนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยการแนะนำวิชาเรียนและชี้แจงจุดประสงค์ใน 2 ประเด็นคือ (1) ลักษณะการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและ (2) บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

4.2 การดำเนินการสอนและการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

ดำเนินการสอนกลุ่มทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและดำเนินการสอนกลุ่มควบคุมตามแผนการเรียนรู้ที่จัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 16 คาบเรียน คาบละ 50 นาที

เริ่มตั้งแต่วันที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2559 ถึง 1 กันยายน พ.ศ. 2559 โดยในระหว่างการจัดการเรียนการสอน เมื่อสอนจบในแต่ละหัวข้อจะมีการให้ทำแบบฝึกหัดการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เพื่อให้นักเรียนทราบถึงแนวทางในการตอบคำถามสำหรับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

เมื่อดำเนินการจัดการเรียนการสอนครบตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้แล้ว ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีทั้งหมด 10 ข้อ ใช้เวลา 100 นาทีและดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่มีทั้งหมด 30 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าสถิติสำเร็จรูปดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

(1) หาค่าเฉลี่ย ($\overline{\mathbf{X}}$) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{\mathbf{X}}_{\text{ร้อยละ}}$) เพื่อนำคะแนนเฉลี่ยร้อยละไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70 และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากคะแนนที่เก็บได้จากแบบวัดความสามารถในแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่จัดทำขึ้น โดยใช้คะแนนทั้งจากนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (*t*-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญอยู่ที่ระดับ 0.05

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

(1) หาค่าเฉลี่ย ($\overline{\mathbf{X}}$) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{\mathbf{X}}_{\text{ร้อยละ}}$) เพื่อนำคะแนนเฉลี่ยร้อยละไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70 และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากคะแนนที่เก็บได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่จัดทำขึ้น โดยใช้คะแนนทั้งจากนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (*t*-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญอยู่ที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยเรื่องผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้แบ่งเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหา

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหา

การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้ทำหลังการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 14 แผน ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย 10 ข้อ คะแนนรวม 200 คะแนน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ได้ผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) และค่าทดสอบที (*t*-test) ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา			t
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	
กลุ่มทดลอง	159.07	20.80	79.53	9.89*
กลุ่มควบคุม	120.07	16.34	60.03	

*P < 0.05

จากตารางที่ 15 พบว่า หลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา 159.07 คะแนนจาก 200 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.53 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ไว้คือ ร้อยละ 70 และกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ 120.07 คะแนนจาก 200 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 60.03 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สำหรับแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามีทั้งหมด 10 ข้อ ซึ่งจะแบ่งหัวข้อเรื่องตามเนื้อหาออกเป็น 5 หัวข้อ ได้แก่ (1) แรงและแรงลัพธ์ 1 ข้อ มีคะแนนรวม 20 คะแนน (2) มวลและน้ำหนัก 1 ข้อ มีคะแนนรวม 20 คะแนน (3) กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 5 ข้อ มีคะแนนรวม 100 คะแนน (4) กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน 1 ข้อ มีคะแนนรวม 20 คะแนน และ (5) แรงเสียดทาน 2 ข้อ มีคะแนนรวม 40 คะแนน เมื่อพิจารณาคะแนนตามหัวข้อเรื่องของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จะได้ผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทดสอบที (*t*-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาตามหัวข้อเรื่องระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

หัวข้อเรื่องในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง (n=44)			กลุ่มควบคุม (n=46)			t
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	
1. แรงและแรงลัพธ์	20	17.16	1.92	85.80	13.54	2.40	67.70	7.44
2. มวลและน้ำหนัก	20	15.41	3.15	77.05	12.28	3.59	61.40	6.57
3. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	100	81.05	8.97	81.05	62.07	11.47	62.07	8.67*
4. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	20	12.68	5.14	63.40	7.24	5.22	36.20	6.04
5. แรงเสียดทาน	40	32.77	3.34	81.93	25.28	6.93	63.20	8.06*

*P < 0.05

จากตารางที่ 16 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ทั้ง 5 หัวข้อของกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละตามหัวข้อ ดังนี้ ร้อยละ 85.50, 77.05, 81.05, 63.40 และ 81.93 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกหัวข้อ โดยกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ร้อยละ 67.70, 61.40, 62.07, 36.20 และ 63.20 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยร้อยละแต่ละหัวข้อของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งหมด 2 หัวข้อ ได้แก่ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและแรงเสียดทาน ส่วนหัวข้อเรื่อง แรงและลัพธ์ มวลและน้ำหนัก และกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันจากผลพบว่า ไม่มีแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

เมื่อพิจารณาคะแนนในแต่ละส่วนของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ทั้งหมด 5 เกณฑ์ ได้แก่ (1) แนวคิดทางฟิสิกส์ (2) การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย (3) การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ (4) การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์ และ (5) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งแต่ละเกณฑ์มีคะแนนเต็ม 40 คะแนน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทดสอบที (*t*-test) ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ทั้งหมด 5 เกณฑ์

Chulalongkorn University

เกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง (n=44)			กลุ่มควบคุม (n=46)			t
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	
1. แนวคิดทางฟิสิกส์	40	37.35	3.84	93.38	29.33	6.11	73.33	8.21*
2. การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย	40	35.45	4.45	88.63	28.10	5.76	70.25	7.84*
3. การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์	40	35.83	4.45	89.58	29.30	5.13	73.25	6.97*

เกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง (n=44)			กลุ่มควบคุม (n=46)			t
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	
4. การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์	40	34.38	4.29	85.95	26.75	5.39	66.88	7.97*
5. ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา	40	31.55	4.77	78.88	23.88	6.48	59.70	6.94

*P < 0.05

จากตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่า หลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะและการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของแนวคิดทางฟิสิกส์ การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ การแก้ปัญหาตามแนวทางคณิตศาสตร์และความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาเท่ากับร้อยละ 93.28, 88.63, 89.58, 85.95 และ 78.88 ซึ่งมากกว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 73.33, 70.25, 73.25, 66.88 และ 59.70

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยร้อยละในแต่ละหัวข้อของความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่ามี 4 เกณฑ์ ได้แก่ แนวคิดทางฟิสิกส์ การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ การแก้ปัญหาตามแนวทางคณิตศาสตร์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เกณฑ์ในเรื่องของความสมเหตุสมผลของแก้ปัญหาไม่มีความแตกต่างกันระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

การวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้ทำหลังสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย 30 ข้อ คะแนนรวม 30 คะแนน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ได้ผลดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) และค่าทดสอบที (*t*-test) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์			t
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	
กลุ่มทดลอง	24.14	2.11	80.45	12.54*
กลุ่มควบคุม	13.50	5.33	45.00	

* P < 0.05

จากตารางที่ 18 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เท่ากับ 24.14 และ 13.50 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.45 และ 45.00 ตามลำดับ ซึ่งกลุ่มทดลองจะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์มาเปรียบเทียบในแต่ละหัวข้อเรื่องที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยมีหัวข้อเรื่อง ได้แก่ (1) แรงและแรงลัพธ์ 6 ข้อ มีคะแนนรวม 6 คะแนน (2) มวลและน้ำหนัก 3 ข้อ มีคะแนนรวม 3 คะแนน (3) กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 13 ข้อ มีคะแนนรวม 13 คะแนน (4) กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน 3 ข้อ มีคะแนนรวม 3 คะแนนและ(5) แรงเสียดทาน 5 ข้อ มีคะแนนรวม 5 คะแนน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน ได้ผลดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทดสอบที (*t*-test) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ตามหัวข้อเรื่องระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

หัวข้อเรื่อง	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง (n=44)			กลุ่มควบคุม (n=46)			t
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	
1. แรงและแรงลัพธ์	6	5.05	1.06	84.17	3.02	1.31	50.33	8.06
2. มวลและน้ำหนัก	3	2.45	0.50	86.67	1.13	0.93	37.67	8.42*

หัวข้อเรื่อง	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง (n=44)			กลุ่มควบคุม (n=46)			t
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	
3. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	13	10.55	1.27	81.15	5.85	2.44	45.00	11.54*
4. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	3	2.30	0.73	76.67	1.33	0.82	44.33	5.90
5. แรงเสียดทาน	5	3.80	0.95	76.00	2.17	1.32	43.40	6.65

*P < 0.05

จากตารางที่ 19 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ทั้ง 5 หัวข้อของกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละตามหัวข้อ ดังนี้ ร้อยละ 84.17, 86.67, 81.15, 76.67 และ 76.00 ตามลำดับ กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละดังนี้ ร้อยละ 50.33, 37.61, 45.00, 44.33 และ 43.40 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งหมด 2 หัวข้อ ได้แก่ มวลและน้ำหนักและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ส่วนหัวข้อเรื่องแรงและลัพธ์ กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันและแรงเสียดทาน คะแนนเฉลี่ยร้อยละระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่าไม่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เป็นแบบสอบที่เน้นด้านพุทธิพิสัยของ Klopfer ซึ่งมีองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ (1) ความจำ ที่มีคะแนนรวม 2 คะแนน (2) ความเข้าใจ ที่มีคะแนนรวม 8 คะแนน (3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีคะแนนรวม 13 คะแนน และ (4) การนำไปใช้ ที่มีคะแนนรวม 7 คะแนน ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทดสอบที (*t*-test) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตามองค์ประกอบด้านพุทธิพิสัยของ Klopfer

องค์ประกอบด้านพุทธิพิสัยของ Klopfer	คะแนนเต็ม	กลุ่มทดลอง (n=44)			กลุ่มควบคุม (n=46)			t
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	
1. ความจำ	3	2.72	0.31	90.67	2.04	0.39	68.00	0.43
2. ความเข้าใจ	10	8.36	0.87	83.60	4.43	1.79	44.30	10.34*
3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	12	9.00	1.12	75.00	4.50	2.01	37.50	13.67*
4. การนำไปใช้	5	4.05	0.75	81.00	2.52	1.33	50.40	7.04*

*P < 0.05

จากตารางที่ 20 หลังจากทดลอง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละองค์ประกอบเป็นร้อยละ 90.67, 83.60, 75.00 และ 81.00 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมากกว่ากลุ่มควบคุมที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละแต่ละองค์ประกอบเป็นร้อยละ 68.00, 44.30, 37.50 และ 50.40 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งหมด 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำไปใช้ แต่ด้านความจำไม่มีความแตกต่างกันระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ (2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป (3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ และ (4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษาเขต 6 จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 2 ห้องเรียน โดยกลุ่มทดลองคือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 44 คน และกลุ่มควบคุมคือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4/8 จำนวน 46 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ (1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ และ (2) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ระยะเวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 16 คาบ คาบละ 50 นาที โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้คือ (1) การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์หลังทดลอง และ (2) วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังทดลอง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (*t*-test)

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เท่ากับร้อยละ 79.53 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70

2. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เท่ากับร้อยละ 80.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70

4. นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิจัยเรื่องผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีผลความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า การเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยมีการแบ่งผลการวิจัยออกเป็น 2 หัวข้อคือ

(1) ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

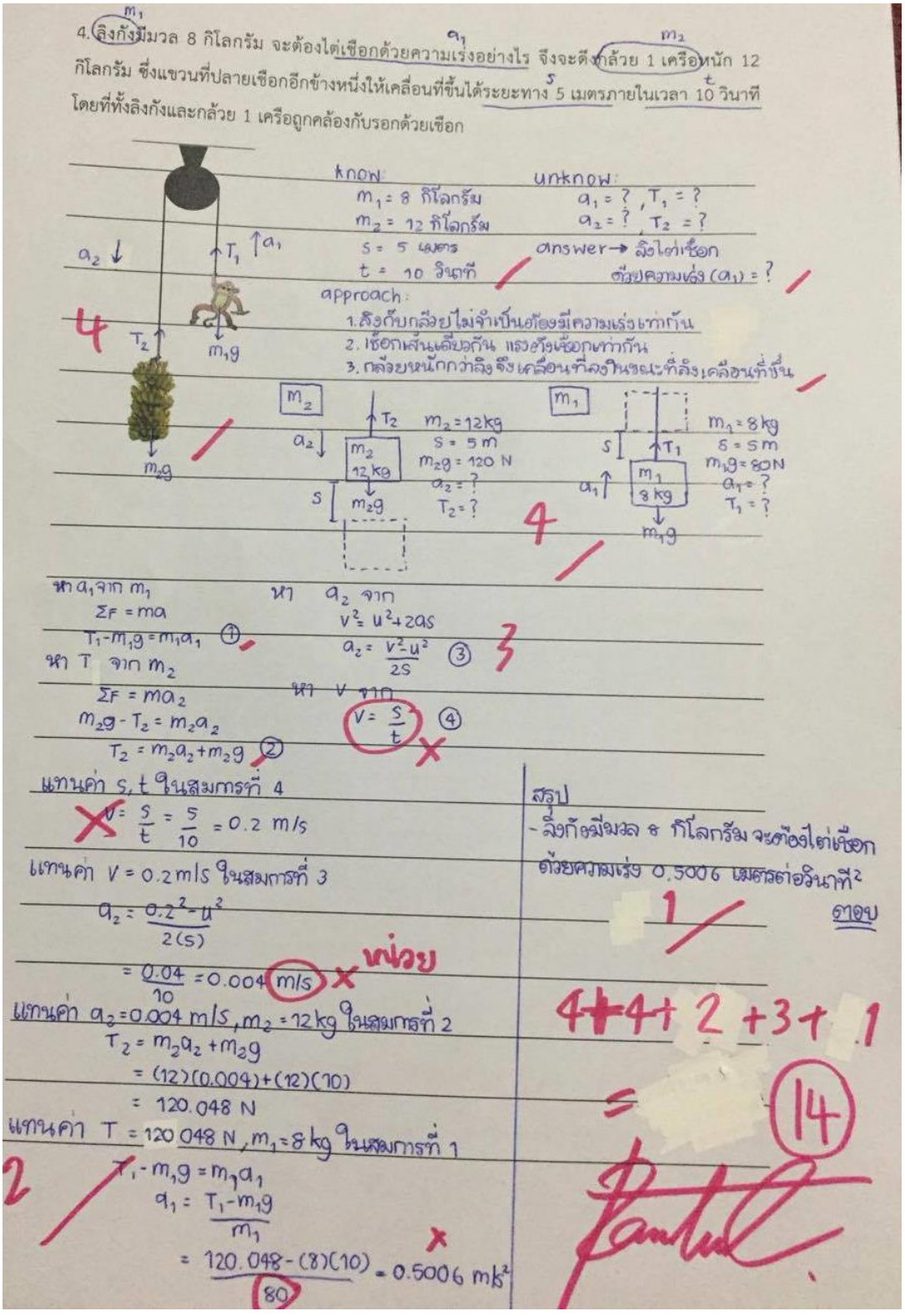
(2) ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

1. ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

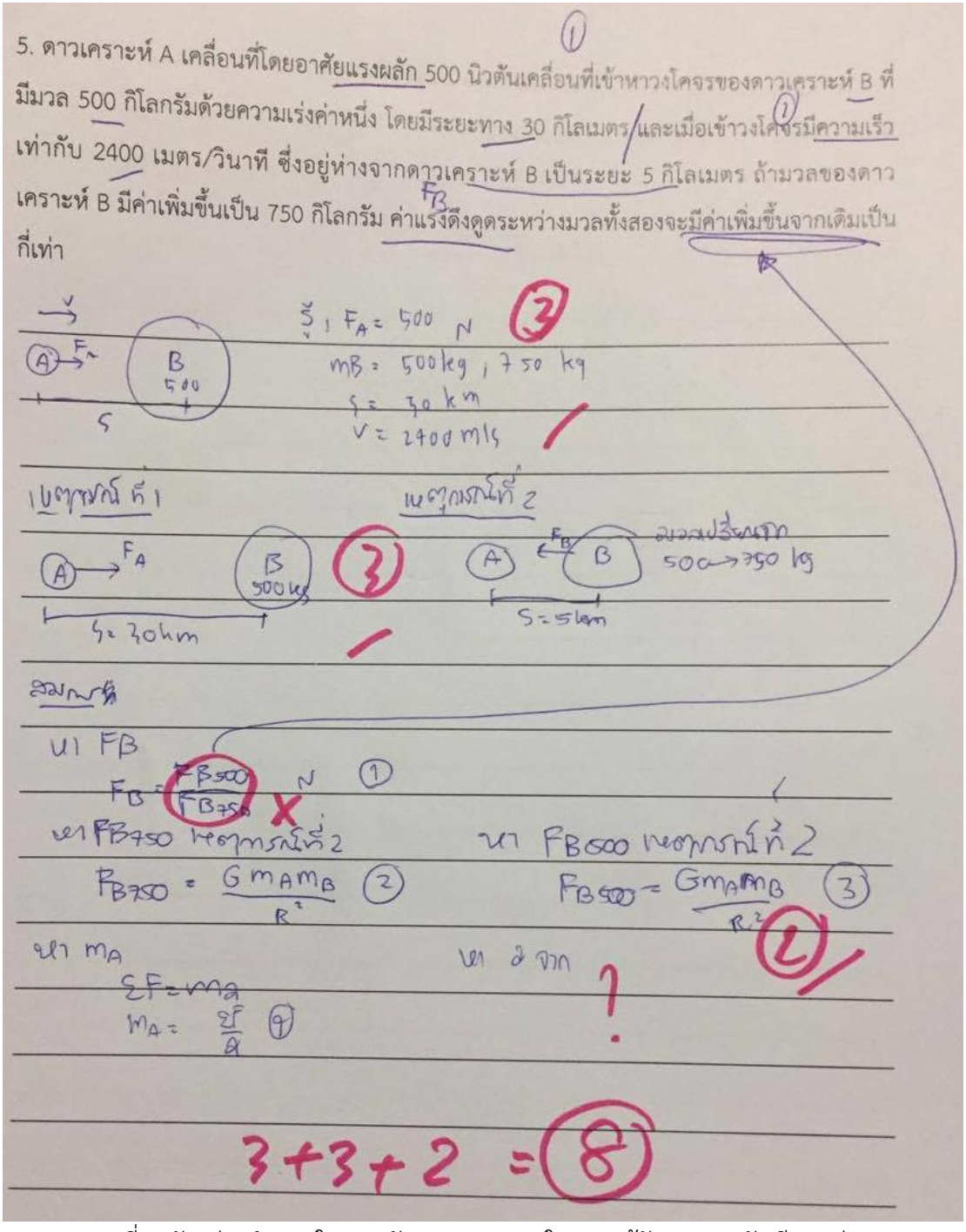
ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเท่ากับร้อยละ 79.53 ซึ่ง

สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 และสอดคล้องกับงานวิจัย Huffman (1997) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

การที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70 อาจเนื่องมาจากขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ต้องการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ไม่ว่าจะเป็นการสร้างแผนภาพทางฟิสิกส์ การระบุแนวคิด หลักการทางฟิสิกส์ที่จำเป็นต้องใช้วิธีการในการแก้ปัญหา การกำหนดหลักเกณฑ์และวางแผน การแก้ปัญหา และการหาคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ต้องอาศัยการฝึกฝน การเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่มีความหลากหลาย มีความซับซ้อนและไม่สามารถใช้ประสบการณ์จากความรู้เดิมนำมาแก้ปัญหาได้ทันที จึงจำเป็นต้องได้รับการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้มีการฝึกฝนในการแก้ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pol, Harskamp, Suhre และ Goedhart ที่กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ควรจัดให้มีการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยจะต้องให้นักเรียนได้รับการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลายแล้ว จะสามารถดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่การวิเคราะห์ข้อมูล การวางแผน และการตรวจสอบการแก้ปัญหา และยังได้ทราบถึงความรู้และวิธีการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีความซับซ้อนหรือมีเงื่อนไขได้เป็นอย่างดี (Pol, Harskamp, Suhre & Goedhart, 2008) ดังเห็นได้จากตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในแผนภาพที่ 5 และ 6 ซึ่งเป็นตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม จะเห็นว่า คำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองมีการวางแผนอย่างเป็นขั้นตอน มีการลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมจะไม่มีการวางแผนแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและวาดแผนภาพไดอะแกรมที่มีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไม่ถูกต้อง



แผนภาพที่ 5 ตัวอย่างคำตอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลอง



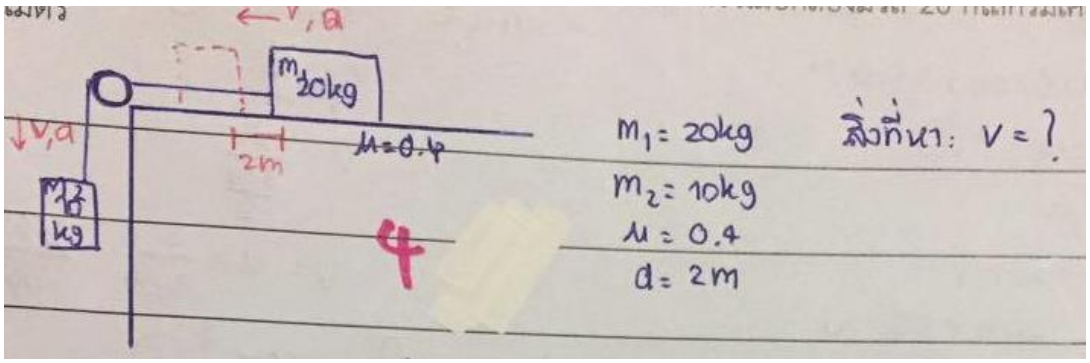
แผนภาพที่ 6 ตัวอย่างคำตอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มควบคุม

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยแยกเป็นองค์ประกอบที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่แบ่งออกเป็น 5 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) แนวคิดทางฟิสิกส์ (2) การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย (3) การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ (4) การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์

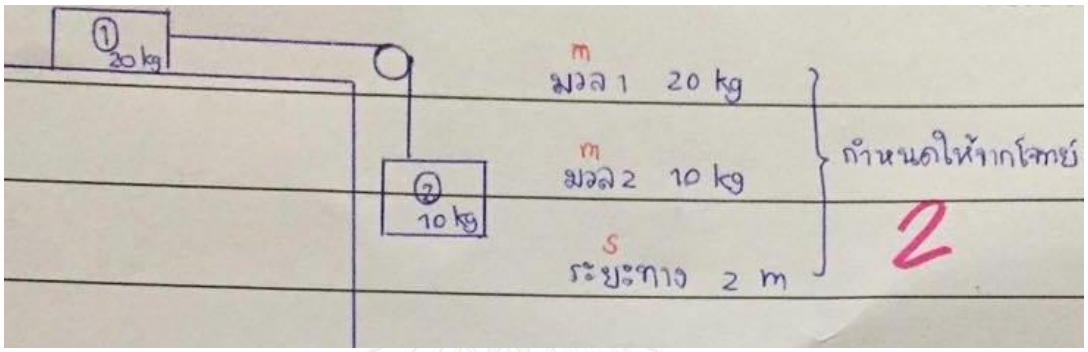
และ (5) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละในทุก ๆ องค์ประกอบดีกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมทั้งหมดและยังพบว่า ในกลุ่มทดลอง ทั้ง 5 องค์ประกอบผ่านคะแนนเฉลี่ยร้อยละที่กำหนดไว้ทั้งหมด แต่ในกลุ่มควบคุมมี 3 องค์ประกอบที่ผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละที่กำหนดไว้ คือ (1) แนวคิดทางฟิสิกส์ (2) การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์และ (3) การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ และไม่ผ่าน 2 เกณฑ์คือ (1) การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตสาสตร์ และ (2) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา การที่นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกันในแต่ละองค์ประกอบนั้น สามารถอภิปรายผลแต่ละองค์ประกอบได้ดังนี้

(1) แนวคิดทางฟิสิกส์

แนวคิดทางฟิสิกส์เป็นองค์ประกอบที่ต้องการวัดว่า นักเรียนมีความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้หรือไม่ โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหานั้นแล้วแปรผลความเข้าใจที่ได้ออกเป็นรูปภาพ เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายยิ่งขึ้น เนื่องจากการวาดภาพจะช่วยแสดงความชัดเจนของปัญหา ช่วยให้นักเรียนมองเห็นปัญหาเป็นสิ่งที่สามารถจับต้องได้ เพราะบางเรื่องในวิชาฟิสิกส์ไม่สามารถมองเห็นได้แต่การวาดภาพจะทำให้มองเห็นได้ชัดเจนมากขึ้น เช่น เรื่องของแรง เป็นต้น (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000: 11) จากการวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้จากทั้งนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมจะเห็นว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละในด้านแนวคิดทางฟิสิกส์เท่ากับร้อยละ 93.38 และร้อยละ 73.33 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะได้มีขั้นตอนการเน้นปัญหา มีขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาแล้วแสดงความเข้าใจในลักษณะของภาพวาดและให้นักเรียนได้มีการมองเห็นสถานการณ์ปัญหานั้นด้วยตนเองจากการสาธิต การเปิดวีดิทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา แล้วมีการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนและการแก้ปัญหามากยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับขั้นนำเข้าสู่บทเรียนของนักเรียนในกลุ่มควบคุมที่จะมีการสาธิตและการตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนได้มีการมองเห็นสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้อย่างชัดเจน สามารถนำมาวาดเป็นภาพได้



กลุ่มทดลอง



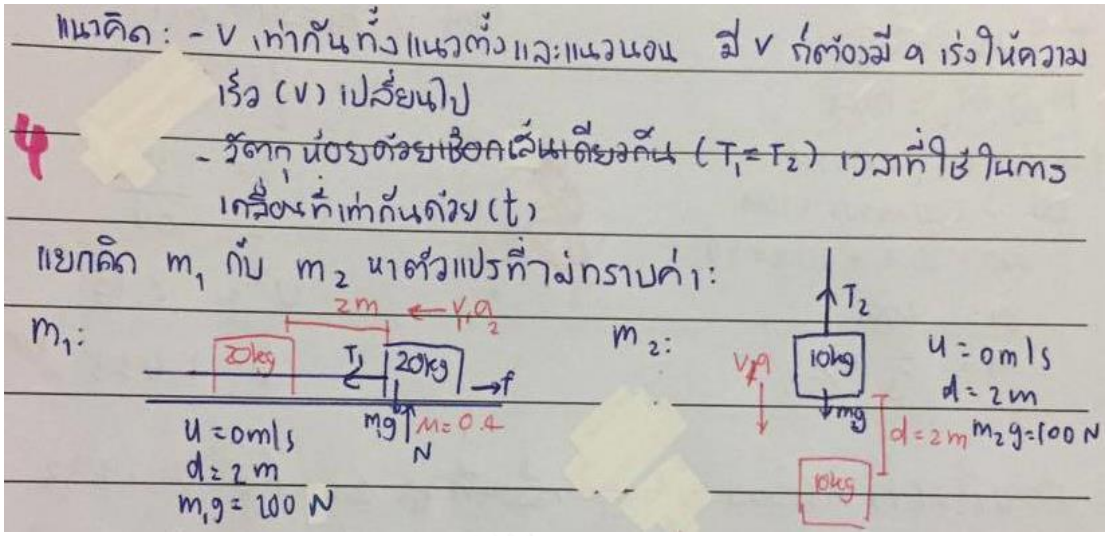
กลุ่มควบคุม

แผนภาพที่ 7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในส่วนของแนวคิดทางฟิสิกส์

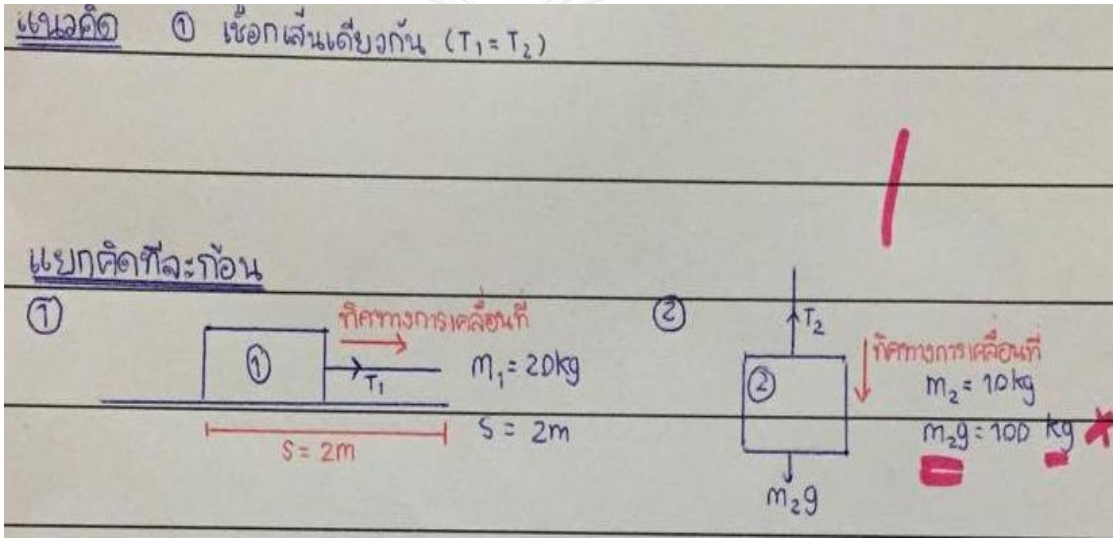
จากแผนภาพที่ 7 จะพบว่า นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมสามารถวาดภาพได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา แต่ความแตกต่างที่พบระหว่างผลงานของทั้งสองกลุ่มคือ นักเรียนกลุ่มทดลองจะมีการใส่รายละเอียดที่พบในปัญหาลงไปในภาพและมีการเขียนกำกับตัวแปรที่ทราบค่าไม่ทราบค่า และที่สถานการณ์ปัญหาถามอย่างละเอียดได้อย่างถูกต้อง ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมมีการวาดสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเช่นเดียวกัน แต่ไม่ใส่รายละเอียดลงไปในภาพ และไม่เขียนตัวแปรที่ทราบค่า ไม่ทราบค่าให้ครบถ้วน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเกิดความสับสนในขั้นตอนของการเลือกสมการทางฟิสิกส์ ซึ่งเหตุผลที่กล่าวมามีสอดคล้องกับงานวิจัยของ Meltzer ที่อธิบายถึงความสำคัญของการแปลข้อมูลในลักษณะที่เป็นข้อความให้กลายเป็นข้อมูลในลักษณะรูปภาพว่า การวาดภาพแทนข้อความจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในสิ่งนั้น ๆ มากยิ่งขึ้น เนื่องจากภาพเป็นสิ่งที่นักเรียนสามารถมองเห็น สามารถจับต้องได้ ในขณะที่ข้อความมีลักษณะเป็นนามธรรม ยิ่งในข้อความที่มีความซับซ้อน นักเรียนจะยิ่งตีความหมายหรือความต้องการของข้อความนั้นไม่ได้ ดังนั้นภาพจะเป็นตัวช่วยสำคัญที่ให้นักเรียนเข้าใจข้อความนั้น ๆ ชัดเจนขึ้น (Meltzer, 2002)

(2) การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย

การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบายเป็นองค์ประกอบที่ต้องการวัดความรู้เกี่ยวกับหลักการ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและการใช้แนวคิดเหล่านั้นในการเชื่อมโยงกับภาพวาดสถานการณ์ เพื่อนำไปสู่การสร้างแผนภาพไดอะแกรมทางฟิสิกส์ที่จะช่วยนักเรียนมองเห็นแนวทางในการกำหนดสมการในการแก้ปัญหาได้ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งจากข้อมูลการวิเคราะห์ผลทำให้ทราบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละในด้านการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบายเท่ากับร้อยละ 88.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 แต่นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละในองค์ประกอบนี้เท่ากับร้อยละ 70.25 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้พอดี ทั้งนี้เนื่องมาจาก ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีขั้นตอนในการอธิบายทางฟิสิกส์ที่ให้นักเรียนได้เข้ากลุ่ม เพื่อร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความรู้ แนวคิด หลักการ กฎหรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ภายในกลุ่ม มีการกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามจากครูผู้สอน เมื่อนักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนกันจนได้เป็นข้อสรุปของกลุ่มแล้วจะมีการตรวจสอบความถูกต้องของแนวคิดและหลักการนั้น ๆ เพื่อนำไปสู่การสร้างแผนภาพไดอะแกรมทางฟิสิกส์ร่วมกัน ซึ่งขั้นตอนจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Heller, Keith และ Anderson ที่กล่าวว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ ทำให้นักเรียนได้รับความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เนื่องจากในระหว่างที่มีการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน นักเรียนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้กันภายในกลุ่มและมีการตรวจสอบความรู้ที่ได้จากการอภิปรายกับผู้สอน เพื่อให้ได้รับความรู้ที่ถูกต้องที่สุด (Heller, Keith & Anderson, 1992: 627) สำหรับนักเรียนกลุ่มควบคุม นักเรียนจะได้อภิปรายและสร้างแผนภาพไดอะแกรมทางฟิสิกส์ร่วมกันภายในห้องเรียน และครูผู้สอนจะต้องตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นถามถึงหลักการหรือแนวคิดทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาและจำเป็นต้องใช้สำหรับการวางแผนแก้ปัญหา



กลุ่มทดลอง



กลุ่มควบคุม

แผนภาพที่ 8 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในส่วนของการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย

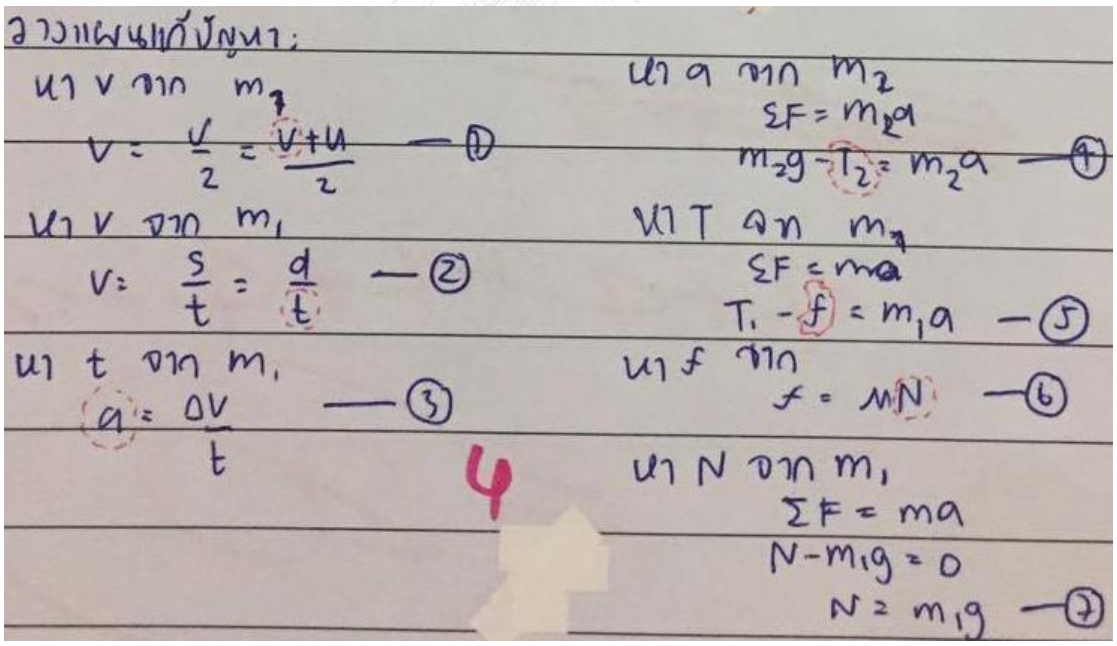
จากแผนภาพที่ 8 จะเห็นความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างผลงานของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม คือ นักเรียนกลุ่มทดลองจะมีการระบุหลักการหรือแนวคิดทางฟิสิกส์รวมทั้งข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาไว้อย่างชัดเจนและมีการเขียนแผนภาพไดอะแกรมทางฟิสิกส์จากหลักการ แนวคิดทางฟิสิกส์นั้นอย่างละเอียด มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกับภาพสถานการณ์ที่วาดไว้ในตอนแรก ส่วนผลงานของนักเรียนกลุ่มควบคุมจะระบุหลักการและแนวคิดที่เห็นจากสถานการณ์ปัญหาเท่านั้น ไม่มีการระบุแนวคิดที่จะนำไปเชื่อมโยงกับการกำหนดการวางแผนในการแก้ปัญหา ซึ่ง

สอดคล้องกับข้อคิดเห็นของ Wiggins & Mctighe ที่สรุปไว้ว่า การที่ให้นักเรียนเขียนหรือวาดภาพไดอะแกรมทางฟิสิกส์ จะช่วยให้นักเรียนความเข้าใจปัญหามากขึ้นและการวาดแผนภาพไดอะแกรมเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปัญหาได้ (Wiggins & Mctighe, 2005: 43)

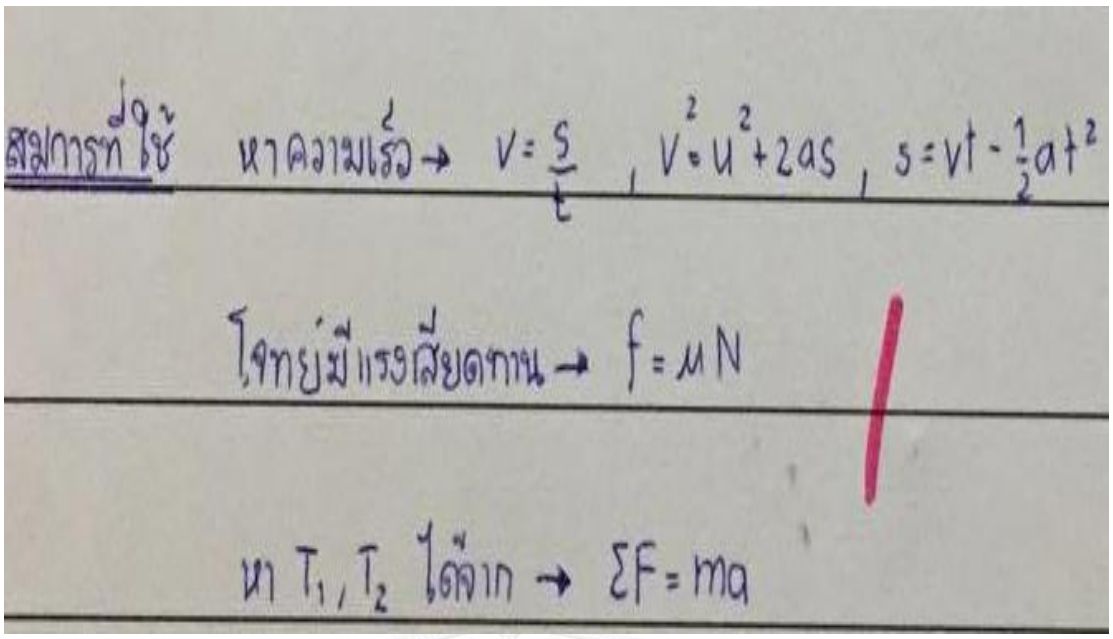
(3) การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์

การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์เป็นองค์ประกอบที่ต้องการวัดว่า นักเรียนมีการเชื่อมโยงตัวแปรแต่ละตัวที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า เชื่อมโยงแนวคิด หลักการทางฟิสิกส์รวมถึงแผนภาพไดอะแกรมทางฟิสิกส์ เพื่อนำไปสู่การกำหนดสมการทางฟิสิกส์และขั้นตอนในการวางแผนแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมหรือไม่ การให้คะแนนในองค์ประกอบนี้จะมีความต่อเนื่องกับการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย เนื่องจากเป็นการนำแนวคิด หลักการทางฟิสิกส์ แผนภาพไดอะแกรมมาเชื่อมโยงให้สอดคล้องกับสมการทางฟิสิกส์เพื่อแก้ปัญหา ถ้านักเรียนได้คะแนนในส่วนของการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบายน้อย คะแนนในส่วนของการประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ก็จะน้อยลงเช่นเดียวกัน และจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละในการประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์เท่ากับร้อยละ 89.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 แต่นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับร้อยละ 73.25 ซึ่งผ่านเกณฑ์เล็กน้อย เนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์เชิงตรรกะมีขั้นตอนการสอนที่พัฒนาการเชื่อมโยงตัวแปรเชื่อมโยงแนวคิด หลักการทางฟิสิกส์ ไปสู่การเลือกสมการทางฟิสิกส์และกำหนดวางแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนคือ ขั้นตอนการวางแผนแก้ปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนภายในกลุ่มได้มีการนำความรู้ แนวคิด มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อนำไปเชื่อมโยงกับสมการทางฟิสิกส์ โดยมีการหาความสัมพันธ์จากตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบก่อนว่า มีตัวแปรใดเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบบ้าง ซึ่งมีตัวแปรทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าปะปนอยู่ จากนั้นจึงให้วางแผนหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า โดยให้สังเกตความเชื่อมโยงกับแผนภาพไดอะแกรมที่สร้างขึ้น ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปจะมีการกระตุ้นด้วยคำถามจากครูผู้สอนให้นักเรียนในห้องเรียนได้มีการอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับเรื่องความสัมพันธ์ของตัวแปรกับความรู้ หลักการทางฟิสิกส์ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่จากสร้างแผนภาพไดอะแกรมและสมการที่ใช้

ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งความแตกต่างระหว่างการจัดการเรียนการสอนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในขั้นตอนนี้จะอยู่ที่กลุ่มทดลองจะมีการอภิปรายและร่วมกันสร้างแผนภาพไดอะแกรมกันภายในกลุ่ม แล้วนำมาอภิปรายร่วมกันภายในห้องเรียนร่วมกันอีกครั้ง ทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองจะได้เห็นแผนภาพไดอะแกรมที่หลากหลายและได้รับความรู้ หลักการทางฟิสิกส์มากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม การที่ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร ความรู้ หลักการและแผนภาพไดอะแกรมทางฟิสิกส์แล้วมีการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มและร่วมกับครูผู้สอน เพื่อกำหนดสมการทางฟิสิกส์และวางแผนในการแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนได้รับความรู้และขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่หลากหลายและถูกต้องเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Docktor ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ดีกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป เพราะนักเรียนได้ลงมือฝึกฝนการแก้ปัญหาด้วยตนเองเป็นกลุ่ม มีการพูดคุยอภิปรายกันเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และกระบวนการแก้ปัญหาที่ถูกต้องที่นำไปปรับใช้แก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีความซับซ้อนหรือมีเงื่อนไขมากขึ้นได้ (Docktor, 2007)



กลุ่มทดลอง



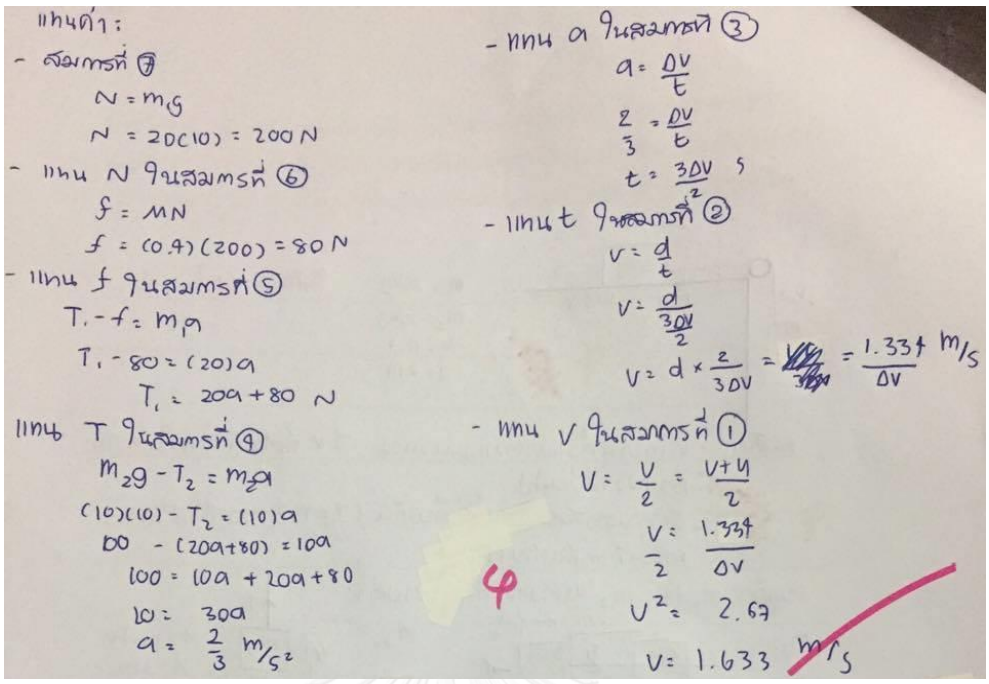
กลุ่มควบคุม

แผนภาพที่ 9 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในส่วนของการประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์

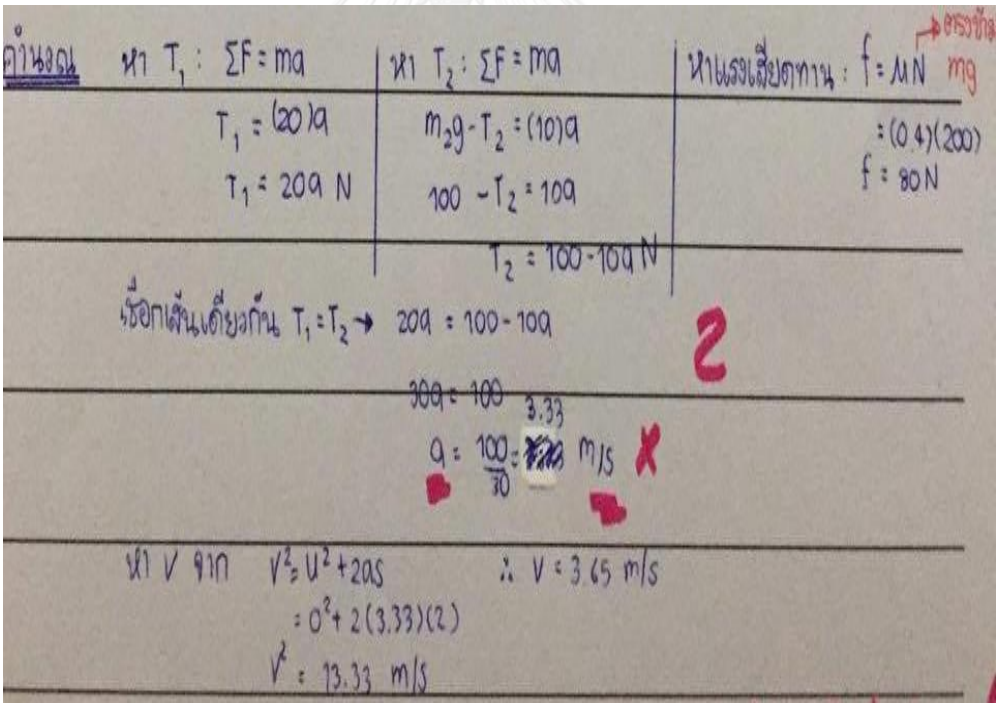
จากแผนภาพที่ 9 จะเห็นความแตกต่างระหว่างผลงานของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน นักเรียนกลุ่มทดลองจะมีการเขียนแนวคิด หลักการทางฟิสิกส์ที่มีความเชื่อมโยงเป็นแผนภาพไดอะแกรมและมีการกำหนดสมการทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากสมการทางฟิสิกส์ในการหาคำตอบของปัญหาก่อน จากนั้นจึงเป็นสมการที่ใช้หาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าทีละตัวแปร แต่นักเรียนกลุ่มควบคุมจะลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง ซึ่งจะเรียงลำดับจากสมการทางฟิสิกส์ที่สามารถแก้ได้ก่อน โดยไม่คำนึงว่า ใช่สมการทางฟิสิกส์ที่ถูกต้อง เหมาะสมหรือสอดคล้องกับสิ่งที่ปัญหาถามหรือไม่ เนื่องจากนักเรียนกลุ่มควบคุมอาจขาดความรู้ ความเข้าใจในแนวคิด หลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการเชื่อมโยงไปสู่สมการทางฟิสิกส์ในการหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า จึงทำให้คะแนนเฉลี่ยในส่วนนี้ของนักเรียนกลุ่มควบคุมจึงมีความแตกต่างกับนักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของ De Jong & Ferguson-Hessler ที่ได้ระบุสาเหตุของนักเรียนที่ไม่สามารถแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ไว้ในงานวิจัยว่า สาเหตุที่นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเนื่องจากนักเรียนไม่มีการเรียงลำดับสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน โดยตัวแปรทางฟิสิกส์ส่วนใหญ่จะเป็นตัวแปรที่ต้องใช้หลายสมการในการหา จึงต้องมีการวางแผนอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อป้องกันความสับสนในการแก้ปัญหา (De Jong & Ferguson-Hessler, 1996: 113)

(4) การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์เป็นองค์ประกอบต้องการวัดว่า นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องตามหลักการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือไม่ โดยเน้นไปที่นักเรียนสามารถแทนค่าตัวแปรได้อย่างถูกต้องและทำการแก้สมการทางฟิสิกส์ที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์ เช่น การแทนค่าตัวแปรหาแรงลัพธ์ตามสมการ $F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ นักเรียนจะต้องแทนค่าตัวแปรและคำนวณในรากที่สองให้เรียบร้อยแล้วจึงคำนวณโดยการหารากที่สองของแรงลัพธ์ เป็นต้น จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละการแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์เท่ากับร้อยละ 85.95 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 แต่กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 66.88 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละในส่วนนี้ ทั้งนี้เนื่องจาก นักเรียนกลุ่มทดลองมีการจัดลำดับ มีการวางแผนในการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเลือกใช้สมการในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด ซึ่งการที่นักเรียนมีการจัดระเบียบ มีการวางแผนในการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอน เมื่อนักเรียนแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่วางแผนไว้จะช่วยให้ลดความสับสนในการแก้ปัญหา มีทิศทางในการค้นหาคำตอบชัดเจนมากขึ้น แต่ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมจะไม่มีการวางแผนในการแก้ปัญหาอย่างขั้นตอน ไม่แสดงวิธีการแก้ปัญหาอย่างละเอียด ทำให้ในบางครั้งนักเรียนเลือกสมการทางฟิสิกส์มาใช้หาตัวแปรที่ไม่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหานั้นและเกิดความสับสนต่อการดำเนินการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้จนจบ ซึ่งสอดคล้องกับที่ Ali, Ibdullah, Surif และ Saim ได้กล่าวเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่ถูกต้องไว้ว่า การแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนจะช่วยลดความสับสนในการค้นหาคำตอบของนักเรียนและช่วยให้นักเรียนสามารถหาคำตอบได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมที่สุด (Ali, Ibdullah, Surif & Saim, 2004: 192)



กลุ่มทดลอง



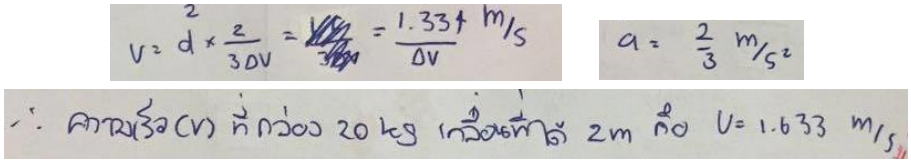
กลุ่มควบคุม

แผนภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในส่วนของการแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์

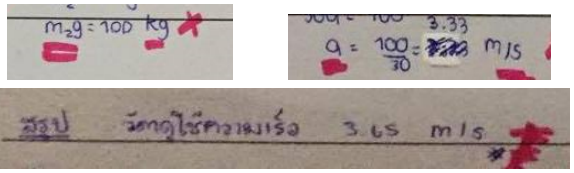
จากแผนภาพที่ 10 จะพบว่า ผลงานของนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่มีการดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ โดยเลือกที่จะแก้สมการที่ทำได้ก่อน ทำให้นักเรียนไม่สามารถที่แก้ปัญหาจนถึงคำตอบสุดท้ายได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปของกลุ่มควบคุม นักเรียนมีการเลือกสมการทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหาพร้อมกับขั้นตอนในแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนมองไม่เห็นความสำคัญของการวางแผนก่อนการแก้ปัญหาเท่าที่ควร นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากการที่นักเรียนขาดความรู้ ความเข้าใจและมโนทัศน์ที่จะนำไปสู่การเลือกสมการมาแก้ปัญหา จึงไม่สามารถนำสมการที่ถูกต้องมาวางแผนในการแก้ปัญหา ทำให้คะแนนในส่วนการแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 70 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mathan & Koedinger ที่กล่าวว่า เหตุผลที่นักเรียนเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง มาจากการที่นักเรียนขาดความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ ทำให้เลือกสมการหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ไม่ถูกต้อง เมื่อนักเรียนเลือกใช้ไม่ถูกต้องก็ไม่สามารถที่จะคำนวณเพื่อหาคำตอบได้ (Mathan & Koedinger, 2005: 257)

(5) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา

ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาเป็นองค์ประกอบที่ต้องการวัดว่า นักเรียนได้แก้ปัญหาและได้คำตอบที่มีความถูกต้อง เหมาะสมและสอดคล้องกับสิ่งที่ถามหรือไม่ โดยเฉพาะหน่วยของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาจะต้องมีความถูกต้อง จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละน้อยที่สุดทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับร้อยละ 78.88 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 เพียงเล็กน้อย แต่คะแนนเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มควบคุมเท่ากับร้อยละ 59.70 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเกณฑ์ความสมเหตุสมผลของปัญหาเป็นการวัดตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการแก้ปัญหา ในส่วนนี้เหตุผลที่กลุ่มทดลองมีคะแนนมากกว่ากลุ่มควบคุม อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีขั้นตอนในการประเมินคำตอบ ซึ่งเป็นขั้นตอนจะตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาและตรวจสอบว่า นักเรียนมีการเลือกใช้หน่วยของตัวแปรได้ถูกต้องตามหลักการใช้หน่วยของฟิสิกส์หรือไม่ ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมจะมีการตรวจสอบความถูกต้องเช่นเดียวในขั้นสรุปของการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป



กลุ่มทดลอง



กลุ่มควบคุม

แผนภาพที่ 11 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในส่วนของความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา

อีกสาเหตุที่ทำให้กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 เนื่องจากนักเรียนกลุ่มควบคุมส่วนใหญ่จะแทนค่าตัวแปรที่กำหนดให้ลงในสมการทันที โดยไม่มีการแปลงให้เป็นหน่วยฐานและหน่วยอนุพันธ์ในระบบ SI ทางฟิสิกส์ก่อน เช่น ความเร็วที่กำหนดให้เป็น 72 กิโลเมตร/ชั่วโมง ก่อนที่จะนำค่าความเร็วไปแทนลงในสมการจะต้องทำการเปลี่ยนหน่วยของความเร็วให้เป็นหน่วยฐานก่อนคือ หน่วย เมตร/วินาที ถึงนำไปแทนลงในสมการ เพื่อหาค่าต่อไปได้อย่างถูกต้อง เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า ทั้งนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความสับสนระหว่างหน่วยความเร็วและความเร่ง เนื่องจากหน่วยทั้งสองมีความคล้ายคลึงกัน นักเรียนมักจะลืมเขียนกำลังสองของเวลาในหน่วยของความเร่ง และมักจะไม่เขียนสรุปคำตอบสุดท้าย ซึ่งการเขียนสรุปคำตอบจะเป็นการที่ให้นักเรียนได้ทบทวนคำตอบเป็นครั้งสุดท้ายว่า คำตอบที่นักเรียนตอบได้ถูกต้องเหมาะสมและสอดคล้องกับสิ่งที่ถามหรือไม่ สาเหตุที่กล่าวมาข้างต้นมีความสอดคล้องกับบทความของอาจารย์ ดร. พงษ์พิชิต จันทร์นุ้ย ในวารสารฟิสิกส์ไทยฉบับที่ 30 ที่กล่าวถึงความสำคัญของหน่วยที่ใช้ในวิชาฟิสิกส์ ว่า หน่วยทางฟิสิกส์มีมากมาย โดยแบ่งได้เป็นหน่วยฐานและหน่วยอนุพันธ์ ซึ่งในการคำนวณทางฟิสิกส์ในทุก ๆ เรื่อง จำเป็นต้องให้ตัวแปรเหล่านี้อยู่ในหน่วยฐานและหน่วยอนุพันธ์เท่านั้น คำตอบที่ได้จึงจะมีความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลและมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ดังนั้นหน่วยทางฟิสิกส์เป็นสิ่งที่นักเรียนจำเป็นต้องรู้ให้ถูกต้อง เพื่อเป็นประโยชน์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ให้ดียิ่งขึ้น (พงษ์พิชิต จันทร์นุ้ย, 2556)

จากการอภิปรายผลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะช่วยพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เพราะการจัดการเรียนการสอนนี้จะให้นักเรียนได้มีการวาดภาพสถานการณ์ปัญหา สร้างแผนภาพไดอะแกรมทางฟิสิกส์ กำหนดและวางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหาและตรวจสอบคำตอบที่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะสามารถช่วยพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนได้และกลยุทธ์นี้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อนักเรียนได้รับการฝึกฝนการแก้ปัญหาสม่ำเสมอกับปัญหาในลักษณะที่หลากหลาย โดยมีการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างมีขั้นตอน เริ่มตั้งแต่ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหาและการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาจะส่งผลให้นักเรียนทราบถึงความรู้และกระบวนการในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีความซับซ้อนหรือมีลักษณะแตกต่างจากประสบการณ์เดิมของนักเรียนได้ (Pol, Harskamp, Suhre & Goedhart, 2008: 410)

2. ผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เท่ากับร้อยละ 80.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Gok และ Silay (2008) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ มีขั้นตอนที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจทางฟิสิกส์มากขึ้น เนื่องจากในระหว่างที่มีการจัดการเรียนการสอนนักเรียนทุกคนได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ ข้อเท็จจริง กฎ และหลักการในเนื้อหาทางฟิสิกส์

เรื่องนั้น ๆ การอภิปรายจะช่วยให้นักเรียนได้ทราบถึงระดับความรู้ของตนเองและแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน มีการตรวจสอบความรู้ระหว่างนักเรียนด้วยกันและระหว่างนักเรียนกับผู้สอน ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในเนื้อหาฟิสิกส์ เพื่อนำไปใช้ในแต่ละขั้นตอนของกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ดียิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่แบ่งตามองค์ประกอบด้านพุทธิพิสัยของ Klopfer ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ (1) ความจำ (2) ความเข้าใจ (3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และ (4) การนำไปใช้ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมในทุก ๆ ด้านและยังพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละที่กำหนดไว้ทั้ง 4 ด้านคือ ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ การนำไปใช้ แต่กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละในแต่ละด้านไม่ผ่านเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละที่กำหนดเลย การที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์แตกต่างกัน สามารถอภิปรายผลในแต่ละด้านได้ดังนี้

(1) ด้านความจำ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ด้านความจำเป็นด้านที่วัดว่า นักเรียนสามารถจดจำข้อเท็จจริง แนวคิด กระบวนการ หลักการและทฤษฎีทางฟิสิกส์ต่าง ๆ ได้ ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลข้อมูลจะพบว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละในด้านความจำสูงกว่าทุก ๆ ด้าน โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับร้อยละ 90.67 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก เนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะมีขั้นตอนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบายที่ทำให้นักเรียนได้ทราบถึงความรู้ กฎ ทฤษฎีหรือหลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องและมีการเน้นย้ำความรู้ด้วยการตั้งคำถามของครูผู้สอน เพื่อให้นักเรียนได้มีการจดจำพวกความหมาย นิยาม กฎหรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ ได้ดียิ่งขึ้น สำหรับนักเรียนในกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับร้อยละ 68.00 อยู่ในเกณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำคือร้อยละ 50 แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจมาจากนักเรียนมีการจดจำพวกความหมาย นิยามหรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ไม่ชัดเจน ซึ่งสังเกตได้จากเวลานักเรียนตอบคำถามภายในห้องเรียนระหว่างที่มีการจัดการเรียน

การสอน นักเรียนบางคนไม่สามารถบอกนิยามต่าง ๆ ได้ เช่น มวลและน้ำหนัก กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน เป็นต้น จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนกลุ่มควบคุมได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang & Heh ที่ผลการวิจัยมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ในส่วนของความจำมากที่สุด ได้ระบุเหตุผลไว้ว่า นักเรียนมีสามารถจดจำข้อเท็จจริง แนวคิด กระบวนการ หลักการและทฤษฎีทางฟิสิกส์ได้อย่างแม่นยำ รวมถึงข้อคำถามเป็นข้อคำถามพื้นฐานที่ควรรู้ในเรื่องนั้น ๆ ไม่มีความซับซ้อนหรือประยุกต์มาก จึงทำให้นักเรียนทำคะแนนในส่วนได้ดีที่สุด (Yang & Heh, 2007)

(2) ความเข้าใจ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ด้านความเข้าใจเป็นด้านที่วัดว่า นักเรียนสามารถอธิบายและให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อเท็จจริง กระบวนการ หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ได้ จากการวิเคราะห์ผลข้อมูลของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านความเข้าใจเท่ากับร้อยละ 83.60 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 เนื่องจากนักเรียนกลุ่มทดลองจะได้เข้ากลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ หลักการหรือมโนทัศน์ต่าง ๆ ร่วมกัน ทำให้ภายในกลุ่มจะมีความรู้มโนทัศน์มากมายเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหานั้น เมื่อนำความรู้ มโนทัศน์หรือหลักการที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันในแต่ละกลุ่มมาร่วมกันอภิปรายพร้อมกันทั้งห้องเรียนอีกครั้งกับครูผู้สอน นักเรียนจะได้รับความรู้ หลักการ มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การที่นักเรียนได้แก้ปัญหาที่มีความหลากหลายจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องนั้นชัดเจนมาขึ้น ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านความเข้าใจเท่ากับร้อยละ 44.30 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำคือร้อยละ 50 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่นักเรียนกลุ่มควบคุมมีการอภิปรายร่วมกันทั้งห้องเรียนเพียงอย่างเดียวและภายในห้องเรียนมีนักเรียนจำนวนมาก ทำให้ในบางครั้งของการอภิปรายร่วมกันนักเรียนไม่ได้ร่วมอภิปรายครบทุกคนเหมือนการอภิปรายแบบกลุ่มย่อยที่นักเรียนจะมีโอกาสในการร่วมอภิปรายมากกว่าการอภิปรายพร้อมกันทั้งห้องเรียน ด้วยสาเหตุจึงอาจเป็นเหตุผลให้นักเรียนกลุ่มควบคุมได้คะแนนในส่วนนี้ค่อนข้างน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการทำงานเป็นกลุ่มของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของ Buckley et.al ที่กล่าวว่า การทำงานเป็นกลุ่ม นักเรียนจะได้อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มย่อยประมาณ 4-5 คนและอภิปรายร่วมกันภายในห้องเรียน ซึ่งจะช่วย

ให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องนั้น ๆ มากขึ้น และข้อดีของการอภิปรายหรือการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย จะช่วยให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็นและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน นอกจากนี้นักเรียนจะได้ช่วยเหลือกันในกลุ่มให้มีความเข้าใจในเนื้อหาและแก้ไขความเข้าใจผิดเกี่ยวกับความรู้และมโนทัศน์เรื่องนั้นได้ (Buckley et.al, 2004: 23)

(3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นด้านที่วัดว่า นักเรียนสามารถสังเกต วัด มองเห็นปัญหา แปลความหมายของข้อมูล และหาวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมพบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละในด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมาก คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองเท่ากับร้อยละ 75.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะจะเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหา โดยการสร้างแผนภาพแสดงสถานการณ์ปัญหา การระบุแนวคิด หลักการ การสร้างแผนภาพไดอะแกรมทางฟิสิกส์ การวางแผนแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและการสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่กำหนด ซึ่งปัญหาที่นักเรียนได้รับจะมีความหลากหลาย แตกต่างกันไป ทำให้ได้มีการฝึกฝนการสร้างแผนภาพแสดงสถานการณ์ปัญหารวมถึงฝึกการสร้างแผนภาพไดอะแกรมที่เป็นส่วนสำคัญในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ การฝึกฝนบ่อยครั้งจะช่วยให้นักเรียนมีความแม่นยำและมีความชำนาญในการสร้างแผนภาพไดอะแกรมมากขึ้น รวมถึงการที่นักเรียนได้มีการวางแผนขั้นตอนในการแก้ปัญหาก็จะช่วยให้นักเรียนได้มีการฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในส่วนของการจัดการข้อมูลและการค้นหาวิธีการที่จะใช้ในการแก้ปัญหา ด้วยสาเหตุนี้จึงทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ยในด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับนักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 37.50 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือร้อยละ 50 มาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนในกลุ่มควบคุมมีการแก้ปัญหาไม่เป็นขั้นตอน วาดแผนภาพไดอะแกรมไม่ถูกต้อง ซึ่งสังเกตเห็นได้จากในห้องเรียน นักเรียนกลุ่มควบคุมจะวาดแผนภาพไดอะแกรมไม่ถูกต้องบ่อยครั้งและมักจะไม่นำตัวแปรที่กำหนดให้หรือตัวแปรที่ไม่ทราบค่าใส่ลงไปในแผนภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Givry & Tiberghien ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปไม่ได้มีการเน้นให้ปัญหาสร้าง

แผนภาพไดอะแกรมแต่เน้นให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ นั้นอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนไม่เห็นถึงความสำคัญของการสร้างแผนภาพไดอะแกรม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา จึงทำให้นักเรียนกลุ่มควบคุมได้คะแนนเฉลี่ยในด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์น้อยที่สุด (Givry & Tiberghien, 2012)

(4) การนำไปใช้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ด้านการนำไปใช้เป็นด้านที่วัดว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ ได้ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนเฉลี่ยในด้านการนำไปใช้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมพบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านการนำไปใช้ของนักเรียนกลุ่มทดลองเท่ากับร้อยละ 81.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละมีกำหนดไว้คือร้อยละ 70 เนื่องจากว่า ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ มีสถานการณ์ปัญหาที่มีความซับซ้อน หลากหลายรูปแบบให้นักเรียนได้ฝึกฝนแก้ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ เมื่อนักเรียนได้ฝึกฝนกับสถานการณ์ที่หลากหลายจะทำให้นักเรียนได้รับความรู้ในเรื่องนั้น ๆ มากขึ้น และนักเรียนจะมีความชำนาญในการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์กับสถานการณ์ปัญหาอื่น ๆ ที่มีความใกล้เคียงกับปัญหาที่นักเรียนเคยฝึกแก้ปัญหามาก่อน นอกจากนี้การที่ให้นักเรียนได้มีการเผชิญกับปัญหาในหลากหลายลักษณะนั้น จะเป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการเลือกใช้วิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาในลักษณะต่าง ๆ ได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านการนำไปใช้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกับนักเรียนกลุ่มทดลองอย่างมาก คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับร้อยละ 50.40 ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำคือร้อยละ 50 แต่ไม่ผ่านคะแนนเฉลี่ยร้อยละที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปเน้นให้นักเรียนได้มีการค้นคว้า สืบสอบหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ต้องอาศัยระยะเวลาที่จะให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปปรับประยุกต์ เพื่อแก้สถานการณ์ปัญหาลักษณะใหม่ ๆ ที่นักเรียนไม่มีความคุ้นเคย จึงทำให้นักเรียนกลุ่มควบคุมไม่สามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการจัดการเรียนการสอนมาประยุกต์กับสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับ Schwarz et al. ที่กล่าวว่า การจะให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนการสอน

ไปประยุกต์กับสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเป็นเรื่องยาก ไม่สามารถทำได้ในทันที จำเป็นต้องอาศัยระยะเวลาในการฝึกฝนให้มีความชำนาญและมีความสามารถที่จะนำความรู้ที่ได้ไปใช้ (Schwarz et al., 2009)

ข้อเสนอแนะ

จากการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะในวิชาฟิสิกส์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

ในการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะเพื่อเน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ครูผู้สอนควรมีการเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น ทางด้านเนื้อหาที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอน ควรเลือกเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับการเรียนการสอน ซึ่งการจัดการเรียนการสอนด้วยกลยุทธ์นี้จุดเด่นคือ ความหลากหลายของลักษณะสถานการณ์ปัญหา ผู้สอนควรที่จะคัดเลือกปัญหาที่มีความแตกต่างกันออกไปอย่างชัดเจน เช่น ในเรื่องของแรงและแรงลัพธ์ ผู้สอนต้องเลือกสถานการณ์ที่มีแรงมากระทำในลักษณะที่ต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นแรงที่มากระทำกันมากกว่า 2 แรงขึ้นไปหรือแรงที่กระทำตั้งฉากกัน เป็นต้น โดยในใบกิจกรรมจะต้องประกอบไปด้วยคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการสร้างแผนภาพและฝึกเชื่อมโยงความรู้ ประยุกต์แก้ปัญหากับสถานการณ์ใหม่ได้ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ต่ำที่สุดคือ คะแนนในเรื่องของการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของปัญหา ดังนั้น ในระหว่างที่มีการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนควรตรวจสอบนักเรียนในของความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้รวมทั้งหน่วยของตัวแปรที่ใช้ในการแก้ปัญหาตั้งแต่ขั้นตอนแรก เพื่อจะเป็นส่วนช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาได้ดียิ่งขึ้น

นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะยังมีขั้นตอนอธิบายทางฟิสิกส์ที่ครูผู้สอนควรให้นักเรียนได้มีการเข้ากลุ่ม เพื่อร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ หลักการ

ต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มย่อยจะช่วยให้นักเรียนได้อภิปรายอย่างทั่วถึงทุกคน แต่การแบ่งกลุ่มของนักเรียน ภายในกลุ่มจะต้องประกอบด้วยนักเรียนที่เรียนเก่ง ปานกลางและนักเรียนที่เรียนอ่อน เวลาในการอภิปรายภายในกลุ่มนักเรียนที่เรียนเก่งจะช่วยเหลือและอธิบายสิ่งที่ถูกต้องให้กับนักเรียนที่เรียนอ่อน เพื่อให้ทุกคนภายในกลุ่มได้มีความรู้ความเข้าใจ ในแนวคิดหรือหลักการทางฟิสิกส์ของเรื่องนั้น ๆ อย่างทั่วถึงกัน และสิ่งสำคัญที่ครูผู้สอนต้องคำนึงถึงการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนคือ ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถ เนื่องจากความสามารถของบุคคลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบุคคลได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ซึ่งต้องอาศัยระยะเวลาในการฝึกฝนให้เกิดความชำนาญ ดังนั้นในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ครูผู้สอนควรใช้ระยะเวลาให้นักเรียนได้มีการฝึกฝนและให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่มีความหลากหลาย เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ตัวอย่างเช่น การหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความเร่งในทิศทางที่วัตถุมีการเคลื่อนที่หรือทิศทางที่ตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นต้น จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง ตั้งแต่ขั้นตอนในการประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนวางแผนดำเนินการหาคำตอบอย่างเป็นระบบ โดยการกำหนดสูตรหรือสมการที่จะใช้ในการแก้ปัญหา และการแทนค่าตัวแปร เมื่อคะแนนในส่วนนี้ต่ำก็ส่งผลให้คะแนนในส่วนของการแก้ปัญหาและการตรวจสอบคำตอบต่ำลงไปด้วย ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป จึงควรศึกษาเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้นักเรียนไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นเป็นตอน ทำให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้ เพื่อนำไปสู่แนวทางในการช่วยเหลือให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาโดยเฉพาะส่วนนี้ดีขึ้น

นอกจากนี้ ควรมีการนำผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะไปพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือรูปแบบการเป็นตัวแทนความคิด เนื่องจากจากจัดการเรียนการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ มีขั้นตอนที่สำคัญใน

การสร้างแผนภาพไดอะแกรมทางฟิสิกส์คือ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการอธิบายทางฟิสิกส์ ซึ่งนักเรียนจะมีการอภิปรายร่วมกันถึงความรู้ กฎ ทฤษฎีหรือหลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา แล้วนำความรู้ กฎ ทฤษฎีหรือหลักการทางฟิสิกส์ที่ได้นั้นมาสร้างเป็นแผนภาพไดอะแกรมหรือแผนภาพที่เป็นแบบจำลองทางความคิดของฟิสิกส์ ซึ่งจะได้ออกมาในรูปแบบของภาพวาดและแบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Ali, M., Ibrahim, H. N., Abdullah, H. A., Surif, J., & Saim, N. (2014). *Physics Problem Solving : Selecting More Successful and Less Successful Problem Solver*. 2014 International Conference of Teaching Assessment and Learning (TALE).

Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology*. New York: Holt Rinehart and Winston.

Bloom, B. S. (1965). *Taxonomy of Educational Objectives Handbook 1: Cognitive Domain*. New York: David Mckay.

Buckley, B. C., et.al. (2004). *Investigaing the Role of Representations and Expressed Modeling in Building Metal Models*. Netherlands: Kluwer Academic Publischer.

Caliskan, S., Erol, M., & Selcuk, G. S. (2010). Instructional of Problem Solving Strategies: Effect on Physics Achievement and Self Efficacy Beliefs. *Journal of Baltic Science Education, 9*, 20-34.

Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1980). Cattegorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science* (Vol. 5, pp. 121-152).

De Jong, T., & Ferguson-Hessler, M. G. M. (1996). Types and Qualities of Knowledge. *Educational Psychologist* (Vol. 31, pp. 105-113).

Ding, N., & Harskamp, E. (2007). Structured Collaboration Versus Individual Learning in Solving Physics Problems. *International Journal of Science Education., 28*(14), 1669-1688.

Docktor, J. L. (2007). *Physic Problem Solving*. Minnesota: University of Minnesota.

Docktor, J. L., & Heller, K. J. (2009). *Development and Validation of a Physics Problem-Solving Assessment Rubric* (Vol. 4). Minnesota: University of Minnesota.

Dulles, J. F. (1998). Problem Solving. *Interpersonal Skills.* [Online]. Available from: http://www.skillsyouneed.com/ips/problem-solving.html#.[2015,19 December]

Gaigher, E., Rogan, J. M., & Braun, M. W. H. (2007). The Effect of a Structured Problem Solving Strategy on Performance in Physics Disadvantaged South Afrian Schools. *Afrian Journal of Research in Mathermatic, Science and Technology Education*.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). *Position Models in Science Education and Design and Technology Education*. Netherlands: Kluwer.

Givry, D., & Tiberghien, A. (2012). "Studying Students' learning Processes used during Physics Teaching Sequence about Gas with Networks of Ideas and Their Domain of Applicability" *International Journal of Science Education, 34*(2), 223-249.

Gok, T., & Silay, I. (2008). Effect of Problem Solving Strategies Teaching on The Problem Solving Attitudes of Cooperative Learning in Physics Education. *Journal of Theory and Practice in Education, 4*, 253-266.

Gunnar, F., & Gunter, L. (2006). Types and Qualities of Knowledge and their Relations to Proplem Solving in Physics. *International Journal of Science and Mathematics Education, 4*, 437-465.

Heller, K., & Heller, P. (2010). *Cooperative Problem Solving in Physics A User's Manual.* The National Science Foundation, University of Minnesota and U.S. Department of Education.

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*, 627-636.

Hestenes, H. (1987). Toward a Modelling Theory of Physics Instruction. *American Journal of Physics, 55*(5), 440-454.

Hollabaugh, M. (1997). *Physics Problem Solving in Cooperative Learning Groups.* University of Minnesota.

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*, 551-570.

Jennifer, L. (2002). *Physic Problem Solving*. Minnesota: University of Minnesota.

Karam, R. A. S. (2014). Framing the Structural Role of Mathematics in Physics Lectures: A Case Study on Electromagnetism. *Physics Education Research, 10*(1).

Karam, R. A. S., Pietrocola, M., & Cakmakci. (2010). Recognizing the Structural Role of Mathematics in Physical Thought. *Contemporary Science Education Research: International Perspectives, 3*, 65-67.

Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of Learning in Science *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York McGraw – Hill Book.

Krause, K. L., Bochner, S., & Duchesne, S. (2003). *Education Psychology for Learning and Teaching.* South Melbourne, Vic: Thomson Learning Australia.

Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1993). Reasoning and Problem Solving *A Handbook for Elementary School Teachers*. USA: Allyn and Bacon A Division of Simon & Schuster, Inc.

Llewellyn, D. (2015). *Teaching High school Science Through Inquiry: A Case Study Approach*. California: Corwin Press.

Mathan, S., & Koedinger, K. (2005). Fostering the Intelligent Novice: Learning from Errors with Matacognitive Tutoring. *Educational Psychologist* (Vol. 40, pp. 257-265).

Mehmet, C. A., Mehmet, A., & Bugraham, Y. (2012). Analyzing Science Activities in Force and Motion Concepts: A Design of an Immersion Unit. *International Journal of Science and Mathematics Education, 13*, 95-121.

Meltzer, D. E. (2002). Student Learning of Physics Concepts: Efficacy of verbal and written forms of Expression in Comparison to Other Representation Modes. [Online]. Available from: http://www.physicseducation.net/docs/Victoria-paper-rev.pdf.%5bFebruary. [2016, 22 December]

Muhibbin, S. (2008). Learning Achievement. *The New Economics Education.* [Online]. Available from: http://neweconomicseducation.blogspot.com/2012/02/learning-achievement.html. [2016, 3 March].

Niss, M. (2016). Obstacles Related to Structuring for Mathematization Encountered by Students when Solving Physics Problems. *International Journal of Science and Mathematics Education*.

OECD. (2016). *PISA 2015 Resuits in Focus*. Paris: OECD.

Olson, M. H., & Hergenhahn, B. R. (2013). *An Introduction to Theories of Learning*: Pearson Education, Inc.

Park, J., & Lee, L. (2004). Analysing Cognitive or Non-Cognitive Factors Involved in the Process of Physics Problem-Solving in an Everyday Context. *International Journal of Science Education, 42*, 345-352.

Phang, F. A. (2009). *The Pattern of Physics Problem-Solving from the Perspective of Metacognition*. University of Cambrige.

Podschuweita, S., Bernholta, S., & Brückmannb, M. (2016). Classroom Learning and Achievement: How the Complexity of Classroom Interaction Impacts Students' Learning. *Research in Science & Technological Education, 34*(2), 142-163.

Pol, H. (2009). *Computer-Based Instructional Support During Physics Problem Solving*. Netherlands: University of Groningen.

Pol, H., Harskamp, E. G., Suhre, C. J. M., & Goedhart, M. J. (2008). The Effect of Hints and Model Answers in a Student-Controlled Problem-Solving Program for Secondary Physics Education. *Journal of Science Education and Technology, 17*, 410-425.

Polya, G. (1980). *On Solving Mathematical Problems in High School*. Virginia National Council of Teachers of Mathematics.

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

Reif, F. (1995). *Understanding Basics Mechanics*. New York: John Wiley and Sons.

Reys, R. E., & et al. (2004). *Helping Children Learn Mathematics* (Vol. 7). New Jersey: John Wiley & Sons.

Rojas, S. (2010). On the Teaching and Learning of Physics Problem Solving. *Rev. Mex. F´ıs., 56*(1), 22-28.

Schiller, H. (2002). The Importance of Problem Solving. [Online]. Available from: http://www.evancarmichael.com/library/harvey-schiller/The-Importance-of-Problem-Solving.html. [2016, 3 March].

Schottlender, M. (2010). Don't Panic! 10 Steps to Solving (Most) Physics Problems. [Online]. Available from: http://www.smarterthanthat.com/physics/physics-dont-panic-10-steps-to-solving-most-physics-problems/. [2016, 14 November].

Schwarz, C. V., et al. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science*(46), 623-654.

Selley, N. (1999). *The Art of Contructivist Teaching in the Primary School.* London: David Futton Publishers.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Tsaparlis, G., & Angeliopoulos, V. (2000). A Model of Problem Solving: Its Operation, Validity, and Usefulness in the Case of Organic-Synthesis Problems. *Journal Science Education, 84*(2), 131-153.

Tu'u, S. (2004). Understanding Learning Achievement Definitions According to the Experts. [Online]. Available from: http://adamditroia.com/education/understanding-learning-achievement-definitions-according-to-the-experts/. [2016, 3 March].

Uhden, O., Karam, R., Pietrocola, M., & Pospiech, G. (2012). Modelling Mathematical reasoning in Physics Education. *Science & Education, 21*(4), 485-506.

Wambugu, P. W., & Changeiywo, J. M. (2007). Effects of Mastery Learning Approach on Secondary School Students' Physics Achievement *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 2008, 4*(3), 293-302.

Wiggins, G., & Mctighe, J. (2005). *Understanding By Design*. Verginia USA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Yang, K. Y., & Heh, J. S. (2007). The Impact of Internet Virtual Physics Laboratory Instruction on the Achievement in Physics, Science Process Skills and Computer Attitudes of 10th-Grade Students. *Journal of Science Technology*.

Zahoric, J. A. (1995). *Constructivist Teaching (Fastback 390).* Bloomington, Indiana: Phi Delta Kappa Educationa Foudation.

กรมวิชาการ. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). [ออนไลน์]. จุดเน้นการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน. แหล่งที่มา: http://www.moe.go.th/websm/2010/oct/364.html. [30 พฤษภาคม 2559]

โชติกา ภาษีผล ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง และกมลวรรณ ตังธนกานนท์. (2558). การวัดและประเมินผล. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงษ์พิชิต จันทร์นุ้ย. (2556). ผลการแปลงลาปลาซและการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์. วารสารฟิสิกส์ไทย, ฉบับที่ *3-4*.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545). พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2541). ทฤษฎีการสร้างความรู้กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ในสาระศึกษา *ESSENCE OF EDUCATION* "การเรียนการสอน." กรุงเทพฯ: กองทุนศาสตราจารย์ ดร. อุบล เรียงสุวรรณ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2541). “โรงเรียนพัฒนากระบวนการคิด (Thinking School)”. วารสารศึกษาศาสตร์ประจำเดือน พฤศจิกายน-ธันวาคม, *21*, 2-48.

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำวัจนัง. (2549). สอนเด็กให้คิดเป็น (Vol. 5). กรุงเทพฯ: บริษัท เมธีทิปส์ จำกัด.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). ทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม (Vol. 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). [ออนไลน์]. การพัฒนาทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหา. แหล่งที่มา: http://physics.ipst.ac.th/?p=3606. [17 กันยายน 2558]

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). [ออนไลน์]. ผลการวิจัย TIMSS 2015. แหล่งที่มา: https://drive.google.com/file/d/0BzZeMiTwrcRJTHY3NEc4cmlDRVU/view. [2 ธันวาคม 2559].

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาฟิสิกส์. (2557). [ออนไลน์]. จุดประสงค์การสอนวิชาฟิสิกส์. แหล่งที่มา: http://physics.ipst.ac.th/?page_id=2310. [22 พฤศจิกายน 2559].

สมาคมฟิสิกส์ไทย. (2551). เวลาเปลี่ยน..คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน..ช่างกระไร ใครหนอใครทำ? (ผลการเรียนฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 ในช่วงการเปลี่ยนแปลงระบบการรับเข้าศึกษามหาวิทยาลัย). วารสารฟิสิกส์ไทย ปีที่ *25* ฉบับที่ *3* ประจำเดือนกันยายน-พฤศจิกายน.

สัมพันธ์ พันธุ์พฤกษ์. (2559). [ออนไลน์]. เฉลี่ยโอเน็ตม.6 ทุกวิชาไม่ถึงครึ่ง ร.ร.มหิดลฯ ซิ่วแชมป์เฉลี่ยสูงสุดทุกวิชา. แหล่งที่มา: http://campus.sanook.com/1381037/. [30 พฤษภาคม 2559]

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6. (2559). [ออนไลน์]. ภาพรวมผลคะแนนสอบความถนัด GAT-PAT ของโรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 6. แหล่งที่มา: http://www.admissionpremium.com/news/793. [2 ตุลาคม 2559].

สำนักงานวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2552). [ออนไลน์]. แนวทางการพัฒนาการวัดและการประเมิน. แหล่งที่มา: www.academic.obec.go.th/web/doc/d/930. [2 มีนาคม 2559]

สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ. (2539). การพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษา.

สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). [ออนไลน์]. นโยบายหลักเพื่อขับเคลื่อนการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง (พ.ศ.๒๕๕๔ - ๒๕๖๑). แหล่งที่มา: http://e-library.onecapps.org/Home/Index/1?Page_No=3. [24 พฤษภาคม 2559]

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2556). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแผนการจัดการเรียนรู้

1. อาจารย์ชูชาติ แพน้อย ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎ์ ฉะเชิงเทรา
2. อาจารย์พรเจริญ พโลทัยดำเกิง อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์สุพัตรา เฉลิมเผ่า ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์) สิงหเสนี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

1. ดร.ประมวล ศิริผันแก้ว ข้าราชการบำนาญ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
2. อาจารย์ ดร.สุรวุฒิ วิจารณ์ อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์สุพัตรา เฉลิมเผ่า ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์) สิงหเสนี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรรค์ ผลโภค ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์ ดร.สุรวุฒิ วิจารณ์ อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์สุรสิงห์ นิรชร ข้าราชการบำนาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
2. แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดชุดนี้มี 13 หน้า จำนวนข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ
   คะแนนเต็ม 200 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 100 นาที

2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบอัตนัย ให้นักเรียนอ่านคำถามแล้วแสดงวิธีทำอย่างละเอียดดังนี้
   1) สร้างแผนภาพแสดงสถานการณ์ปัญหาพร้อมทั้งระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องและตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบ
   2) แสดงแนวคิดที่จะใช้แก้ปัญหาและแสดงแผนภาพเวกเตอร์อย่างละเอียด
   3) กำหนดสมการที่จะใช้หาคำตอบ
   4) แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาตามสมการที่กำหนดไว้
   5) สรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร
   *** ถ้าด้านหน้าเขียนไม่พอนักเรียนสามารถเขียนต่อด้านหลังได้ ***

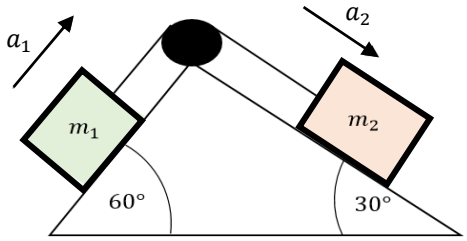
3. ให้นักเรียนส่งข้อสอบและกระดาษคำตอบเมื่อหมดเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่าง การแสดงวิธีการหาคำตอบ

กล่อง 2 ใบมวล 1.25 กิโลกรัม และ 2.5 กิโลกรัม ผูกติดกันด้วยเชือกน้ำหนักเบาที่ผ่านรอกบนพื้นเอียง โดยวางมวล 1.25 กิโลกรัมไว้กับพื้นเอียงทำมุม 60 องศาและวางมวล 2.5 กิโลกรัมไว้กับพื้นเอียงที่ทำมุม 30 องศา จงหาระยะที่กล่องเคลื่อนที่ได้หลังจากปล่อยให้เคลื่อนที่ไป 0.8 วินาที

1. สร้างแผนภาพแสดงสถานการณ์ปัญหาพร้อมทั้งระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องและตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบ



สิ่งที่รู้จากโจทย์

$m_1 = 1.25\ kg$
$m_2 = 2.5\ kg$
$\theta_1 = 60°$
$\theta_2 = 30°$

สิ่งที่โจทย์ถาม

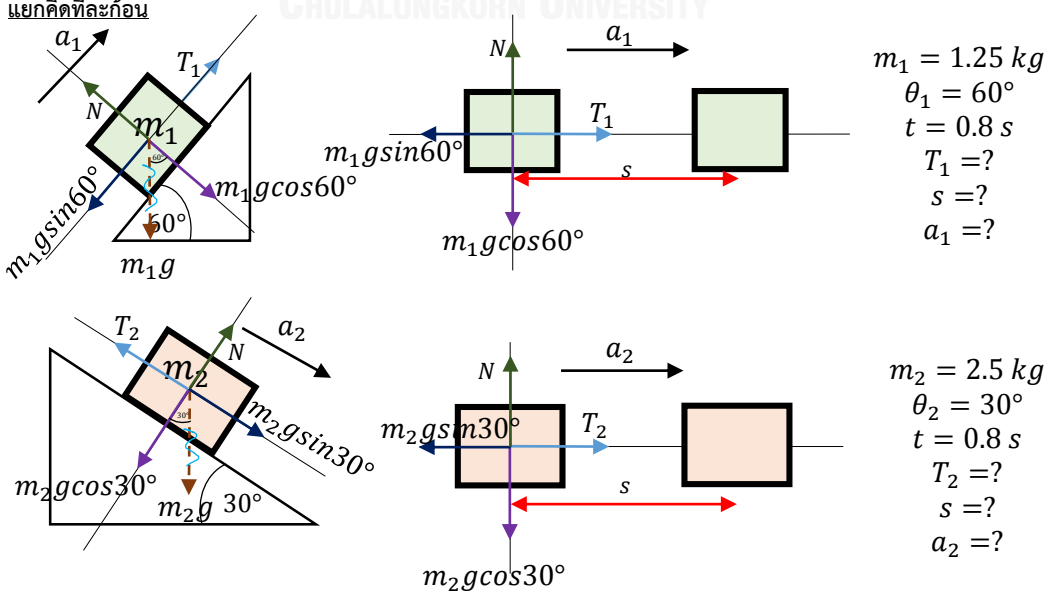
ระยะที่กล่องเคลื่อนที่ได้หลังจากปล่อยให้เคลื่อนที่ไป 0.8 วินาที (s)

2. แสดงแนวคิดที่จะใช้แก้ปัญหาและแสดงแผนภาพเวกเตอร์อย่างละเอียด

แนวคิด

1. เนื่องจากโจทย์ยังไม่ได้บอกว่าวัตถุเคลื่อนที่ไปทางใด จึงกำหนดให้วัตถุมวล 2.5 กิโลกรัมเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง (a_2) และวัตถุมวล 1.25 กิโลกรัมเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง (a_1) ซึ่ง $a_1 = a_2$
2. เมื่อวัตถุเคลื่อนที่บนพื้นเอียงที่มีมุมเกิดขึ้น ต้องแตกแรงเข้าระนาบ xy เพื่อให้ง่ายต่อการรวมแรง
3. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยเชือกเส้นเดียวกัน ($T_1 = T_2$) จะมีแรงตึงเชือกเท่ากัน

แยกคิดทีละก้อน



$m_1 = 1.25\ kg$
$\theta_1 = 60°$
$t = 0.8\ s$
$T_1 = ?$
$s = ?$
$a_1 = ?$

$m_2 = 2.5\ kg$
$\theta_2 = 30°$
$t = 0.8\ s$
$T_2 = ?$
$s = ?$
$a_2 = ?$

3. กำหนดสมการที่จะใช้หาคำตอบ

<u>สมการที่ใช้หาสิ่งที่ไม่รู้</u>

หา s จาก

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 \quad \text{..... (1)}$$

หา a จากระบบ

$$\sum F = m_{รวม}a$$

$$a = \frac{\sum F}{m_{รวม}} \quad \text{..... (2)}$$

หา $\sum F$ จากระบบ

$$\sum F = F_1 + F_2$$

$$\sum F = m_2 g sin\theta_2 - T_2 + T_1 - m_1 g sin\theta_1$$

$$\sum F = m_2 g sin\theta_2 - m_1 g sin\theta_1 \quad \text{..... (3)}$$

4. แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาตามสมการที่กำหนดไว้

<u>คำนวณ</u> (แทนจากสมการที่ 3 ไปยังสมการที่ 1)

หา $\sum F$ จากระบบ

$$\sum F = m_2 g sin\theta_2 - m_1 g sin\theta_1$$

$$\sum F = (2.5)(10)sin30 - (1.25)(10)sin60$$

$$\sum F = 25\left(\frac{1}{2}\right) - 12.5\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

$$\sum F = 12.5 - 10.3 = 1.67\ N$$

แทน $\sum F$ ในสมการที่ 2

$$a = \frac{\sum F}{m_{รวม}}$$

$$a = \frac{1.67}{1.25 + 2.5}$$

$$a = \frac{1.67}{3.75} = 0.445\ m/s^2$$

แทน $\vec{a}$ ในสมการที่ 1

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$s = 0 + \left(\frac{1}{2}\right)(0.445)(0.8^2)$$

$$s = \frac{0.2848}{2} = 0.14\ m$$

5. สรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร

∴ กล่องเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 0.14 เมตร หลังจากปล่อยให้เคลื่อนที่ไป 0.8 วินาที

ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาที่กำหนดอย่างละเอียดและชัดเจน โดยแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน (กรณีเขียนแสดงวิธีทำในหน้านี้ไม่พอ อนุญาตให้นักเรียนเขียนต่อด้านหลัง)

1. นำกล่องมวล 10 กิโลกรัมและมวล 20 กิโลกรัมผูกต่อกันด้วยเชือก แล้วนำกล่องมวล 20 กิโลกรัมไปวางไว้บนโต๊ะที่มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์พื้นผิวเท่ากับ 0.4 จากนั้นนำเชือกไปคล้องกับรอกลื่นที่ติดอยู่ปลายโต๊ะให้กล่องมวล 10 กิโลกรัมห้อยลงมา จงหาความเร็วเมื่อกล่องมวล 20 กิโลกรัมเคลื่อนที่ไป 2 เมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ในการแข่งขันฮอกกี้ มีผู้เล่น 2 คนได้ตีลูกพัคที่ 0.3 กิโลกรัมพร้อมกัน โดยผู้เล่นคนที่ 1 ได้ตีลูกด้วยแรง 5 นิวตันในทิศทางที่ลูกทำมุมกับระนาบ x เป็นมุม 60 องศา ในขณะที่ผู้เล่นคนที่ 2 ได้ตีลูกพัคด้วยแรง 8 นิวตันในทิศทางที่ลูกทำมุมกับระนาบ x เป็นมุม 30 องศาเช่นกัน จงหาความเร่งเฉลี่ยและทิศทางที่ลูกพัคจะเคลื่อนที่ไปหลังถูกตี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่องแรง มวลและกฎการเคลื่อนที่ (Docktor & Heller, 2009)

คะแนน / เกณฑ์ที่ใช้	4	3	2	1	0
แนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach)	วาดภาพสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ระบุสิ่งที่ทราบค่า ไม่ทราบค่า และสิ่งที่ถามด้วยสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	วาดภาพสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ระบุสิ่งที่ทราบค่า ไม่ทราบค่า และสิ่งที่ถามด้วยสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ได้แต่ไม่ครบถ้วน ขาด 1-2 ตัว	วาดภาพสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ระบุสิ่งที่ทราบค่า ไม่ทราบค่า และสิ่งที่ถามด้วยสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ถูกต้องเป็นบางตัวและไม่ครบถ้วน ขาดมากกว่า 3 ตัวขึ้นไป	วาดภาพสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ระบุสิ่งที่ทราบค่า ไม่ทราบค่า และสิ่งที่ถามด้วยสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์	วาดภาพสถานการณ์ไม่ถูกต้องหรือไม่วาด
การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description)	วาดแผนภาพทางฟิสิกส์ (Diagram) ได้อย่างถูกต้อง มีความเชื่อมโยงกับภาพแรก และระบุแนวคิดหลักการทาง	วาดแผนภาพทางฟิสิกส์ (Diagram) ได้อย่างถูกต้อง มีความเชื่อมโยงกับภาพแรก และระบุแนวคิดหลักการทาง	วาดแผนภาพทางฟิสิกส์ (Diagram) ได้อย่างถูกต้อง มีความเชื่อมโยงกับภาพแรก และระบุแนวคิดหลักการทาง	วาดแผนภาพทางฟิสิกส์ (Diagram) ได้อย่างถูกต้อง มีความเชื่อมโยงกับภาพแรก แต่	วาดแผนภาพทางฟิสิกส์ (Diagram) ไม่ถูกต้องหรือไม่วาด ไม่ระบุแนวคิด

คะแนน / เกณฑ์ที่ใช้	4	3	2	1	0
	ฟิสิกส์ที่จะใช้แก้ปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน	ฟิสิกส์ที่จะใช้แก้ปัญหาได้แต่ไม่ครบถ้วน ขาด 1 แนวคิด	ฟิสิกส์ที่จะใช้แก้ปัญหาได้แต่ไม่ครบถ้วน ขาดมากกว่า 2 แนวคิด	ไม่ระบุแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์ที่จะใช้แก้ปัญหา	
การประยุกต์ที่เฉพาะของฟิสิกส์ (Specific Application of Physics)	เชื่อมโยงตัวแปรแต่ละตัวและความรู้จากแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์มาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้ครบถ้วนและแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้อย่างครบถ้วนถูกต้อง	เชื่อมโยงตัวแปรแต่ละตัวและความรู้จากแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์มาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้ แต่ไม่ครบถ้วน ขาด 1 สมการ แต่แสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	เชื่อมโยงตัวแปรแต่ละตัวและความรู้จากแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์มาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้ แต่ไม่ครบถ้วน ขาดมากกว่า 2 สมการ แต่แสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	เชื่อมโยงตัวแปรแต่ละตัวและความรู้จากแนวคิดหลักการทางฟิสิกส์มาเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้ แต่ไม่ครบถ้วน ขาดมากกว่า 2 สมการ และแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง	เลือกสมการที่เชื่อมโยงไม่ถูกต้อง ไม่มีการกำหนดขั้นตอนหรือไม่ตอบ

คะแนน / เกณฑ์ที่ใช้	4	3	2	1	0
การแก้ปัญหาตามวิธีการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures)	การเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	การเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่คำนวณผิดพลาด 1 สมการ	การเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์การแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่คำนวณผิดพลาดมากกว่า 1 สมการ	การเลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม เช่น กาแก้ปัญหาที่ผิดกฎพื้นฐานทางคณิตศาสตร์	ไม่มีการคำนวณเพื่อหาคำตอบ
ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression)	คำตอบมีความถูกต้องครบถ้วน มีความสมเหตุสมผลและสอดคล้องกับปัญหา	คำตอบมีความถูกต้อง มีความสมเหตุสมผลและสอดคล้องกับปัญหา แต่ไม่ครบถ้วน	คำตอบมีความถูกต้องไม่ครบถ้วนและมีความสมเหตุสมผลและไม่สอดคล้องกับปัญหา	คำตอบไม่มีความถูกต้อง ไม่มีความสมเหตุสมผลและไม่สอดคล้องกับปัญหาและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการเขียนสรุปคำตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดชุดนี้มี 9 หน้า จำนวนข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อ
   คะแนนเต็ม 30 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 60 นาที

2. ข้อสอบทุกข้อเป็นปรนัย มี 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนอ่านข้อคำถามแล้วเลือกคำตอบข้อที่ถูกต้องที่สุด โดยกากบาท (X) ลงใน กระดาษคำตอบ

3. หากนักเรียนต้องการแก้ไขคำตอบให้ทำเครื่องหมาย (Ⓧ) แล้วกากบาท (X) ในช่องคำตอบที่ถูกต้อง

ข้อที่	ก.	ข.	ค.	ง.
1			Ⓧ	X

4. ให้นักเรียนส่งข้อสอบและกระดาษคำตอบเมื่อหมดเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

1. “วัตถุที่มีความเร็วคงที่ ”หมายความว่าอย่างไร

ก. วัตถุนั้นมีแรงกระทำที่มีขนาดคงที่ แต่ทิศทางของแรงเปลี่ยนไป

ข. วัตถุนั้นมีแรงกระทำเพิ่มขึ้นและมีทิศทางของแรงเปลี่ยนไป

ค. วัตถุนั้นมีแรงกระทำโดยแรงลัพธ์ของแรงที่กระทำมีค่าเป็นศูนย์

ง. วัตถุนั้นมีแรงกระทำที่มีขนาดและทิศทางคงที่

เรื่อง แรงและแรงลัพธ์ (ความจำ) <u>เฉลย</u> ค.

2. บุคคลใดต่อไปนี้กล่าวถึงความหมายของแรงเสียดทานได้ถูกต้อง ในกรณีที่กล่องเคลื่อนที่บนโต๊ะที่มีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

ก. พิมพ์ชนกกล่าวว่า แรงเสียดทานคือแรงที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อมวลของวัตถุ

ข. นวภัทรกล่าวว่า แรงเสียดทานคือแรงที่ส่งเสริมการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนรูปพลังงาน

ค. สุพิชชากล่าวว่า แรงเสียดทานคือแรงที่เกิดระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ มีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ง. แทนไทกล่าวว่า แรงเสียดทานคือแรงที่เกิดระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ มีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ

เรื่อง แรงเสียดทาน (ความจำ) <u>เฉลย</u> ง.

3. ข้อใดต่อไปนี้กล่าว<u>ไม่</u>ถูกต้อง

ก. มวลของวัตถุมีค่าคงตัว แต่น้ำหนักของวัตถุจะเปลี่ยนไปตามค่าแรงโน้มถ่วง

ข. กรณีแขวนวัตถุด้วยเชือก แรงตึงเชือกไม่ใช่คู่ปฏิกิริยากับน้ำหนักของวัตถุ

ค. แรงเป็นปริมาณที่พยายามทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่

ง. ถ้ามีแรงกระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุเคลื่อนที่ วัตถุจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของแรงลัพธ์เสมอ

เรื่อง แรงและแรงลัพธ์ (ความเข้าใจ) <u>เฉลย</u> ง.

4. สถานการณ์ใด ไม่สามารถอธิบายด้วยกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันได้

ก. นายเอเคลื่อนที่ถอยหลังออกเมื่อออกแรงผลักกำแพง

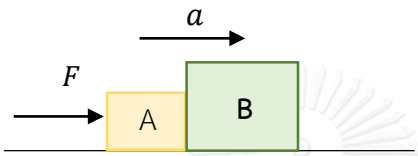
ข. นายบีกระเด็นไปข้างหน้าเมื่อถูกรถยนต์ชนด้วยความแรง

ค. นายซีเหยียบคันเร่งเพื่อแซงรถคันข้างหน้า

ง. นายเอฟแข่งขันชักเย่อกับนายจี ผลการแข่งขันคือทั้งคู่เสมอกัน

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (การนำไปใช้) เฉลย ค.

5.



มวล A และมวล B วางอยู่พื้นที่ไม่มีความฝืด ถ้ามีแรง F กระทำต่อมวล A ในแนวขนานกับพื้น ทำให้มวลทั้งสองเคลื่อนที่ติดกันไปด้วยความเร่ง a ดังรูป ข้อความใดต่อไปนี้สอดคล้องกับสถานการณ์ข้างต้น

ก. มวล A และมวล B ถูกกระทำให้เคลื่อนที่ด้วยแรงที่มีขนาดเท่ากัน

ข. แรงที่ทำให้มวล B เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง a มีขนาดเท่ากับแรง F

ค. แรงที่มวล A กระทำต่อ มวล B มีขนาดมากกว่าแรงที่มวล B กระทำต่อมวล A

ง. แรงที่มวล A กระทำต่อมวล B มีขนาดเท่ากับแรงที่มวล B กระทำต่อมวล A

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) เฉลย ง.

6. ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่าไม่เท่ากับค่าความเร่งโน้มถ่วงของดาวดวงอื่น ถ้าต้องการหาความเร่งโน้มถ่วงของดาวอื่นที่ไม่ใช่โลกจะสามารถหาได้จากกฎใด

ก. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน

ข. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน

ค. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน

ง. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน (ความเข้าใจ) เฉลย ง.

7. กล่อง 2 กล่องวางลงบนพื้นราบ กล่องที่ 1 มีมวล m_1 ซึ่งมากกว่ากล่องที่ 2 ซึ่งมีมวล m_2 เมื่อดันกล่องที่ 1 จะพบว่า เคลื่อนที่ได้ยากกว่ากล่องที่ 2 เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น (กำหนดให้กล่องทั้งสองทำมาจากวัสดุชนิดเดียวกัน)

ก. กล่องที่ 1 มีความเฉื่อยมากกว่ากล่องที่ 2

ข. กล่องที่ 2 มีความเฉื่อยมากกว่ากล่องที่ 1

ค. พื้นของกล่องที่ 1 ฝืดกว่าพื้นของกล่องที่ 2

ง. ออกแรงดันกล่องที่ 1 น้อยเกินไป

เรื่อง แรงเสียดทาน (ความเข้าใจ) <u>เฉลย</u> ก.

8. ออกแรงผลักกล่องลังให้เคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิมด้วยแรงที่แตกต่างกัน 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 3 ใช้แรงผลักกล่องลังมากที่สุด และครั้งที่ 1 ใช้แรงผลักน้อยที่สุด การเคลื่อนที่ของกล่องลังทั้ง 3 ครั้งควรเป็นอย่างไร

ก. กล่องลังเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่ากันทั้ง 3 ครั้ง เพราะเคลื่อนที่บนผิวสัมผัสเดียวกัน

ข. กล่องลังที่ใช้แรงผลักครั้งที่ 2 จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางที่มากกว่าครั้งที่ 1 และ 3

ค. กล่องลังที่ใช้แรงผลักครั้งที่ 3 จะเคลื่อนที่ไปได้ระยะทางที่ไกลที่สุด เพราะแรงผลักครั้งที่ 3 มีค่ามากที่สุด

ง. กล่องลังที่ใช้แรงผลักครั้งที่ 1 จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางมากกว่าครั้งที่ 2 แต่น้อยกว่าครั้งที่ 3

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) <u>เฉลย</u> ค.

Chulalongkorn University

9. ข้อใดสรุปเรื่องแรงกิริยา-แรงปฏิกิริยา ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน <u>ไม่</u>ถูกต้อง

ก. เป็นแรงที่กระทำที่วัตถุคนละก้อนที่เกี่ยวข้องกัน

ข. เกิดขึ้นเมื่อวัตถุหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่โดยมีความเร่งก็ได้

ค. เกิดขึ้นเมื่อวัตถุทั้งสองต้องสัมผัสกัน

ง. เป็นแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้าม

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (ความเข้าใจ) <u>เฉลย</u> ค.

10. ลิฟต์มวล 200 kg เคลื่อนที่ขึ้นและลงด้วยความเร่งที่แตกต่างกัน 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 6 เมตร/วินาที^{2}

กรณีที่ 2 เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 8 เมตร/วินาที^{2}

กรณีที่ 3 เคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง 6 เมตร/วินาที^{2}

ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. ลิฟต์ที่เคลื่อนที่ในกรณีที่ 1 จะมีแรงดึงในเชือกมากกว่ากรณีที่ 2 และ 3

ข. ลิฟต์ที่เคลื่อนที่ในกรณีที่ 2 จะมีแรงดึงในเชือกมากที่สุด

ค. ลิฟต์ที่เคลื่อนที่ในกรณีที่ 3 จะมีแรงดึงในเชือกมากกว่ากรณีที่ 2 แต่น้อยกว่ากรณีที่ 1

ง. ลิฟต์ที่เคลื่อนที่ทั้งสามกรณีมีแรงดึงในเชือกเท่ากัน

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) <u>เฉลย</u> ข.

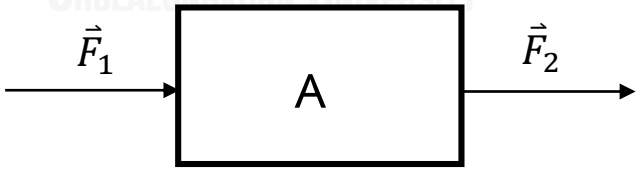
11. ในขณะที่จรวดกำลังเคลื่อนที่ไต่ระดับสูงขึ้นจากตำแหน่งที่ปล่อยบนผิวโลก ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับมวลหรือน้ำหนักของจรวด

ก. น้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้น ข. มวลมีค่าเพิ่มขึ้น

ค. น้ำหนักมีค่าลดลง ง. มวลมีค่าลดลง

เรื่อง มวลและน้ำหนัก (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) <u>เฉลย</u> ค.

12. วัตถุ A เคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา ถ้ามีขนาดของแรง $\vec{F}_1 = \vec{F}_2$ ดังรูป



วัตถุ A จะเคลื่อนที่ อย่างไร

ก. เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าเดิมในทิศทางตรงข้ามการเคลื่อนที่เดิม

ข. เคลื่อนที่โดยมีแรงลัพธ์เท่ากับ $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ ในทิศทางไปยังด้านขวา

ค. เคลื่อนที่ช้าลงและหยุดนิ่ง

ง. หยุดการเคลื่อนที่หรือหยุดนิ่ง

เรื่อง แรงและแรงลัพธ์ (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) <u>เฉลย</u> ข.

13. ในการแข่งขันลากรถยนต์เข้าเส้นชัยเป็นระยะทาง 10 เมตร โดยการใช้เชือกผูกกับตัวเอง ลักษณะของเชือกที่ผูกรถยนต์กับตัวคนที่ทำให้ใช้แรงในการลากน้อยที่สุด ควรมีลักษณะเป็นอย่างไรกับพื้นถนน

ก. มีลักษณะเอียงขึ้นทำมุมกับพื้นถนน
ข. มีลักษณะขนานกับพื้นถนน
ค. มีลักษณะตั้งฉากกับพื้นถนน
ง. มีลักษณะเอียงลงหาพื้นถนน

เรื่อง แรงและแรงลัพธ์ (การนำไปใช้) <u>เฉลย</u> ข.

14. “ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลกมีค่า 9.81 เมตร/วินาที^{2} ส่วนค่าความเร่งโน้มถ่วงของดวงจันทร์เป็น 1.62 เมตร/วินาที^{2} ถ้าอยากให้ตัวเองมีน้ำหนักลดลงให้ไปชั่งน้ำหนักบนดวงจันทร์แทน” ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด

ก. ถูกต้อง เพราะมวลจะมีค่าแปรผันตรงกับค่าความเร่งโน้มถ่วง
ข. ถูกต้อง เพราะน้ำหนักจะมีค่าแปรผันตรงกับค่าความเร่งโน้มถ่วง
ค. ไม่ถูกต้อง เพราะน้ำหนักจะไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะชั่งที่ใดก็ตาม สิ่งที่เปลี่ยนแปลงคือมวล
ง. ไม่ถูกต้อง เพราะน้ำหนักจะมีค่าแปรผกผันกับค่าความเร่งโน้มถ่วง

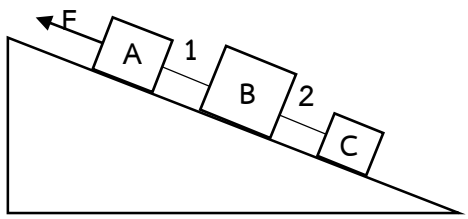
เรื่อง มวลและน้ำหนัก (ความเข้าใจ) <u>เฉลย</u> ข.

15. สมมติให้นายกรกำลังยืนอยู่บนเครื่องชั่งในลิฟต์ชั้นสูงสุดของตึก แต่จู่ ๆ สายเคเบิลขาด ทำให้ลิฟต์ร่วงตกลงมา ถามว่าในระหว่างที่ลิฟต์ร่วงตกน้ำหนักของนายกรที่อ่านได้จากเครื่องชั่งจะเป็นอย่างไร (กำหนดให้นายกรหนัก 70 กิโลกรัม)

ก. มีค่ามากกว่า 70 กิโลกรัม
ข. มีค่าน้อยกว่า 70 กิโลกรัม
ค. มีค่าเท่ากับ 70 กิโลกรัม
ง. มีค่าเท่ากับ 0 กิโลกรัม

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) <u>เฉลย</u> ง.

16.



จากรูป แรง F ดึงให้กล่องทั้งสามเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่งตามพื้นเอียง ถ้า A มีมวล 8 กิโลกรัม B มีมวล 10 กิโลกรัมและ C มีมวล 5 กิโลกรัม ข้อความใดถูกต้องที่สุด

ก. แรงเสียดทานของกล่อง B มีค่ามากที่สุด

ข. เชือกเส้นที่ 1 มีแรงตึงเชือกมากกว่าเชือกเส้นที่ 2

ค. เชือกเส้นที่ 2 มีแรงตึงเชือกมากกว่าเชือกเส้นที่ 1

ง. แรงดึง F มีค่ามากกว่าผลบวกของแรงดึงในเชือกทั้งสองทุกกรณี

เรื่อง แรงเสียดทาน (ความเข้าใจ) <u>*เฉลย*</u> *ข.*

17. การป้องกันไม่ให้คนขับรถได้รับอันตรายจากการโดนชนทางด้านท้ายรถตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันคือสิ่งใด

ก. กันชนรถด้านหน้าและหลัง ข. เข็มขัดนิรภัย

ค. ถุงลมนิรภัย ง. เบาะรองคอ

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (การนำไปใช้) <u>*เฉลย*</u> *ง.*

18. สถานการณ์ใดสามารถใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันอธิบายได้

ก. สุชาติออกแรงเข็นรถให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งค่าหนึ่ง

ข. สายป่านขับรถบนถนนราบด้วยอัตราเร็วคงตัว

ค. โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วยอัตราเร็วประมาณ 107,218 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ง. อรุณเซไปชนคนด้านหน้าเมื่อรถประจำทางเบรกกะทันหัน

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (การนำไปใช้) <u>*เฉลย*</u> *ก.*

19. แรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อยานอวกาศเมื่ออยู่บนผิวโลก มีค่าเป็นกี่เท่าของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อยานอวกาศเมื่ออยู่ที่ระดับเหนือผิวโลกเป็นระยะทางเท่ากับรัศมีโลก

ก. 2 เท่า ข. 4 เท่า

ค. 8 เท่า ง. 10 เท่า

เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) <u>*เฉลย*</u> *ข.*

20.

เด็กชายปาล์มออกแรงผลักตู้ 2 ตัวที่วางอยู่ติดกันบนพื้นราบในแนวระดับ ดังรูป แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อเด็กชายปาล์มจะมีค่าเท่ากับแรงใด

ก. แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อตู้ทั้ง 2 ตู้

ข. น้ำหนักของตู้ทั้ง 2 ตู้

ค. แรงที่ตู้ที่ 1 กระทำต่อตู้ที่ 2

ง. แรงที่เด็กชายปาล์มกระทำต่อตู้ที่ 1

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (ความเข้าใจ) <u>เฉลย</u> ง.

21. นิดาวางหนังสือเตรียมสอบวิชาฟิสิกส์ไว้ในกล่องกระดาษ A4 แล้วทำการลากกล่องกระดาษ A4 ไปเก็บที่ห้อง ปรากฏว่า ในระหว่างที่ลากกล่องกระดาษ A4 นั้น หนังสือได้ร่วงตกพื้นบ่อยครั้ง ถ้านิดาไม่ต้องการให้หนังสือร่วงตก จะต้องทำตามข้อใด

(1) ออกแรงลากกล่องกระดาษให้น้อยลงกว่าเดิม

(2) นำกระดาษทรายที่หยาบทั้งสองด้านมารองระหว่างหนังสือและกล่องกระดาษ

(3) นำของมาวางทับเพื่อเพิ่มน้ำหนักให้กับหนังสือ

ก. (1) และ (2)

ข. (2) และ (3)

ค. (1) และ (3)

ง. (1), (2) และ (3)

เรื่อง แรงเสียดทาน (การนำไปใช้) <u>เฉลย</u> ง.

22. เมื่อทดลองชั่งน้ำหนักตัวเองในลิฟต์ นักเรียนคิดว่า น้ำหนักที่ชั่งได้จากในลิฟต์ขณะที่ลิฟต์กำลังเคลื่อนที่จะเป็นอย่างไร

ก. ขณะที่ลิฟต์เคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง น้ำหนักที่ชั่งได้จะมากกว่าน้ำหนักจริง

ข. ขณะที่ลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง น้ำหนักที่ชั่งได้จะน้อยกว่าน้ำหนักจริง

ค. ขณะที่ลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วคงที่ น้ำหนักที่ชั่งได้จะเท่ากับน้ำหนักจริง

ง. ขณะที่ลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง น้ำหนักที่ชั่งได้จะเท่ากับน้ำหนักจริง

เรื่อง มวลและน้ำหนัก (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) <u>เฉลย</u> ค.

23. เพราะเหตุใดนักกระโดดร่มที่กระโดดลงมาจากเครื่องบิน จึงค่อย ๆ ตกลงสู่พื้นอย่างช้า ๆ

ก. มีแรงต้านในอากาศที่ปะทะกับร่ม ทำให้ความเร่งมีค่าลดลง

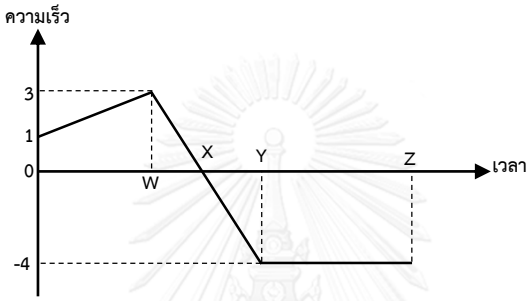
ข. ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงมีค่าลดลง

ค. เมื่ออยู่ในอากาศ น้ำหนักตัวของนักกระโดดร่มจะเบากว่าปกติ จึงทำให้ร่มตกลงช้า

ง. ร่มมีขนาดใหญ่ทำให้มีแรงต้านมาก จึงตกลงมาช้า

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (ความเข้าใจ) <u>เฉลย</u> ง.

24. ข้อใดสอดคล้องกับกราฟระหว่างความเร็วและเวลาของการเคลื่อนที่ของรถยนต์คันหนึ่งบนถนนราบได้ถูกต้องที่สุด



ก. แรงกระทำในช่วง YZ มีค่ามากกว่าแรงกระทำในช่วง WY

ข. แรงกระทำในช่วง WY มีค่ามากที่สุด

ค. แรงกระทำในช่วง 0W มีค่าน้อยที่สุด

ง. เรียงลำดับแรงกระทำในแต่ช่วงจากมากที่สุดไปยังน้อยที่สุด คือ WY>YZ>0W

เรื่อง แรงและแรงลัพธ์ (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) <u>เฉลย</u> ข.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

25. ข้อความต่อไปนี้กล่าวถึงกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

(1) ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางระหว่างศูนย์กลางมวลของมวลทั้งสองมวล

(2) ค่าความเร่งโน้มถ่วงโลก (g) ณ จุดหนึ่งจะแปรผกผันกับกำลังสองของมวลระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกไปยังจุดนั้น

(3) ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันจะแปรผันตรงกับผลคูณของมวลทั้งสองมวล และค่านิจโน้มถ่วงสากลมีค่าเท่ากับ 6.67×10^{11} Nm^2/kg^2

ข้อความใดถูกต้อง

ก. ข้อความที่ (1) และ (2)　　ข. ข้อความที่ (2) และ (3)

ค. ข้อความที่ (1) และ (3)　　ง. ข้อความที่ (1), (2) และ (3)

เรื่อง กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน (ความจำ) <u>เฉลย</u> ก.

26. ณ บริเวณหนึ่งวัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้ 10 เมตร/วินาที^{2} ถ้าทำการทดลองปล่อยวัตถุจากที่สูง 30 เมตร ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. วัตถุกระทบพื้นด้วยความเร็วเป็นศูนย์

ข. วัตถุมีความเร็วเพิ่มขึ้นวินาทีละ 10 เมตร

ค. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว 10 เมตร/วินาที

ง. วัตถุถูกแรงกระทำคงที่ 10 นิวตัน

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) <u>เฉลย</u> ข.

27. ผูกเชือกไว้กับถุงทราย แล้วทำการดึงเชือกขึ้นช้าๆ เชือกจะไม่ขาด แต่ถ้าดึงขึ้นอย่างรวดเร็ว เชือกจะขาด ข้อความใดต่อไปนี้<u>ไม่ใช่</u>เหตุผล

ก. ขณะที่ดึงเชือกขึ้นอย่างรวดเร็ว มือจะออกแรงกระทำต่อเชือกมากกว่า

ข. ขณะที่ดึงเชือกขึ้นอย่างรวดเร็ว มวลของถุงทรายจะต้านการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่มากกว่า

ค. ขณะที่ดึงเชือกขึ้นอย่างรวดเร็ว ความเร่งของถุงทรายมีค่ามากกว่า

ง. ขณะที่ดึงเชือกขึ้นอย่างรวดเร็ว แรงตึงในเส้นเชือกมีค่ามากกว่า

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (ความเข้าใจ) เฉลย ข.

28. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

(1) ชายคนหนึ่งพยายามดันวัตถุก้อนหนึ่งให้ขยับไปบนพื้นระดับ แต่วัตถุไม่ขยับ แสดงว่ามีแรงคู่ปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงกันข้าม

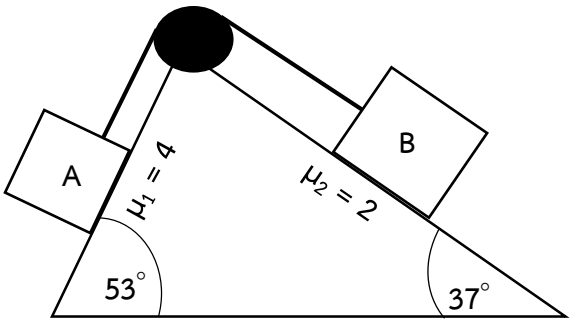
(2) เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุ จะทำให้ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนไปเสมอ

(3) วัตถุจะรักษาสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าเป็นศูนย์มากระทำ

ก. (1) และ (2)
ข. (1) และ (3)
ค. เฉพาะ (2)
ง. เฉพาะ (3)

เรื่อง แรงและแรงลัพธ์ (ความเข้าใจ) <u>เฉลย</u> ค.

29.



จากรูปที่กำหนดให้ ทิศทางของการเคลื่อนที่ของกล่อง A และ B ควรมีทิศทางเป็นอย่างไร (กำหนดให้กล่อง A หนัก 10 กิโลกรัมและกล่อง B หนัก 20 กิโลกรัม)

ก. กล่อง A เคลื่อนที่ลง ขณะที่กล่อง B เคลื่อนที่ขึ้น เพราะความเร่งที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของกล่อง A มีค่าเป็นบวกเมื่อกล่อง A เคลื่อนที่ลง

ข. กล่อง A เคลื่อนที่ขึ้น ขณะที่กล่อง B เคลื่อนที่ลง เพราะพื้นที่กล่อง B เคลื่อนที่มีแรงเสียดทานน้อยกว่าพื้นที่กล่อง A เคลื่อนที่

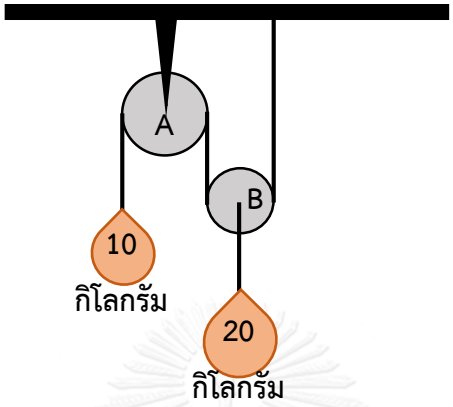
ค. กล่อง A เคลื่อนที่ลง ขณะที่กล่อง B เคลื่อนที่ขึ้น เพราะมุมพื้นเอียงของกล่อง A มีมุมมากกว่ามุมพื้นเอียงของกล่อง B

ง. ทั้งกล่อง A และ B ไม่เคลื่อนที่

เรื่อง แรงเสียดทาน (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) <u>เฉลย</u> ค.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

30. ถุงทรายมวล 10 กิโลกรัม ผูกกับเชือกเบาแล้วคล้องเชือกนั้นด้วยรอกลื่น A และ B โดยปลายอีกข้างผูกแน่นกับเพดาน รอกลื่น A ถูกตรึงแน่นเคลื่อนที่ไม่ได้ แต่รอกลื่น B เคลื่อนที่ได้อิสระ รอกลื่น B ห้อยมีถุงทรายมวล 20 กิโลกรัมห้อยอยู่ ดังรูป



ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง (ไม่คิดน้ำหนักของรอก)

ก. ถุงทราย 20 กิโลกรัมเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งเป็น 2 เท่าของถุงทราย 10 กิโลกรัม

ข. ถุงทราย 10 กิโลกรัมเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งเป็น 2 เท่าของถุงทราย 20 กิโลกรัม

ค. ถุงทราย 10 กิโลกรัมเคลื่อนที่ขึ้นเพราะหนักน้อยกว่าถุงทรายที่ห้อยกับรอกอิสระ

ง. ถุงทราย 10 และ 20 กิโลกรัมจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่หรือหยุดนิ่งได้

เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์) <u>*เฉลย*</u> *ง.*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงตรรกะ

แผนที่ 1 เรื่อง แรงและแรงลัพธ์

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 1 มัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 100 นาที นางสาวรมิตา ชื่นเปรมชีพ ผู้สอน

.....

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนเรียนจบแล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายนิยามของแรงและแรงลัพธ์ได้
2. ระบุประเภทของแรงได้
3. คำนวณหาแรงลัพธ์จากกรณีต่าง ๆ ได้
4. แก้ปัญหาจากกรณีตัวอย่างโดยการใช้หลักการของแรงและแรงลัพธ์ได้
5. วิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องจากกรณีตัวอย่างที่กำหนดให้ได้
6. สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรจากกรณีตัวอย่างได้
7. ร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล

สาระการเรียนรู้

1. ด้านความรู้

1.1 นิยามของแรง

แรง หมายถึง สิ่งที่กระทำต่อวัตถุ แล้วทำให้วัตถุพยายามเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่

Chulalongkorn University

1.2 นิยามของแรงลัพธ์

แรงลัพธ์ หมายถึง ผลรวมของแรงที่มีตั้งแต่ 2 แรงขึ้นไปที่มากระทำต่อวัตถุ

1.3 ประเภทของแรง

มี 2 ประเภทคือ

(1) แรงสัมผัส คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุได้ก็ต่อเมื่อแหล่งกำเนิดของแรงมีการสัมผัสกับวัตถุ

(2) แรงสนาม คือ คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุได้ โดยไม่จำเป็นที่แหล่งกำเนิดของแรงต้องสัมผัสกับวัตถุ

1.4 การคำนวณหาแรงลัพธ์

กรณีที่ 1 มีแรงตั้งแต่ 2 แรงขึ้นไปมากระทำต่อวัตถุในทิศทางเดียวกัน

กรณีที่ 2 มีแรงตั้งแต่ 2 แรงมากระทำต่อวัตถุในทิศทางตรงข้ามกัน

กรณีที่ 3 มีแรง 2 แรงมากระทำต่อวัตถุในทิศทางตั้งฉากกัน

$$F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

กรณีที่ 4 มีแรง 2 แรงมากระทำต่อวัตถุในทิศทางที่ไม่ตั้งฉากกัน

$$F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{(F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2)^2 + (F_1 \sin\theta_1 + F_2 \sin\theta_2)^2}$$

2. ด้านทักษะการบวนการ

2.1 ทักษะการคำนวณ

2.2 ทักษะการแก้ปัญหา

2.3 ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

3.1 ความรับผิดชอบ

3.2 ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem)

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยสุ่มนักเรียนออกมา 6 คน (หญิง 3 คน ชาย 3 คน) ให้แบ่งออกเป็นกลุ่มละ 3 คน แล้วใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบว่า ถ้าครูให้เพื่อน 2 กลุ่มนี้แข่งกันชักเย่อเพื่อดึงกล่องลังไปยังฝั่งของตัวเอง นักเรียนคิดว่ากล่องลังจะเคลื่อนที่ไปอย่างไรและจะเคลื่อนที่ไปยังฝั่งใด

1.2 ครูให้ตัวแทนนักเรียน 6 คนสาธิตด้วยการแข่งชักเย่อ ตรวจสอบคำตอบที่นักเรียนตอบ ด้วยคำถามดังนี้

1.2.1 ครูถามว่า ผลการสาธิตที่นักเรียนสังเกตเห็นตรงกับที่คาดคะเนไว้หรือไม่

1.2.2 จากการสาธิตกล่องลังเคลื่อนที่ไปอย่างไรและเคลื่อนที่ไปยังฝั่งใด (กล่องลังจะเคลื่อนที่ในแนวตรงและเคลื่อนที่ไปยังฝั่งที่มีการดึงกล่องลังมากกว่าอีกฝั่ง)

1.2.3 นักเรียนคิดว่าการแข่งชักเย่อน่าจะเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ในเรื่องใด (แรงและการเคลื่อนที่)

1.3 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ทำไมกล่องลังถึงสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งที่มีการดึงกล่องลังจาก 2 ฝั่ง จากนั้นให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 5 คนแล้วส่งตัวแทนมารับใบกิจกรรมเรื่องแรงและแรงลัพธ์ เพื่อหาคำตอบมาอธิบายสถานการณ์ดังกล่าว

1.4 ครูนำอภิปรายก่อนการทำกิจกรรม แล้วใช้คำถาม ดังนี้

1.4.1 กิจกรรมนี้มีจุดประสงค์อย่างไร (เพื่อศึกษาแรงและการหาแรงลัพธ์ที่ทำให้วัตถุมีการเคลื่อนที่)

1.4.2 กรณีตัวอย่างที่ศึกษามีอะไรบ้าง (การลากรถบรรทุกด้วยปาก การแข่งขันชักเย่อ กล่องของขวัญบนต้นคริสต์มาส และการเคลื่อนย้ายหีบสมบัติ)

1.4.3 มีแรงอะไรบ้างที่นักเรียนรู้จักและพบเห็นในชีวิตประจำวัน (แรงโน้มถ่วงของโลก แรงตึงเชือก แรงผลัก แรงแม่เหล็ก)

1.4.4 จากตัวอย่างแรงที่นักเรียนกล่าวมาสามารถแบ่งได้เป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง (2 ประเภท คือ แรงที่ต้องสัมผัสวัตถุและแรงที่ไม่ต้องสัมผัสวัตถุ)

1.5 ครูให้นักเรียนภายในกลุ่มช่วยกันสร้างแผนภาพตัวแทนสถานการณ์ปัญหาของกรณีตัวอย่างทั้ง 4 กรณีเพื่อให้มองเห็นกรณีตัวอย่างได้ง่ายขึ้น แล้วครูใช้คำถาม ดังนี้

1.5.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกรณีตัวอย่างทั้ง 4 กรณี คือตัวแปรใด (แรง)

1.5.2 แรงมีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างไร (แรงเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุ)

1.5.3 ถ้ามีแรงมากกว่า 1 แรงขึ้นไปมากระทำต่อวัตถุ จะสามารถหาแรงลัพธ์ได้อย่างไร (ถ้ามีทิศทางเดียวกันให้รวมกัน ถ้ามีทิศทางตรงข้ามกันให้นำมาลบกัน)

2. ขั้นอธิบายหลักการทางฟิสิกส์ (Describe the Physics)

2.1 ครูให้นักเรียนสังเกตแผนภาพที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้นทั้งหมด 4 กรณี แล้วใช้คำถาม เพื่อสร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของแรงที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1.1 ทิศทางของแรงเริ่มต้นในการเคลื่อนที่ทั้ง 4 กรณีเป็นอย่างไร (กรณีที่ 1 มีทิศทางไปทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่และทำมุมกับการเคลื่อนที่อีกหนึ่งแรง กรณีที่ 2 แรงมีทิศทางทั้งไปทางเดียวกันและทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ กรณีที่ 3 แรงมีทิศทางตั้งฉากกับพื้นและมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่และกรณีที่ 4 แรงมีทิศทางเดียวกนกับที่ออกแรงและมีการทำมุมระหว่างแรงกับพื้น)

2.1.2 ทิศทางของแรงหลังจากวัตถุมีการเคลื่อนที่แล้วมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร (มีการเปลี่ยนแปลงในกรณีที่ 2 เนื่องจากมีแรงในทิศทางตรงข้ามกันเกิดขึ้นทำให้เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ วัตถุจะเคลื่อนที่ไปยังด้านที่มีแรงมากกว่า ทำให้แรงในด้านตรงข้ามจะถูกหักล้างไป)

2.2 นักเรียนร่วมกันภายในกลุ่มช่วยกันสร้างแผนภาพทางฟิสิกส์และระบุตัวแปรทั้งหมดลงในแผนภาพทางฟิสิกส์

2.3 ครูนำอภิปรายเพื่อกำหนดสมการที่จะใช้ในการคำนวณ โดยครูจะใช้คำถาม ดังนี้

2.3.1 นักเรียนจะหาแรงลัพธ์ได้อย่างไร (หาได้จากการนำแรงทั้งหมดที่มีมารวมกันในลักษณะต่างๆ)

2.3.2 ถ้าแรง 2 แรงขึ้นไปกระทำต่อวัตถุในทิศทางเดียวกันจะหาแรงลัพธ์ได้อย่างไรและสามารถเขียนเป็นสมการได้อย่างไร (หาได้จากการนำแรงทั้งหมดมาบวกกัน เขียนสมการเป็น $F_{\text{ลัพธ์}} = F_1 + F_2 + F_3 + \ldots\ldots$)

2.3.3 ถ้าแรง 2 แรงกระทำต่อวัตถุในทิศทางตรงข้ามกันจะหาแรงลัพธ์ได้อย่างไรและสามารถเขียนเป็นสมการได้อย่างไร (หาได้จากการนำแรงทั้งหมดมาลบกัน เขียนสมการเป็น $F_{\text{ลัพธ์}} = F_1 + F_2$)

2.2.4 ถ้าแรง 2 แรงกระทำต่อวัตถุในทิศทางตั้งฉากกันจะหาแรงลัพธ์ได้อย่างไรและสามารถเขียนเป็นสมการได้อย่างไร (หาได้จากการนำแรงทั้ง 2 แรงที่ตั้งฉากกันมาหาขนาดที่มากที่สุดของแรง โดยอ้างอิงจากกฎพีทาโกรัสทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเขียนเป็นสมการเป็น $F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$)

2.2.5 ถ้าแรง 2 แรงกระทำต่อวัตถุในทิศทางที่ไม่ตั้งฉากกันจะหาแรงลัพธ์ได้อย่างไรและสามารถเขียนเป็นสมการได้อย่างไร (หาได้จากการทำให้แรงทั้ง 2 แรงตั้งฉากกัน โดยการแตกแรงให้แต่ละแรงอยู่ในระบบพิกัด xy แล้วใช้กฎพิทาโกรัสมาช่วยในการหาแรงลัพธ์ โดยเขียนสมการเป็น $F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{(F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2)^2 + (F_1 \sin\theta_1 + F_2 \sin\theta_2)^2}$)

3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution)

3.1 นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อวางแผนก่อนการคำนวณ โดยครูใช้คำถามดังนี้

3.1.1 ปริมาณใดที่นักเรียนต้องคำนวณเพื่อหาคำตอบ (แรงแต่ละแรงในกรณีที่แรงตั้งฉากและไม่ตั้งฉากกัน)

3.1.2 เมื่อได้คำตอบที่ต้องการ นักเรียนดำเนินการอย่างไร (นำแรงแต่ละแรงมารวมกันในลักษณะต่าง ๆ ดังสมการที่หาไว้)

3.2 นักเรียนตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณ

4. ขั้นดำเนินการตามแผน (Execute the Plan)

4.1 ให้นักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ในแต่ละกรณีให้ครบทั้ง 4 กรณีตัวอย่าง

4.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อสรุปบทเรียน โดยใช้คำถาม ดังนี้

4.2.1 กรณีตัวอย่างทั้ง 4 กรณี มีแรงลัพธ์เหมือนหรือต่างกันอย่างไร (ต่างกันในกรณีที่ 1 แรงลัพธ์มาจากแรง 1 แรงที่กระทำต่อวัตถุ กรณีที่ 2 แรงลัพธ์มาจากหลาย ๆ แรงที่มีทั้งทิศทางเดียวกันและทิศทางตรงข้ามกัน กรณีที่ 3 แรงลัพธ์มาจากแรง 2 แรงในแนวดิ่งและมีทิศทางตรงข้ามกัน และกรณีที่ 4 แรงลัพธ์มาจากแรง 2 แรงที่ไม่ตั้งฉากต่อกัน)

4.2.2 จากการทำกิจกรรม นักเรียนสรุปนิยามของแรงและแรงลัพธ์ได้อย่างไร (แรง หมายถึง สิ่งที่ไปกระทำต่อวัตถุ แล้วมีผลทำให้วัตถุเปลี่ยนขนาดและทิศทางการเคลื่อนที่ ส่วนแรงลัพธ์ หมายถึง ผลรวมของแรงที่มีตั้งแต่ 2 แรงขึ้นไปที่มากระทำต่อวัตถุโดยมีขนาดและทิศทางที่เหมือนหรือแตกต่างกัน)

4.3 ครูให้นักเรียนนำความรู้เรื่อง แรงและแรงลัพธ์ไปอธิบายสถานการณ์เมื่อตอนต้นคาบเรื่อง สาเหตุที่กล่องลังเคลื่อนที่ โดยใช้คำถามดังนี้

4.3.1 ทำไมกล่องลังถึงสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งที่มีการดึงกล่องลังจาก 2 ฝั่ง (เนื่องจากมีแรงมากระทำต่อกล่องลัง จึงทำให้กล่องลังมีการเคลื่อนที่ในทิศทางที่มีแรงมากระทำ)

4.3.2 ถ้าทั้ง 2 ฝั่งออกแรงในการดึงกล่องลังเท่า ๆ กัน ผลจะเป็นอย่างไร (กล่องลังจะไม่มีการเคลื่อนที่ เนื่องจากแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับศูนย์)

5. ขั้นประเมินคำตอบ (Evaluate the Answer)

5.1 ครูให้นักเรียนประเมินตนเองและกลุ่มในประเด็นต่อไปนี้

5.1.1 ความถูกต้องของคำตอบและหน่วยของตัวแปรต่าง ๆ

5.2.2 ความสมเหตุสมผลของคำตอบแล้วสรุปคำตอบที่สมบูรณ์ของปัญหา

การประเมินการเรียนรู้

1. ครูประเมินความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เรื่องแรงและแรงลัพธ์จากใบกิจกรรมที่ลงมือทำ

2. ครูประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์จากการตอบคำถามในห้องเรียนและจากการทำงานร่วมกันในกลุ่ม

สื่อการเรียนรู้

1. อุปกรณ์การสาธิต ประกอบด้วย กล่องลังผูกด้วยเชือก

2. ใบกิจกรรม เรื่อง แรงและแรงลัพธ์

Chulalongkorn University

ใบกิจกรรม เรื่อง แรงและแรงลัพธ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนเรียนจบแล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายนิยามของแรงและแรงลัพธ์ได้
2. ระบุประเภทของแรงได้
3. คำนวณหาแรงลัพธ์จากกรณีต่าง ๆ ได้
4. แก้ปัญหาจากกรณีตัวอย่างโดยการใช้หลักการของแรงและแรงลัพธ์ได้
5. วิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องจากกรณีตัวอย่างที่กำหนดให้ได้
6. สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรจากกรณีตัวอย่างได้
7. ร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล

ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. อ่านสถานการณ์จากกรณีตัวอย่างแล้ววาดแผนภาพตัวแทนสถานการณ์และวิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์

2. นำแผนภาพตัวแทนสถานการณ์มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบแผนภาพทางฟิสิกส์ในระบบพิกัด xy ในแต่ละกรณีตัวอย่าง พร้อมทั้งแสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

3. คำนวณหาแรงลัพธ์ของแต่ละกรณีตัวอย่าง

4. สรุปนิยามของแรงและแรงลัพธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรณีตัวอย่าง

<u>กรณีที่ 1</u>

ในรายการโชว์ชื่อดังของประเทศอเมริกา มีการแข่งขันโชว์ความสามารถพิเศษ โดยหนึ่งในผู้แข่งขันชื่อ ปีเตอร์ มีความสามารถพิเศษในการลากรถด้วยการใช้ปาก ทางรายการจึงให้ปีเตอร์โชว์ลากรถบรรทุก 3 ตัน ด้วยการใช้ปากคาบเชือกไว้และเชือกทำมุม 53 องศากับแนวระดับ โดยในรายการได้เชิญนักฟิสิกส์พร้อมเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดแรงให้แน่ใจว่า ปีเตอร์จะไม่เจ็บตัว ซึ่งสามารถตรวจวัดแรงที่ปีเตอร์ใช้ลากรถได้ 4000 นิวตัน จงหาแรงลัพธ์ที่ปีเตอร์ใช้ในการลากรถพร้อมทั้งพิจารณาว่าผลที่ได้มีความสัมพันธ์หรือไม่ อย่างไร

กรณีที่ 2

โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดฉะเชิงเทราได้มีการจัดแข่งขันกีฬาสีสำหรับเด็กประถมขึ้นในวันเสาร์ที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2559 โดยได้มีการจัดแข่งขันชักเย่อระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิงขึ้น เพื่อให้มีความเท่าเทียมและสูสีกัน ครูจึงให้ส่งตัวแทนเป็นนักเรียนชาย 4 คนและนักเรียนหญิง 6 คน เมื่อการแข่งขันเริ่มขึ้น นักเรียนชายทั้ง 4 คนออกแรงดึงเชือกด้วยแรง 100, 120, 150 และ 200 นิวตันตามลำดับ ส่วนนักเรียนหญิงออกแรงดึงเชือกด้วยแรง 60, 80, 100, 100, 120 และ 110 นิวตันตามลำดับ จากสถานการณ์ที่กล่าวมา จงพิจารณาว่าระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิงฝั่งใดจะเป็นผู้ชนะและชนะด้วยแรงลัพธ์เท่าไร

กรณีที่ 3

ในคืนวันที่ 25 ธันวาคม 2558 เป็นปีแรกที่เด็กหญิงยาริได้ฉลองวันคริสต์มาสกับครอบครัว ครอบครัวจึงทำการซื้อต้นคริสต์มาสขนาดความสูง 2 เมตร มาฉลองโดยทำการแขวนกล่องของขวัญเอาไว้กับต้นไม้ด้วยเชือกขนาดเล็กที่ทนต่อแรงดึงได้เพียง 20 นิวตัน เมื่อเด็กหญิงยาริเข้ามาเห็นต้นคริสต์มาสและกล่องของขวัญที่แขวนอยู่ จึงเกิดความสงสัยว่า มีอะไรอยู่ในกล่องของขวัญนั้น จึงใช้มือดึงกล่องขงขวัญที่แขวนอยู่ด้วยแรง 50 นิวตัน ทำให้กล่องของขวัญร่วงลงมา จงหาแรงลัพธ์ที่ทำให้กล่องของขวัญร่วงลงมาได้พร้อมทั้งพิจารณาว่าผลที่ได้มีความสัมพันธ์หรือไม่ อย่างไร

กรณีที่ 4

ปัจจุบันสภาพเศรษฐกิจไม่ดี จึงส่งผลให้ชาวบ้านต้องเข้าป่าเพื่อไปหาของป่าออกมาขาย ในวันหนึ่งนายปอมและนายสิงเข้าไปหาของป่าในป่าลึกเข้าไปเกือบ 1000 เมตรจากปากทาง เมื่อเดินเข้าไปสักพัก นายสิงสังเกตุเห็นหีบของหีบหนึ่งวางอยู่ใต้ต้นไม้ใหญ่ จึงชักชวนนายปอมไปดู เมื่อเปิดหีบของออกผลว่า ในนั้นบรรจุไปด้วยทองคำแท่งจำนวนมาก ด้วยความโลภนายปอมและนายสิงจึงใช้เชือก 2 เส้น ผูกเข้ากับหีบ แล้วออกแรงดึงเชือกให้หีบสมบัติเคลื่อนที่ โดยนายปอมออกแรง 800 นิวตันและนายสิงออกแรง 950 นิวตัน แต่ด้วยความสูงที่แตกต่างกันของนายปอมและนายสิงจึงทำให้เชือกที่ใช้ดึงของนายปอมทำมุมกับแนวระดับ 45 องศา ในขณะที่เชือกของนายสิงทำมุม 60 องศา จงหาแรงทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายหีบสมบัติ

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

แผนที่ 1 เรื่อง แรงและแรงลัพธ์

รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 1 มัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 100 นาที นางสาวรมิตา ชื่นเปรมชีพ ผู้สอน

.....

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนเรียนจบแล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายนิยามของแรงและแรงลัพธ์ได้
2. ระบุประเภทของแรงได้
3. คำนวณหาแรงลัพธ์จากกรณีต่าง ๆ ได้
4. แก้ปัญหาจากกรณีตัวอย่างโดยการใช้หลักการของแรงและแรงลัพธ์ได้
5. วิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องจากกรณีตัวอย่างที่กำหนดให้ได้
6. สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรจากกรณีตัวอย่างได้
7. ร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล

สาระการเรียนรู้

1. ด้านความรู้

1.1 นิยามของแรง

แรง หมายถึง สิ่งที่กระทำต่อวัตถุ แล้วทำให้วัตถุพยายามเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 นิยามของแรงลัพธ์

แรงลัพธ์ หมายถึง ผลรวมของแรงที่มีตั้งแต่ 2 แรงขึ้นไปที่มากระทำต่อวัตถุ

1.3 ประเภทของแรง

มี 2 ประเภทคือ

(1) แรงสัมผัส คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุได้ก็ต่อเมื่อแหล่งกำเนิดของแรงมีการสัมผัสกับวัตถุ

(2) แรงสนาม คือ คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุได้ โดยไม่จำเป็นที่แหล่งกำเนิดของแรงต้องสัมผัสกับวัตถุ

1.4 การคำนวณหาแรงลัพธ์

กรณีที่ 1 มีแรงตั้งแต่ 2 แรงขึ้นไปมากระทำต่อวัตถุในทิศทางเดียวกัน

กรณีที่ 2 มีแรงตั้งแต่ 2 แรงมากระทำต่อวัตถุในทิศทางตรงข้ามกัน

กรณีที่ 3 มีแรง 2 แรงมากระทำต่อวัตถุในทิศทางตั้งฉากกัน

$$F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

กรณีที่ 4 มีแรง 2 แรงมากระทำต่อวัตถุในทิศทางที่ไม่ตั้งฉากกัน

$$F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{(F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2)^2 + (F_1 \sin\theta_1 + F_2 \sin\theta_2)^2}$$

2. ด้านทักษะการบวนการ

2.1 ทักษะการคำนวณ

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

3.1 ความรับผิดชอบ

3.2 มีส่วนร่วมกับผู้อื่น

กิจกรรมการเรียนรู้

<u>ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน</u>

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการสุ่มตัวแทนนักเรียน 6 คน ออกมาแข่งชักเย่อ เพื่อแย่งกล่องลังในลักษณะที่เชือกขนานกับพื้น โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ครูถามนักเรียนว่า ถ้าเริ่มแข่ง กล่องลังจะมีลักษณะการเคลื่อนเป็นอย่างไร (เคลื่อนที่เป็นแนวตรงไปยังทิศทางที่มีการดึง)

2. ครูถามเพิ่มเติมว่า อะไรเป็นสิ่งที่ทำให้กล่องลังเคลื่อนที่และกล่องลังจะเคลื่อนที่ไปยังทิศทางใด (แรงดึงจะทำให้กล่องลังเคลื่อนที่และจะเคลื่อนที่ไปยังทิศที่มีการออกแรงมากกว่าอีกฝั่งหนึ่ง)

3. จากการสาธิตจะเห็นว่าใช้หลายคนดึงกล่องลังให้เคลื่อนที่ ครูถามว่า ดังนั้นแรงทั้งหมดที่ใช้จะเรียกว่าอะไร (แรงลัพธ์)

4. ครูตั้งข้อสงสัยว่า ถ้าแข่งชักเย่อแย่งกล่องลังในลักษณะที่เชือกไม่ขนานกับพื้น แรงลัพธ์จะแตกต่างกันหรือไม่

<u>ขั้นสอน</u>

1. ครูถามนักเรียนว่า แรงที่นักเรียนรู้จักหรือพบเห็นในชีวิตประจำวัน มีอะไรบ้าง (แรงดึงดูด แรงผลัก แรงโน้มถ่วงของโลก)

2. จากตัวอย่างแรงที่ยกมาแบ่งแรงได้ออกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง (2 ประเภท คือ แรงสัมผัสกับแรงไม่สัมผัส)

Chulalongkorn University

3. ครูถามว่า ถ้าครูออกแรงดึงกล่องไปทางซ้ายด้วยแรง 20 นิวตันและทางขวา 30 นิวตัน แรงทั้งหมดที่ครูใช้ทำให้กล่องเคลื่อนที่มีค่าเท่าใด (10 นิวตันไปทางขวา)

4. ครูถามว่าทำไมถึงเป็น 10 นิวตันไม่ใช่ 50 นิวตัน (เพราะครูออกแรงในทิศทางตรงข้ามกัน ทำให้แรงทั้งหมดที่ใช้หรือแรงลัพธ์จะต้องนำแรงทั้ง 2 แรงมาลบกัน)

5. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า จากที่ครูยกตัวอย่าง ถ้าครูออกแรงในทิศทางเดียวกัน แรงลัพธ์จะเป็น 50 นิวตัน ก็คือ การนำเอาแรงทั้ง 2 แรงมาบวกกัน

6. ครูถามต่อว่า ถ้าครูเปลี่ยนเป็นออกแรงดึง 20 นิวตันด้วยเชือกที่ทำมุม 45 องศากับแนวระดับและออกแรงดึง 30 นิวตันด้วยเชือกที่ทำมุม 30 องศากับแนวระดับ ในทิศทางเดียวกันครูจะหาแรงลัพธ์ได้อย่างไร (วาดแผนภาพและแตกแรงทั้ง 2 แรงให้เข้าสู่แกน x และแกน y ก่อนจากนั้นทำการรวมแรงที่มีทิศทางเดียวกัน)

7. ครูให้นักเรียนวาดแผนภาพลักษณะการออกแรงดึงกล่อง โดยให้แรง 20 นิวตันเป็น F_1 และแรง 30 นิวตันเป็น F_2 และแรงลัพธ์เป็น $F_{\text{ลัพธ์}}$

8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายวิธีการหาแรงลัพธ์ เมื่อเชือกไม่ขนานกับพื้น โดยมีวิธีการหา ดังนี้

8.1 แตกแรงให้อยู่ในแนวแกน x และ y โดยใช้หลักการที่ว่า มุม $\cos\theta$ ให้นำลงไปรวมกับแรงที่ขนานกับพื้น ส่วนมุม $\sin\theta$ ให้นำลงไปรวมกับแรงที่ตั้งฉากกับพื้น แล้วนำมุมคูณกับแรง

8.2 รวมแรงที่มีทิศทางเดียวกันและลบแรงเมื่อมีทิศทางตรงข้ามกัน ให้เหลือเพียงแรงเดียวเท่านั้นทั้งแกน x และแกน y

8.3 เมื่อแรงทั้ง 2 แรงตั้งฉากกันแล้ว ให้คิดตามกฎพิทาโกรัส เพื่อหาขนาดของแรงลัพธ์ดังสมการ $F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{(F_1\cos\theta_1 + F_2\cos\theta_2)^2 + (F_1\sin\theta_1 + F_2\sin\theta_2)^2}$

8.4 แทนค่าตัวเลขลงไปในสมการ เพื่อหาคำตอบ

9. จากนั้นครูให้นักเรียนฝึกหาแรงลัพธ์ในลักษณะต่าง ๆ ทั้งหมด 5 ข้อ

<u>ขั้นสรุป</u>

1. ครูนำนักเรียนอภิปรายสรุปบทเรียนในวันนี้ ดังนี้

1.1 ครูถามนักเรียนว่า นิยามของแรงและแรงลัพธ์ว่าอย่างไร (แรง หมายถึง สิ่งที่ไปกระทำต่อวัตถุ แล้วมีผลทำให้วัตถุเปลี่ยนขนาดและทิศทางการเคลื่อนที่ ส่วนแรงลัพธ์ หมายถึง ผลรวมของแรงที่มีตั้งแต่ 2 แรงขึ้นไปที่มากระทำต่อวัตถุโดยมีขนาดและทิศทางที่เหมือนหรือแตกต่างกัน)

1.2 วิธีการหาแรงลัพธ์ที่แรงไม่ขนานกับพื้น จะใช้สมการอะไรในการหาแรงลัพธ์ ($F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{(F_1 \cos\theta_1 + F_2 \cos\theta_2)^2 + (F_1 \sin\theta_1 + F_2 \sin\theta_2)^2}$)

การประเมินการเรียนรู้

1. ครูประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์จากแบบฝึกหัด 5 ข้อ

สื่อการเรียนรู้

1. อุปกรณ์การสาธิต ประกอบด้วย กล่องลังผูกด้วยเชือก
2. แบบฝึกหัดจากหนังสือฟิสิกส์เพิ่มเติม 1 จำนวน 5 ข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ในแต่ละข้อของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ลำดับข้อ	วัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
1	สามารถแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปร นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ความรู้จากกฎการเคลื่อนที่ทั้งสามข้อของนิวตันและประยุกต์ความรู้เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ได้	1	วัดได้สอดคล้อง
2	สามารถแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรและคำนวณหาขนาดและทิศทางของแรงและแรงลัพธ์ได้อย่างเป็นขั้นตอน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3	สามารถแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรและคำนวณ โดยการประยุกต์ความรู้เรื่องแรงเสียดทานควบคู่กับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
4	สามารถแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปร นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ความรู้จากกฎการเคลื่อนที่ทั้งสามข้อของนิวตันและประยุกต์ความรู้เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5	สามารถแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรและประยุกต์ความรู้จากกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
6	สามารถแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทาง	1	วัดได้สอดคล้อง

ลำดับข้อ	วัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
	ของตัวแปร นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ความรู้จากกฎการเคลื่อนที่ทั้งสามข้อของนิวตันและประยุกต์ความรู้เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ได้		
7	สามารถแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรและคำนวณ โดยการประยุกต์ความรู้เรื่องแรงเสียดทานควบคู่กับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
8	วิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรและคำนวณหาความแตกต่างระหว่างมวลและน้ำหนักได้	1	วัดได้สอดคล้อง
9	สามารถแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปร นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ความรู้จากกฎการเคลื่อนที่ทั้งสามข้อของนิวตันและประยุกต์ความรู้เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ได้	1	วัดได้สอดคล้อง
10	สามารถแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง สร้างแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปร นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ความรู้จากกฎการเคลื่อนที่ทั้งสามข้อของนิวตันและประยุกต์ความรู้เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ได้	1	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 22 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ตามลำดับข้อของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ลำดับข้อในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.59	0.45
2	0.77	0.34
3	0.74	0.36
4	0.71	0.40
5	0.49	0.46
6	0.59	0.43
7	0.74	0.36
8	0.61	0.35
9	0.69	0.38
10	0.64	0.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ในแต่ละข้อของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ลำดับข้อ	วัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
1	สามารถอธิบายความหมายของแรงและแรงลัพธ์ได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2	สามารถบอกลักษณะการเคลื่อนที่ที่มีแรงเสียดทานเข้าไปเกี่ยวข้องได้	1	วัดได้สอดคล้อง
3	สามารถอธิบายความหมายของแรงและแรงลัพธ์ได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
4	สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 1 ของนิวตันได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5	สามารถอธิบายแรงที่เกิดจากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ของนิวตันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
6	สามารถคำนวณตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันและนำความรู้ไปอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
7	สามารถบอกลักษณะการเคลื่อนที่ที่มีแรงเสียดทานเข้าไปเกี่ยวข้องได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
8	สามารถอธิบายแรงที่เกิดจากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ของนิวตันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
9	สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 3 ของนิวตันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
10	สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของลิฟต์ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 3 ของนิวตันได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
11	สามารถบอกความแตกต่างระหว่างมวลกับน้ำหนักได้	1	วัดได้สอดคล้อง
12	สามารถคำนวณหาและรวมแรงตั้งแต่ 2 แรงขึ้นไปที่มากระทำต่อวัตถุได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ลำดับข้อ	วัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
13	สามารถคำนวณหาและรวมแรงตั้งแต่ 2 แรงขึ้นไปที่มากระทำต่อวัตถุได้	1	วัดได้สอดคล้อง
14	สามารถบอกความแตกต่างระหว่างมวลกับน้ำหนักได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
15	สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของลิฟต์ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 3 ของนิวตันได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
16	สามารถบอกลักษณะการเคลื่อนที่ที่มีแรงเสียดทานเข้าไปเกี่ยวข้องได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
17	สามารถนำความรู้ที่ได้จากเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันมาอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
18	สามารถนำความรู้ที่ได้จากเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันมาอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
19	สามารถคำนวณตามกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันและนำความรู้ไปอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
20	สามารถนำความรู้ที่ได้จากเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตันมาอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
21	สามารถบอกลักษณะการเคลื่อนที่ที่มีแรงเสียดทานเข้าไปเกี่ยวข้องได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
22	สามารถนำความรู้เรื่องมวลและน้ำหนักไปใช้อธิบายได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
23	สามารถนำความรู้ที่ได้จากเรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันมาอธิบายสิ่งต่างๆในชีวิตประจำวันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
24	สามารถคำนวณหาและรวมแรงตั้งแต่ 2 แรงขึ้นไปที่มากระทำต่อวัตถุได้	1	วัดได้สอดคล้อง
25	สามารถอธิบายกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันได้	1	วัดได้สอดคล้อง

ลำดับข้อ	วัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
26	สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของลิฟต์ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 3 ของนิวตันได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
27	สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของถุงทรายตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อที่ 2 ของนิวตันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
28	สามารถอธิบายความหมายของแรงและแรงลัพธ์ได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
29	สามารถบอกลักษณะการเคลื่อนที่ที่มีแรงเสียดทานเข้าไปเกี่ยวข้องและนำไปประยุกต์กับชีวิตประจำวันได้	1	วัดได้สอดคล้อง
30	สามารถคำนวณหาและรวมแรงตั้งแต่ 2 แรงขึ้นไปที่มากระทำต่อวัตถุได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ตามลำดับข้อของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ลำดับข้อในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.55	0.50
2	0.55	0.30
3	0.55	0.70
4	0.60	0.40
5	0.70	0.40
6	0.45	0.50
7	0.40	0.20
8	0.65	0.50
9	0.60	0.20
10	0.65	0.30
11	0.45	0.50
12	0.45	0.70
13	0.70	0.20
14	0.55	0.50
15	0.60	0.80
16	0.60	0.20
17	0.40	0.20
18	0.55	0.30
19	0.60	0.60
20	0.55	0.30
21	0.50	0.60
22	0.60	0.40
23	0.55	0.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับข้อในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
24	0.45	0.30
25	0.55	0.70
26	0.55	0.50
27	0.70	0.60
28	0.75	0.50
29	0.60	0.60
30	0.55	0.70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวรมิตา ชื่นเปรมชีพ เกิดวันพุธที่ 1 เดือน เมษายน พ.ศ. 2535 ภูมิลำเนาจังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิตจากสาขาโซลิตสเตทอิเลกทรอนิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2556 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557 ด้วยการรับทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University