ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา
และมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นางสาวพัณนิดา มิ่งมิตร

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 CONCEPTUAL PROBLEM SOLVING APPROACH ON PROBLEM SOLVING ABILITY AND PHYSICS CONCEPTS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Pannida Mingmit

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	ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นางสาวพัณนิดา มิ่งมิตร
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.วรากร เฮ้งปัญญา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรรค์ ผลโภค)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ดร.วรากร เฮ้งปัญญา)

.....กรรมการ

(ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์)

พัณนิดา มิ่งมิตร : ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF CONCEPTUAL PROBLEM SOLVING APPROACH ON PROBLEM SOLVING ABILITY AND PHYSICS CONCEPTS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร.วรากร เฮ้งปัญญา, 130 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป 3) ศึกษามโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และ 4) เปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร จำนวน 101 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ 49 คน และกลุ่มควบคุมที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป 52 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ 1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่มีค่าความเที่ยง 0.877 และ 2) แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่มีค่าความเที่ยง 0.779 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 62.44 ซึ่งสูงกว่าที่กำหนดไว้คือร้อยละ 60

2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3) ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 70.12 ซึ่งสูงกว่าที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

4) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5783460727 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: CONCEPTUAL PROBLEM SOLVING APPROACH / PROBLEM SOLVING ABILITY / PHYSICS CONCEPTS

PANNIDA MINGMIT: EFFECTS OF CONCEPTUAL PROBLEM SOLVING APPROACH ON PROBLEM SOLVING ABILITY AND PHYSICS CONCEPTS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: SAIROONG SAOWSUPA, Ph.D., CO-ADVISOR: VARAGORN HENGPUNYA, Ph.D., 130 pp.

This study was a quasi-experimental research aimed to 1) study ability in problem solving of the experimental group learned through instruction using conceptual problem solving approach, 2) compare problem solving ability of students between groups learning by using conceptual problem solving approach and conventional instruction, 3) study physics concepts of the experimental group after learning physics by using conceptual problem solving approach instruction and 4) compare physics concepts between groups learning by using conceptual problem solving approach and conventional instruction. The samples were two classes of Mathayom suksa four of the large-sized school under Office of the Basic Education Commission of Thailand, Bangkok, in the first semester of academic year 2016. One class with 49 students was sampled as the experimental group and another class with 52 students was sampled as the control group. The research instruments were 1) the problem solving ability test with reliability at 0.877 and 2) the physics concepts test with reliability at 0.779. The collected data were analyzed by using arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation. The hypothesise were tested by using t-test.

The research findings were summarized as follows:

1) Percent of problem solving ability mean score of the experimental group was 62.44 higher than the criterion score set at 60 percent.

2) The experimental group’s mean scores of posttest in problem solving ability were higher than the control group’s posttest scores at .05 level of significance.

3) Percent of physics concepts mean score of the experimental group was 70.12 higher than the criterion score set at 70 percent.

4) The experimental group’s mean scores of posttest in physics concepts were higher than the control group’s posttest scores at .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

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา และอาจารย์ ดร.วรากร เฮ้งปัญญา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทั้งสองท่าน ด้วยการให้คำแนะนำและข้อคิดต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยและการทำงาน อีกทั้งยังให้การอบรม สั่งสอน ตลอดจนการให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ ผศ. ดร.อลิศรา ชูชาติ และอาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี ที่ทำให้ผู้วิจัยมีประสบการณ์ที่คุ้มค่าตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ณ สถาบันแห่งนี้ ตลอดจนได้ให้คำสอน การชี้แนะแนวทางในการศึกษาและการดำเนินชีวิต ทำให้ผู้วิจัยซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีที่ได้รับ และขอบคุณเพื่อนรหัส 57 รุ่นพี่ และรุ่นน้อง สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ในทุกความช่วยเหลือ กำลังใจและความทรงจำดี ๆ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ณ สาขาวิชาแห่งนี้

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร.ณสรรค์ ผลโภค ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร ตลอดจนอาจารย์ในหมวดวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน การดูแลที่อบอุ่นตลอดระยะเวลาที่ฝึกสอนและเก็บข้อมูล จนทำให้รู้สึกซาบซึ้งในน้ำใจที่ได้รับ และที่สำคัญขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 410 และ 411 ประจำปีการศึกษา 2559 ทุกคนที่เป็นนักเรียนที่น่ารักและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

อนึ่ง ขณะศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา ผู้วิจัยได้รับทุนในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ประจำปีการศึกษา 2557 ตลอดหลักสูตร จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย โอกาสทางการศึกษา อีกทั้งยังสนับสนุนผู้วิจัยในทุกด้าน และเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดของผู้วิจัยเสมอมา จนการวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย 1

คำถามวิจัย 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

สมมติฐานของการวิจัย 6

นิยามเชิงปฏิบัติการ 7

ขอบเขตการวิจัย 9

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ 12

ความหมายของการแก้ปัญหา 12

ประเภทของปัญหาฟิสิกส์ 13

กระบวนการแก้ปัญหาฟิสิกส์ 14

แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ 19

มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ 21

ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ความหมายของมโนทัศน์ฟิสิกส์ 22
ประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ 22
แนวทางการวัดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ 25
การเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ 28
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ 28
ความเป็นมาของการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ 32
แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ในการจัดการเรียนการสอน 37
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 39
กรอบแนวคิดงานวิจัย 42
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 43
รูปแบบการวิจัย 43
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 44
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 47
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 47
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 57
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 61
การวิเคราะห์ข้อมูล 62
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 63
ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ 63
มโนทัศน์ฟิสิกส์ 65
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 67
สรุปผลการวิจัย 67
อภิปรายผลการวิจัย 68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ 68
ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ 77
ข้อเสนอแนะ 81
รายการอ้างอิง 82
ภาคผนวก 87
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 88
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 90
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 110
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 126
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 1 การแก้ปัญหาโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ 34

ตารางที่ 2 การแก้ปัญหาโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ (ต่อ) 35

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพกับแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ 36

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพกับแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ (ต่อ) 37

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า (F) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของนักเรียน 8 ห้องเรียน 45

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรายคู่ของนักเรียน 8 ห้องเรียน 46

ตารางที่ 7 แสดงห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์กลางภาค ไม่แตกต่างกันจำนวน 16 คู่ 46

ตารางที่ 8 แสดงเนื้อหาและจำนวนข้อสอบที่ใช้ในการออกแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 48

ตารางที่ 9 แสดงระดับคะแนนของเกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหา (Docktor, 2009) 50

ตารางที่ 10 แสดงระดับคะแนนของเกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหา (ต่อ) (Docktor, 2009) 51

ตารางที่ 11 แสดงคำอธิบายของเกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหา (Docktor, 2009) 52

ตารางที่ 12 แสดงเนื้อหาและจำนวนข้อสอบที่ใช้ในการออกแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ 54

ตารางที่ 13 แสดงจำนวนคาบและสาระการเรียนรู้ ตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ 57

ตารางที่ 14 แสดงจำนวนคาบและสาระการเรียนรู้ ตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ) 58

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบแนวทางการจัดการเรียนการสอนระหว่างการเรียนการสอนโดยใช้ แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์กับการเรียนการสอนแบบทั่วไป 59

Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบแนวทางการจัดการเรียนการสอนระหว่างการเรียนการสอนโดยใช้ แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์กับการเรียนการสอนแบบทั่วไป (ต่อ)..... 60

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า (t) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป..... 63

ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า (t) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนในองค์ประกอบที่เป็นมโนทัศน์และการแก้ปัญหา ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป 64

ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของมโนทัศน์ฟิสิกส์ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป..... 65

ตารางที่ 20 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถ ในการแก้ปัญหาฟิสิกส์..... 127

ตารางที่ 21 แสดงค่าระดับความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์..... 127

ตารางที่ 22 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนเรียน 128

ตารางที่ 23 แสดงค่าระดับความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนเรียน 128

ตารางที่ 24 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียน..... 129

ตารางที่ 25 แสดงค่าระดับความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียน..... 129

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design 43

ภาพที่ 2 แสดงรูปแบบของปัญหาแบบมีโครงสร้างและขั้นตอนการแก้ปัญหา ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง 69

ภาพที่ 3 แสดงรูปแบบของปัญหาแบบมีโครงสร้างและขั้นตอนการแก้ปัญหา แบบดั้งเดิมของนักเรียนกลุ่มควบคุม 71

ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบของปัญหาแบบกึ่งโครงสร้างและขั้นตอนการแก้ปัญหา ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง 72

ภาพที่ 5 แสดงรูปแบบของปัญหาแบบกึ่งโครงสร้างและขั้นตอนการแก้ปัญหา แบบดั้งเดิมของนักเรียนกลุ่มควบคุม 74

ภาพที่ 6 แสดงคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองในนำมโนทัศน์ไปอธิบายอธิบายเหตุการณ์ ในชีวิตประจำวัน 79

ภาพที่ 7 แสดงคำตอบของนักเรียนกลุ่มควบคุมในนำมโนทัศน์ไปอธิบายอธิบายเหตุการณ์ ในชีวิตประจำวัน 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

การศึกษาวิทยาศาสตร์มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบุคคลให้มีความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ มีจิตวิทยาศาสตร์ สามารถคิดดำเนินชีวิตและปกป้องสังคมได้ โดยบุคคลที่มีการรู้วิทยาศาสตร์ เป็นบุคคลที่มีความตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี เข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติโดยอาศัยมโนทัศน์และหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญในการอธิบายปรากฏการณ์ และสามารถตัดสินใจโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิธีคิดที่อยู่บนพื้นฐานของประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์เพื่อบุคคลและสังคมด้วยความรับผิดชอบได้ (AAAS, 2013) รวมทั้งมีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า คิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ ความสามารถในการแก้ปัญหา มีทักษะในการสื่อสาร ความสามารถในการตัดสินใจ และสามารถนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิต

สำหรับการศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยนั้น การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นไปตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งมีวิสัยทัศน์เพื่อมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ โดยสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้กำหนดความมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย ด้วยความมุ่งหวังดังกล่าว จึงส่งผลให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะที่สำคัญ 5 ประการ คือ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

เมื่อพิจารณาสภาพปัญหาการศึกษาวิทยาศาสตร์จากผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ของโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) พบว่า ตั้งแต่ PISA 2000, 2003, 2006, 2009 และ 2012 นักเรียนไทยส่วนใหญ่ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 500 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานของ OECD โดยได้ 421 432 429 425 และ 444 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งจัดว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนรู้วิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มต่ำ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) เช่นเดียวกับผลการเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (O-NET) วิชาวิทยาศาสตร์ ระหว่างปีการศึกษา 2556 - 2558 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่าได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 30.48, 32.54 และ 33.40 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยดังกล่าวแม้จะสูงขึ้น แต่ยังต่ำกว่าร้อยละ 50 และถือว่าจัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เช่นเดียวกับผลการทดสอบความถนัดทางวิชาชีพและวิชาการ หรือ PAT (Professional and Academic Aptitude Test) ในส่วนของความถนัดทางด้านวิทยาศาสตร์ (PAT 2) เมื่อพิจารณาสัดส่วนของการออกข้อสอบในวิชาฟิสิกส์พบว่า เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ มีสัดส่วนการออกข้อสอบเป็นลำดับที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 8.00 รองจากเรื่องการเคลื่อนที่ 1 มิติที่คิดเป็นร้อยละ 11.20 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 และครั้งที่ 2 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 เท่ากับ 86.72 และ 104.72 คะแนนตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 300 คะแนน ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 เช่นกัน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559) ซึ่งผลการทดสอบทั้งในส่วนของ O-NET และ PAT 2 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50

เมื่อพิจารณาในสาระฟิสิกส์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจทางฟิสิกส์อย่างแท้จริง การทำข้อสอบอาศัยวิธีการท่องจำสูตรและตัวอย่างโจทย์ปัญหา ซึ่งเห็นได้จากการที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี แต่กลับมีคะแนนผลการทดสอบในระดับชาติไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และส่งผลต่อพื้นฐานความรู้ในการศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัย สอดคล้องกับข้อสรุปจากการเสวนาทางวิชาการของนักการศึกษาทางฟิสิกส์ว่า ปัญหาการเรียนการสอนฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษาส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนมีพื้นฐานทางฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถติดตามและทำความเข้าใจเนื้อหาในระดับที่มีความซับซ้อนมากขึ้นได้ (สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551) จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนไทยกำลังประสบปัญหาในด้านของความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งความสามารถในการแก้ปัญหานั้น ถือเป็นหนึ่งในสองเป้าหมายสำคัญของการเรียนฟิสิกส์ นอกเหนือจากการทำความเข้าใจมโนทัศน์ฟิสิกส์พื้นฐาน (Docktor, Strand, Mestre, & Ross, 2010) อย่างไรก็ตามปัญหาของนักเรียนในการ

เรียนรู้ในสาระฟิสิกส์ดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นกับนักเรียนไทยเท่านั้น จากรายงานปัญหาการเรียนรู้ฟิสิกส์ของนักการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากการมีระดับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา และกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ไม่เพียงพอ (Chi, Feltovich, & Glaser, 1981) และแม้ว่านักเรียนจะสามารถแก้ปัญหาในระหว่างการเรียนการสอนเบื้อต้นได้ แต่ก็พบว่านักเรียนไม่สามารถตอบคำถามเชิงคุณภาพขั้นพื้นฐานได้ (Sherin, 2006)

จากการศึกษาความหมายของการแก้ปัญหา พบว่าการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการทางสมองที่อาศัยการเชื่อมโยงความรู้ หลักการ เพื่อบรรลุเป้าหมายในสถานการณ์ต่าง ๆ กระบวนการแก้ปัญหาจะเริ่มทำงาน โดยข้อมูลในหน่วยความจำจะถูกนำมาใช้ เพื่อประเมินข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและรักษาการเข้าถึงระหว่างกระบวนการแก้ปัญหา แต่เนื่องจากการทำงานของหน่วยความจำมีความจุที่จำกัด ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า ข้อมูลในปัญหานั้นอาจเกินขีดจำกัด และไปขัดขวางความพยายามในการแก้ไขปัญหา (Sweller, 1988) ด้วยเหตุนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหามักถูกประมวลผลภายนอกหรือในหน่วยความจำระยะสั้น (เช่นเดียวกับคอมพิวเตอร์) เพื่อเพิ่มพื้นที่ว่างในหน่วยความจำสำหรับการทำงานอื่น นอกจากนี้ สำหรับทักษะบางอย่างในการแก้ปัญหาที่ได้รับการฝึกฝนจนเป็นอัตโนมัติ ก็สามารถลดการใช้พื้นที่ในหน่วยความจำได้เช่นกัน ซึ่งนอกจากจะอาศัยความจำระยะสั้นในการแก้ปัญหาแล้ว ยังต้องอาศัยการเข้าถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้อง พื้นฐานความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ที่ถูกจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำระยะยาว ซึ่งปัจจัยสำคัญในการดึงข้อมูลนี้คือรูปแบบและกลวิธีในการจัดเก็บ การที่บุคคลจะดึงข้อมูลจากหน่วยความจำนั้น ข้อมูลที่ต้องการเข้าถึงจำเป็นต้องอยู่ในหน่วยความจำเริ่มต้นและถูกจัดในลักษณะที่เหมาะสม

จากประสบการณ์ในส่วนหลักของเนื้อหา การแก้ปัญหานั้นจะช่วยในการพัฒนาโครงสร้างทางปัญญาที่เรียกว่า “Problem Schema” ที่เป็นส่วนช่วยให้รับรู้ประเภทของปัญหา (Sweller, 1988) โดยการจัดประเภทของปัญหานี้สามารถจัดได้ตามลักษณะการแก้ปัญหา บนพื้นฐานของความเหมือนและความแตกต่างของลักษณะการแก้ปัญหา โดยปัญหาที่มีลักษณะการแก้ปัญหาที่คล้ายกันจะถูกจัดเก็บในหน่วยความจำประเภทเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับ เพียเจต์ที่ได้เสนอว่าการเติบโตทางสติปัญญาเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนจัดจำแนกจำพวกทางด้านความคิด หรือโครงสร้างความรู้ ซึ่งประกอบไปด้วยมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งของและเหตุการณ์ที่มีคุณลักษณะทั่วไปหรือคุณลักษณะเฉพาะบางประการร่วมกัน เมื่อคนเรามีประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งใหม่หรือสิ่งที่เราไม่คุ้นเคย จะเกิดการเปรียบเทียบกับสิ่งที่ได้จัดจำพวกไว้แล้ว ถ้ามีลักษณะผสมกลมกลืนกัน ก็จะเพิ่มความรู้ใหม่เข้ากับโครงสร้างที่มีอยู่เดิม (Assimilation) แต่ถ้าข้อมูลใหม่นั้นไม่อยู่ในลักษณะความรู้ที่มีอยู่แล้ว ก็จะเกิดการปรับความรู้ด้วย

การสร้างโครงสร้างความรู้ขึ้นใหม่ หรือเปลี่ยนโครงสร้างความรู้เก่าด้วยความรู้ใหม่ (Accommodation) (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์, 2547; ทิศนา แขมมณี, 2557)

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการสอนที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์นั้น การเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ เป็นแนวทางหนึ่งที่ใช้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน (Docktor, Strand, Mestre, & Ross, 2015) ซึ่งแนวทางการสอนนี้ได้รับการพัฒนาโดย Docktor และคณะ นักการศึกษาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยอีลินอย สหรัฐอเมริกา โดยการพัฒนานี้มีความมุ่งหมายที่จะแก้ปัญหาการขาดความเข้าใจในมโนทัศน์พื้นฐานสำหรับแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์และการบูรณาการมโนทัศน์เข้ากับการแก้ปัญหา ซึ่งในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนนั้น นักเรียนจะได้คำตอบในเชิงปริมาณออกมา แต่ไม่ได้สนใจแนวคิดหรือวิธีการได้มาซึ่งคำตอบ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ได้ไม่มากเท่าที่ควร และจากการศึกษางานวิจัยพบว่า การทำความเข้าใจเงื่อนไขของการนำหลักการที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการแก้ปัญหา เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจสิ่งเหล่านี้ในระหว่างการเรียนการสอน

แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ เป็นแนวการสอนสำหรับการแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่มีความยืดหยุ่นสามารถปรับใช้ได้กับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ วิธีการสอนและสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อให้เหมาะกับความต้องการและความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน (Mestre, Docktor, Strand, & Ross, 2011) โดยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น ถูกดัดแปลงมาจากกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพซึ่งใช้ในระดับอุดมศึกษาจากงานวิจัยของ Leonard, Dufresne, and Mestre (1996) และพัฒนาให้เข้ากับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยรูปแบบของการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ 1) ส่วนหลักการ (Principle) เป็นส่วนของการระบุหลักการหรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 2) ส่วนของการให้เหตุผล (Justification) เป็นส่วนของการการนำหลักการ หรือมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ระบุไว้ในส่วนแรก มาใช้อธิบายวิธีการและเหตุผลในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา และ 3) ส่วนของแผนการ (Plan) เป็นส่วนของการวางแผนในการแก้ปัญหา ซึ่งในส่วนนี้จะระบุขั้นตอน วิธีการและสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น โดยในส่วนของการดำเนินการแก้ปัญหานั้น จะจัดรูปแบบการแก้ปัญหาออกเป็น 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์หนึ่งจะแสดงการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และอีกคอลัมน์หนึ่งจะแสดงสมการและขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหา

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จะเห็นว่าแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น ส่งผลให้นักเรียนสามารถเผชิญสถานการณ์ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ สามารถวิเคราะห์เชื่อมโยงมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหา นักเรียน

สามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหาที่กำหนดขึ้นด้วยตนเอง ตรวจสอบและประเมินผลลัพธ์ที่ได้ สามารถสรุปความรู้ที่เป็นหลักการ ทฤษฎีทางฟิสิกส์ และสามารถนำเสนอการแก้ปัญหาด้วยวิธีการอื่น ๆ ที่แตกต่างออกไป นำไปสู่การประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ปัญหาอื่นที่มีเงื่อนไขแตกต่างได้ การดำเนินการแก้ปัญหาด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ด้วยตนเองนั้น เริ่มต้นจากการระบุมโนทัศน์หลักที่เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา วิเคราะห์ปัญหาและเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่ระบุเพื่อนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหา วางแผนหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาและแก้ไขปัญหาตามแผนการที่กำหนดไว้ ตรวจสอบและประเมินคำตอบที่ได้หลังจากการแก้ปัญหานั้น ด้วยองค์ประกอบและขั้นตอนต่าง ๆ ของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น จะเห็นว่า นอกจากความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์แล้ว ยังส่งผลให้นักเรียนมีมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ จากในส่วนของการให้เหตุผลที่ให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปัญหา และนำหลักการ หรือมโนทัศน์ที่ระบุไว้ในส่วนแรก มาใช้อธิบายวิธีการและเหตุผลในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในกระบวนการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง อันจะพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ที่สูงขึ้น

ดังนั้นเมื่อพิจารณาความสำคัญของปัญหา และเอกสารงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์จะช่วยส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ให้มีความน่าสนใจยิ่งขึ้น ด้วยรูปแบบและวิธีการแก้ปัญหาที่แสดงให้เห็นถึงความชัดเจนและลำดับขั้นตอนต่าง ๆ ของการแก้ปัญหา ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงศึกษา ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ในเรื่องที่เรียนและเกิดการเรียนรู้ในกระบวนการการแก้ปัญหา ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้การแก้ปัญหานี้เข้ากับการแก้ปัญหาในสถานการณ์ทั่วไป เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีทักษะทางสังคม ตลอดจนการบรรลุเป้าหมายทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ต่อไป

คำถามวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ มีคำถามวิจัย ได้แก่

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียน อย่างไร และจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปหรือไม่ อย่างไร

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์จะมีมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียน อย่างไร และจะมีมโนทัศน์ฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้แก่

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

3. เพื่อศึกษามโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

4. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

สมมติฐานของการวิจัย

จากการศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายคลึงกับแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ พบว่า การเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนได้ ดังผลการวิจัยของ Leonard et al. (1996) ที่พบว่า นักศึกษากลุ่มที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ มีความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจมโนทัศน์ที่สูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้วิธีการแบบดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mualem and Eylon (2010) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงคุณภาพสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังจากการสัมภาษณ์นักเรียนในระยะเวลา 6 เดือนต่อจากนั้นพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการทำนายและอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์เพิ่มขึ้น และจากงานวิจัยของ Huffman (1997) พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้การแก้ปัญหาแบบชัดแจ้ง (Explicit Problem Solving) ซึ่งในขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบชัดแจ้งทั้ง 5 ขั้นตอน ที่ประกอบด้วยขั้นพิจารณาปัญหา อธิบายหลักการฟิสิกส์ วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และการประเมินคำตอบนั้น มีความคล้ายคลึงกับส่วนที่ 3 ซึ่ง

เป็นส่วนของแผนการแก้ปัญหาของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จึงส่งผลให้นักเรียนที่เรียนโดยใช้การแก้ปัญหาแบบชัดแจ้ง มีความมีความสามารถในการแก้ปัญหาดีกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้วิธีแก้ปัญหาตามหนังสือเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยดังกล่าว จึงได้สมมติฐานดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จะมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 60

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จะมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จะมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนร้อยละ 70

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์สูงกว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นิยามเชิงปฏิบัติการ

1. แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบสืบสอบ 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นนำ 2) ขั้นกิจกรรม และ 3) ขั้นสรุป ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา โดยผสานขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Docktor et al. (2015) ลงในขั้นกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนของการตรวจสอบมโนทัศน์ เป็นการทบทวนกฎ หลักการและมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา

ส่วนที่ 2 ส่วนของการให้เหตุผล เป็นการนำหลักการ หรือมโนทัศน์ที่ระบุไว้ในส่วนแรก มาใช้อธิบายวิธีการและเหตุผลในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

ส่วนที่ 3 ส่วนของแผนการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา และปฏิบัติการแก้ปัญหานั้น โดยในส่วนนี้ นักเรียนจะพิจารณาว่าเงื่อนไขที่ปัญหาให้มาคืออะไร สิ่งใดทราบค่าและสิ่งใดที่โจทย์ต้องการทราบ นักเรียนจะต้องวิเคราะห์ปัญหาออกมาเป็นรูปภาพหรือคำพูดของตนเอง โดยพิจารณาข้อมูลทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา จากนั้นจะเลือกใช้กฎ หลักการ

หรือสมการที่มีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในปัญหา และมโนทัศน์ที่ระบุไว้ข้างต้น และหาค่าของตัวแปรไม่ทราบค่าที่ระบุในปัญหา จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่เลือกและสรุปความรู้จากการคำตอบโดยการเชื่อมโยงคำตอบกับปัญหานั้น

โดยในส่วนของการแก้ปัญหานั้นนักเรียนจะจัดรูปแบบการแก้ปัญหาออกเป็น 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ซ้ายจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และคอลัมน์ขวาจะเป็นส่วนของสมการและขั้นตอนทางทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหาในคอลัมน์ทางซ้าย

2. การเรียนการสอนแบบทั่วไป หมายถึง การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นนำ คือ ขั้นกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิม เพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอน

2.2 ขั้นกิจกรรม คือ ขั้นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียน โดยผ่านการจัดกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การบรรยาย อภิปราย การสืบค้นข้อมูล การแก้โจทย์ปัญหาแบบดั้งเดิม เป็นต้น

2.3 ขั้นสรุป คือ ขั้นการเชื่อมโยงเนื้อหาที่ได้จากขั้นกิจกรรม ไปสู่ข้อสรุปเป็นมโนทัศน์ที่สำคัญของบทเรียน และนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาแบบมีโครงสร้างและกึ่งโครงสร้าง ตามเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของ Docktor (2009) ได้แก่ 1) ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description) 2) แนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach) 3) การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ (Specific Application of Physics) 4) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures) 5) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression) ซึ่งเกณฑ์การประเมินทั้ง 5 ข้อ สามารถจำแนกได้เป็น 2 องค์ประกอบ ดังนี้

1. มโนทัศน์ ได้แก่ ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description) และแนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach)

2. การแก้ปัญหา ได้แก่ การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ (Specific Application of Physics) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures) และความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression)

ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบวัดอัตนัย ซึ่งมีค่าคะแนนสูงสุดอยู่ที่ 250 คะแนน

4. มโนทัศน์ฟิสิกส์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับความคิดหลักของเนื้อหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ รวมถึงการนำมโนทัศน์นั้นไปอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งวัดได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยปรับตามแนวคิดของ Odom and Kelly (2001) เป็นแบบวัดปรนัย 4 ตัวเลือก ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามเพื่อแสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบของคำถามในส่วนที่ 1

5. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

3. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรจัดกระทำ ได้แก่

3.1.1 แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

3.1.2 วิธีการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

3.2.2 มโนทัศน์ฟิสิกส์

3.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

3.3.1 เนื้อหาและจำนวนมโนทัศน์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

3.3.2 ผู้สอน

3.3.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

4. เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลังสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การทำวิจัยเรื่องผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยคาดว่าจะมีประโยชน์ 4 ด้าน ได้แก่

1. ประโยชน์แก่นักเรียน เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียน

2. ประโยชน์แก่ครูผู้สอน เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ของนักเรียนในรายวิชาฟิสิกส์และรายวิชาอื่น

3. ประโยชน์แก่นักการศึกษา เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอน ที่อาศัยข้อมูลจากงานวิจัยเป็นพื้นฐานในการพัฒนาความสามารถในด้านอื่น ๆ ของนักเรียน

4. ประโยชน์แก่นักวิจัย เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวกับรูปแบบการสอนอื่น ๆ ที่ใช้ ข้อมูลจากงานวิจัยเป็นพื้นฐานในการพัฒนา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยรายละเอียดผลของการศึกษาในแต่ละหัวข้อ ได้นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์
    1.1 ความหมายของการแก้ปัญหา
    1.2 ประเภทของปัญหาฟิสิกส์
    1.3 กระบวนการแก้ปัญหาฟิสิกส์
    1.4 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์
2. มโนทัศน์วิทยาศาสตร์
    2.1 ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์
    2.2 ความหมายของมโนทัศน์ฟิสิกส์
    2.3 ประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์
    2.4 แนวทางการวัดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์
3. การเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
    3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
    3.2 ความเป็นมาของการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
    3.3 แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ในการจัดการเรียนการสอน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ ประกอบด้วย ความหมายของการแก้ปัญหา ประเภทของปัญหาฟิสิกส์ กระบวนการแก้ปัญหาฟิสิกส์ และแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ความหมายของการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า Problem Solving ซึ่งจากการศึกษาความหมายของการแก้ปัญหา สามารถแสดงได้ดังนี้

Sund and Trowbridge (1976) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยความรู้ในการพิจารณา สังเกตปรากฏการณ์และโครงสร้างของปัญหา รวมถึงต้องใช้กระบวนการคิด เพื่อให้บรรลุถึงจุดหมายที่ต้องการ

Gagne (1985) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นการสังเคราะห์หลักการและมโนทัศน์ต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างหลักการที่สูงขึ้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้สถานการณ์ที่ไม่ปกติ

Krulik and Rudnick (1988) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ว่า กระบวนการที่แต่ละบุคคลใช้ความรู้ ทักษะต่าง ๆ และความเข้าใจที่ได้เรียนรู้มาก่อนหน้า เพื่อตอบสนองความต้องการของสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย กระบวนการเริ่มโดยเผชิญกับปัญหาและเมื่อได้คำตอบที่เหมาะสมกับสถานการณ์นั้น ๆ นักเรียนต้องสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้ และประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างออกไป

P. L. Smith and Ragan (2005) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ว่า เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงหลักการ วิธีการ ความรู้เชิงมโนทัศน์ และกลยุทธ์ทางปัญญา ซึ่งได้เรียนรู้มาแล้วเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

Mayer and Wittrock (2006) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ว่า เป็นกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวกับการนำเสนอภาพความคิด การควบคุม การดำเนินการตามแผนและการกำกับตนเอง ในการเปลี่ยนผ่านข้อมูลที่กำหนดให้ในสถานการณ์ไปสู่เป้าหมาย

จากการศึกษาความหมายของการแก้ปัญหาข้างต้นสรุปได้ว่า การแก้ปัญหา คือ กระบวนที่อาศัยการเชื่อมโยงความรู้ หลักการ เพื่อการบรรลุเป้าหมายในสถานการณ์ต่าง ๆ และสำหรับการแก้ปัญหาฟิสิกส์ จากการศึกษาความหมาย สามารถแสดงได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Hollabugh (1995) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาฟิสิกส์ไว้ว่า เป็นกระบวนการที่มีขั้นตอนในการค้นหาคำตอบ

Docktor (2007) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาฟิสิกส์ไว้ว่า เป็นกระบวนการไปสู่เป้าหมาย ด้วยวิธีการที่เหมาะสม

Pol (2009) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาฟิสิกส์ไว้ว่า เป็นการปฏิบัติโดยอาศัยการประยุกต์ความรู้เพื่อวิเคราะห์และหาทางแก้ปัญหา

จากการศึกษาความหมายของการแก้ปัญหาฟิสิกส์ข้างต้นสรุปได้ว่า การแก้ปัญหาฟิสิกส์ คือ กระบวนการที่มีขั้นตอนในการค้นหาคำตอบ โดยอาศัยการประยุกต์ความรู้เพื่อวิเคราะห์และหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่เป้าหมายและค้นพบคำตอบของปัญหา

ประเภทของปัญหาฟิสิกส์

จากการศึกษาประเภทของปัญหาฟิสิกส์ นักการศึกษาฟิสิกส์ได้จำแนกประเภทของปัญหาโดยใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยประเภทของปัญหาฟิสิกส์ สามารถแสดงได้ดังนี้

Tolga and İlhan (2008) แบ่งปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้ลักษณะของความคุ้นเคยของผู้แก้ปัญหา แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาที่คุ้นเคย (Routine Problem) เป็นปัญหาที่พบทั่วไปในแบบเรียน มีความคล้ายกับปัญหาที่ผู้แก้ปัญหาเคยเจอมา มีโครงสร้างของปัญหาที่ไม่ซับซ้อน จุดมุ่งหมายของปัญหาประเภทนี้ คือ การยกตัวอย่างเพื่อแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย

2. ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย (Non-Routine Problem) เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อน แปลกใหม่สำหรับผู้แก้ปัญหา ต้องอาศัยการวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อจัดระบบ จำแนกและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยมีการปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน

Pol (2009) จำแนกประเภทของปัญหาฟิสิกส์ โดยใช้ลักษณะโครงสร้างของปัญหาแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาแบบมีโครงสร้าง (Structured Problems) เป็นปัญหาที่กำหนดข้อมูลของสถานการณ์มาให้ครบถ้วน มีเป้าหมายชัดเจน นักเรียนสามารถนำความรู้และวิธีการไปใช้แก้ปัญหาได้ทันที โดยไม่ต้องผ่านการวิเคราะห์สถานการณ์มาก จุดมุ่งหมายของปัญหาประเภทนี้ คือการฝึกฝนการแก้ปัญหาในเบื้องต้น หรือใช้ยกตัวอย่างประกอบการอธิบายกฎ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์

2. ปัญหาแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Problems) เป็นปัญหาที่กำหนดข้อมูลของสถานการณ์ไม่ครบ ต้องอาศัยการวิเคราะห์สถานการณ์ การได้มาซึ่งคำตอบสามารถทำได้หลายวิธี แต่มีคำตอบที่ถูกต้องมีเพียงคำตอบเดียว จุดมุ่งหมายของปัญหาประเภทนี้ คือการเรียนรู้การวิเคราะห์สถานการณ์ที่เป็นปัญหาและหาวิธีการแก้ปัญหาจากข้อมูลที่มีอยู่ เป็นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

3. ปัญหาแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Problems) เป็นปัญหาที่ไม่กำหนดข้อมูลให้และเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง นักเรียนเป็นผู้หาข้อมูลและแก้ปัญหาด้วยตนเอง วิธีการและคำตอบของปัญหามีความหลากหลาย จุดมุ่งหมายของปัญหาประเภทนี้ คือ การเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนเพื่อเผชิญกับปัญหาในสถานการณ์จริง

จากการศึกษาประเภทของปัญหาฟิสิกส์ข้างต้นสรุปได้ว่า ปัญหาฟิสิกส์จำแนกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ปัญหาแบบมีโครงสร้าง เป็นปัญหาที่กำหนดข้อมูลในการแก้ปัญหาอย่างครบถ้วน กระบวนการแก้ปัญหาไม่ซับซ้อน มีคำตอบเพียงคำตอบเดียว จุดมุ่งหมาย คือการฝึกฝนการแก้ปัญหาในเบื้องต้น หรือใช้ยกตัวอย่างประกอบการอธิบายกฎ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ 2) ปัญหาแบบกึ่งโครงสร้าง เป็นปัญหาที่กำหนดข้อมูลในการแก้ปัญหาไม่ครบ กระบวนการแก้ปัญหามีได้หลายวิธีและมีความซับซ้อน มีคำตอบเพียงคำตอบเดียว จุดมุ่งหมาย คือการฝึกฝนการวิเคราะห์สถานการณ์ที่เป็นปัญหาและการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน 3) ปัญหาแบบไม่มีโครงสร้าง เป็นปัญหาที่ไม่กำหนดข้อมูลในการแก้ปัญหา กระบวนการและคำตอบมีได้หลากหลาย จุดมุ่งหมาย คือการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนเพื่อเผชิญกับปัญหาในสถานการณ์จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระบวนการแก้ปัญหาฟิสิกส์

จากการศึกษากระบวนการแก้ปัญหาฟิสิกส์ นักการศึกษาหลายท่านได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาไว้หลายรูปแบบ โดยกระบวนการแก้ปัญหาฟิสิกส์ สามารถแสดงได้ดังนี้

Polya (1973) คิดค้นกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่เป็นระบบ โดยกล่าวถึงลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นตอนนี้เป็นการเริ่มต้นของการแก้ปัญหา ที่ต้องการให้นักเรียนคิดและตัดสินว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหา นักเรียนต้องระบุส่วนสำคัญของปัญหา นักเรียนอาจใช้วิธีต่าง ๆ ช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น การเขียนภาพ หรือการเขียนสิ่งที่ปัญหาระบุด้วยภาษาของตนเอง

2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนสำคัญของปัญหา แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางและเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา

3. ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนสามารถหาคำตอบได้ ถ้าแผนหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เลือกไว้ไม่สามารถใช้แก้ปัญหาได้ นักเรียนต้องค้นหาแผนหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาใหม่อีกครั้ง

4. ขั้นตรวจสอบผล (Looking back) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบที่ได้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่ใช้แล้วพิจารณาว่ามีคำตอบ หรือมีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาอย่างอื่นอีกหรือไม่

Heller and Hollabaugh (1992) ศึกษาการแก้ปัญหาฟิสิกส์แบบร่วมมือเป็นกลุ่ม ซึ่งนักเรียนจะได้ร่วมกันวางแผนการแก้ปัญหา และพิจารณาถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหาร่วมกัน โดยกล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาฟิสิกส์แบบร่วมมือเป็นกลุ่ม ไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นพิจารณาปัญหา (Focus the Problem) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องสร้างมโนภาพของปัญหา โดยการวาดภาพประกอบเพื่อแสดงส่วนสำคัญของปัญหา ระบุสิ่งที่ปัญหากำหนดและสิ่งที่ปัญหาต้องการ รวมถึงแนวคิดและหลักการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และประเมินคำตอบที่คาดว่าจะได้รับก่อนการแก้ปัญหา

2. ขั้นอธิบายหลักการฟิสิกส์ (Describe the Physics) เป็นขั้นที่ต้องนำรายละเอียดต่าง ๆ ที่ได้จากปัญหา มาทำให้อยู่ในรูปของสมการฟิสิกส์ หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยอาศัยกฎทางฟิสิกส์เพื่อเขียนเป็นสมการ ก่อนจะนำมาวิเคราะห์ปัญหา

3. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Plan the Solution) เป็นขั้นตอนการวางแผนในการแก้ปัญหา โดยกำหนดสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหา และพิจารณาถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของสมการในการแก้ปัญหา

4. ขั้นการดำเนินการตามแผน (Execute the Plan) เป็นขั้นของการปฏิบัติตามขั้นตอนที่เตรียมไว้ โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. ขั้นการประเมินคำตอบ (Evaluate the Solution) เป็นขั้นตรวจหาความผิดพลาดและประเมินคำตอบที่ได้ ว่ามีความถูกต้องเพียงใด มีความสมเหตุสมผลกับปัญหาและมีความสมบูรณ์หรือไม่

Harskamp and Ding (2006) ศึกษาการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนโดยเปรียบเทียบการแก้ปัญหาแบบร่วมมือกับการแก้ปัญหาแต่ละบุคคล โดยกล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์แบบร่วมมือไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการสำรวจปัญหา (Problem Survey) เป็นขั้นที่นักเรียนตีความถึงรายละเอียดของปัญหา สิ่งใดบ้างที่รู้ สิ่งใดบ้างที่ไม่รู้ และกำหนดหลักการ วิธีการ ที่เหมาะสมและเป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนสามารถวาดแผนภาพประกอบในการแก้ปัญหาได้

2. ขั้นใช้ความรู้ (Active Knowledge) เป็นขั้นที่นักเรียนแปลความจากสิ่งที่ระบุไว้ในปัญหาไปสู่การอธิบายด้วยไดอะแกรม โดยในไดอะแกรมสามารถกำหนดตัวแปรและปริมาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ และเขียนสูตรที่ช่วยในการแก้ปัญหา การเลือกใช้สูตรอาจเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม

3. ขั้นการวางแผน (Make a Plan) หลักจากที่นักเรียนมีวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนแต่ละคนจะต้องวางแผนในการแก้ปัญหา โดยแผนการแก้ปัญหาควรจะเกี่ยวข้องกับสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาและการประมาณค่าอย่างคร่าว ๆ ของผลลัพธ์ เมื่อนักเรียนพูดคุยในแผนที่วางไว้ เปรียบเทียบแผนในการแก้ปัญหาร่วมกัน การเปรียบเทียบแผนการแก้ปัญหาจะทำให้นักเรียนทราบว่า มีวิธีการแก้ปัญหาได้หลายวิธี

4. ขั้นการดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติตามแผนการที่วางไว้ โดยการคำนวณทางคณิตศาสตร์ตามแผนที่ไว้ในขั้นที่ 2 จนได้คำตอบสุดท้าย

5. ขั้นการควบคุมคำตอบ (Control of the answer) เป็นขั้นตอนตรวจสอบคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา ถ้าคำตอบของนักเรียนตรงกัน นักเรียนจะอธิบายและตรวจสอบ ถึงการได้มาของคำตอบนั้น แต่ถ้าหากคำตอบที่ได้ของนักเรียนมีความแตกต่างกัน ก็จะตรวจสอบว่าวิธีการใดถูกต้องและสมบูรณ์

Çalışkan, Selçuk, and Erol (2010b) ศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน โดยกล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นการอ่านและศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของปัญหาเพื่อค้นหาข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ รวมถึงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้น ในรูปแบบของการวาดภาพ

2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหาเชิงคุณภาพ (Qualitative analyzing of the problem) เป็นขั้นของการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยอาศัยความรู้ด้านเนื้อหาทางฟิสิกส์ เพื่อกำหนดแนวคิดหลักในการแก้ปัญหา รวมถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อนำไปสู่กฎหรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา

3. ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Solution plan for the problem) เป็นขั้นการกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ และพิจารณาความสมเหตุสมผลของสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้

4. ขั้นดำเนินการตามแผน (Apply the solution plan) เป็นขั้นการปฏิบัติตามขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้

5. ขั้นการตรวจสอบ (Checking) เป็นขั้นการตรวจสอบคำตอบและหน่วย รวมถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

Rojas (2010) ศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน โดยกล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเข้าใจปัญหา (Understand the problem) เป็นขั้นตอนในการพิจารณาปัญหาว่าเงื่อนไขที่ปัญหาให้มาคืออะไร สิ่งใดทราบค่าและสิ่งใดที่โจทย์ต้องการทราบ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องวิเคราะห์ปัญหาออกมาเป็นรูปภาพหรือคำพูดของตนเอง โดยพิจารณาข้อมูลทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา

2. ขั้นการให้คำอธิบายเชิงคุณภาพของปัญหา (Provide a qualitative description of the problem) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องเขียนกฎ หลักการ หรือสูตรที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา นักเรียนอาจสร้างกรอบแนวคิด เพื่อวิเคราะห์ปัญหา

3. ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา (Plan a solution) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องใช้ประสบการณ์เดิมพิจารณาว่า ปัญหาเหล่านี้มีความคล้ายคลึงกับปัญหาที่นักเรียนเคยพบมาหรือไม่ มีรูปแบบการแก้ปัญหาอย่างไร มีกลยุทธ์ใดบ้างสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องวางแผนในการแก้ปัญหา โดยอาจนำสมการที่เกี่ยวข้องกับปัญหามาใช้ แล้วพิจารณาถึงความถูกต้องของการแก้ปัญหาของสมการ

4. ขั้นการดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนดำเนินการตามแผนการที่วางไว้ เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. ขั้นการตรวจสอบความสอดคล้องของสมการที่ใช้ (Verify the internal consistency and coherence of the equations used) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้จากสมการซึ่งเกี่ยวข้องกับการคำนวณ ว่ามีความถูกต้องหรือไม่ มีข้อผิดพลาดในส่วนใดบ้าง หากไม่พบข้อผิดพลาด นักเรียนก็สามารถประเมินคำตอบในขั้นตอนถัดไป

6. ขั้นการตรวจสอบและประเมินผลลัพธ์ (Check and evaluate the obtained solution) เป็นขั้นตอนหลังจากการตรวจสอบความสอดคล้องของสมการที่ใช้ และได้มาเป็นผลลัพธ์ที่ผ่านการตรวจสอบมาแล้วว่าตรงกับปัญหาหรือไม่ มีความสมเหตุสมผลมากเพียงใด เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนลองหาวิธีการแก้ปัญหาแบบอื่นที่แตกต่างในการแก้ปัญหาเดิม เพื่อความเข้าใจปัญหาที่ดียิ่งขึ้น

Docktor et al. (2015) ศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียน โดยกล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 3 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนหลักการ (Principle) เป็นส่วนของการระบุหลักการหรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2. ส่วนของการให้เหตุผล (Justification) เป็นส่วนของการนำหลักการ หรือมโนทัศน์ที่ระบุไว้ในส่วนแรก มาใช้อธิบายวิธีการและเหตุผลในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

3. ส่วนของแผนการ (Plan) เป็นส่วนของการวางแผนในการแก้ปัญหา ซึ่งในส่วนนี้จะระบุขั้นตอน วิธีการและสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น โดยในส่วนของการดำเนินการแก้ปัญหานั้น นักเรียนจะดำเนินการแก้ปัญหา โดยจัดรูปแบบการแก้ปัญหาออกเป็น 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ซ้ายจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และคอลัมน์ขวาจะเป็นส่วนของสมการและขั้นตอนทางทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหาในคอลัมน์ทางซ้าย

จากการศึกษากระบวนการแก้ปัญหาฟิสิกส์ข้างต้นสรุปได้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาฟิสิกส์มีลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา เป็นขั้นของการศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของปัญหา 2) ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นของการนำความรู้ทางฟิสิกส์เพื่อกำหนดหลักการในการแก้ปัญหา 3) ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นที่กำหนดแนวทางการแก้ปัญหาและพิจารณาถึงความสมเหตุสมผลของวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา 4) ขั้นการดำเนินการตามแผน เป็นขั้นของการปฏิบัติตามแผนการที่วางไว้ 5) ขั้นตรวจสอบและประเมินผลลัพธ์ เป็นขั้นที่ตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้

แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

จากการศึกษาแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ นักการศึกษาฟิสิกส์ได้เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่แตกต่างกันไว้หลายรูปแบบ โดยแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ สามารถแสดงได้ดังนี้

Heller, Keith, and Anderson (1992) เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้แบบสอบอัตนัย กำหนดพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน ดังนี้

1. ระบุหลักฐานที่แสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ เช่น การอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ปรากฏในปัญหา

2. บรรยายปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ เช่น ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ความสัมพันธ์ของตัวแปรในการแก้ปัญหา

3. เลือกสูตรหรือสมการที่สอดคล้องกับความรู้ทางฟิสิกส์

4. แสดงการวางแผนการแก้ปัญหา การลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ

5. ประมวลผลเชิงตรรกะ เป็นการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของความรู้ทางฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์ที่ใช้

6. ประเมินความเหมาะสมเชิงตัวเลข

Huffman (1997) เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้แบบสอบอัตนัย และกำหนดเกณฑ์ในการประเมินคำตอบในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. คุณภาพของการเป็นตัวแทนทางฟิสิกส์

2. ความสมบูรณ์ของการเป็นตัวแทนทางฟิสิกส์

3. ความสอดคล้องของสมการทางคณิตศาสตร์และตัวแทนทางฟิสิกส์

4. การจัดระบบในกระบวนการแก้ปัญหา

5. การคำนวณทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Docktor (2009) เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้แบบสอบอัตนัย และกำหนดเกณฑ์ในการประเมินคำตอบในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description) ประเมินการจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากปัญหา อาจแสดงในรูปของการกำหนดตัวแปร การวาดภาพแสดงสถานการณ์ปัญหา

2. แนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach) ประเมินการเลือกมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

3. การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ (Specific Application of Physics) ประเมินการประยุกต์ใช้มโนทัศน์ฟิสิกส์ในการเลือกแนวทางที่สอดคล้องกับปัญหาในการแก้ปัญหา เช่น การกำหนดสมการแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การเลือกสมการ

4. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures) ประเมินขั้นตอนการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและเหมาะสมในการแก้ปัญหา

5. ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression) ประเมินความสอดคล้องของคำตอบที่ได้กับปัญหา และความเหมาะสมของวิธีการแก้ปัญหา

Çalışkan et al. (2010b) กำหนดพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาดังนี้

1. การเขียนรายการของตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้และที่โจทย์ถาม พร้อมหน่วย

2. สร้างแผนภาพพร้อมกำหนดเวกเตอร์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรทั้งหมด

3. ระบุมโนทัศน์หลักทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหา

4. ระบุแนวทางในการแก้ปัญหา

5. ระบุสูตรหรือสมการทางคณิตศาสตร์ ที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ฟิสิกส์ และตัวแปรที่สถานการณ์ปัญหากำหนด

6. เขียนลำดับขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

7. แทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ตามลำดับขั้นตอนที่วางไว้

8. สรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ข้างต้นสรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ สามารถวัดได้ด้วยวิธีการทดสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัย

เมื่อพิจารณาเกณฑ์การตรวจให้คะแนนและพฤติกรรมบ่งชี้ตามแนวคิดของนักการศึกษาพบว่า พฤติกรรมบ่งชี้ถึงความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่สอดคล้องกันมีดังนี้ 1) การระบุตัวแปรตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งตัวแปรทราบค่าที่กำหนดให้ในปัญหาและตัวแปรที่ต้องการทราบค่า 2) การสร้างแผนภาพเวกเตอร์ 3) การกำหนดสมการแทนความสัมพันธ์ของตัวแปร 4) การกำหนดขั้นตอนทางคณิตศาสตร์และการคำนวณค่าของตัวแปร และ 5) การสรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร

มโนทัศน์วิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ และแนวทางการวัดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

จากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ นักการศึกษาได้ให้ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันไว้หลายรูปแบบ โดยความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์สามารถแสดงได้ดังนี้

Klopfer (1971) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์หมายถึง ความคิดหลักที่ คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยความเข้าใจดังกล่าว จะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

AAAs (1990) ได้ให้ความหมายมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ (Science concepts) ว่าเกิดจากกระบวนการที่มนุษย์แปลความหมายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีการอธิบายอยู่บนฐานของการสังเกตหรือทฤษฎีที่ตนเองยึดถืออยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2531) ได้กล่าวว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ คือ แนวคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยที่ ความเข้าใจดังกล่าวแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของบุคคล

จากการศึกษา ความหมายของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ คือ ความคิดหรือแนวคิดหลัก เกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ได้มาจากการสังเกต การเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคล

ความหมายของมโนทัศน์ฟิสิกส์

จากความหมายของของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ที่กล่าวว่า มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ คือ ความคิดหรือแนวคิดหลัก เกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ได้มาจากการสังเกต การเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคล

และเนื่องจากฟิสิกส์คือแขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ที่ศึกษาเกี่ยวกับ กฎเกณฑ์ต่าง ๆ สำหรับอธิบายปรากฏการณ์ในธรรมชาติ ความสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน เช่น ทำไมวัตถุจงตกลงสู่พื้นโลก ปรากฏการณ์ตกของวัตถุมีกฎเกณฑ์อย่างไร การเปลี่ยนสถานะของสสารมีกฎเกณฑ์อย่างไร (American Heritage® Dictionary of the English Language, 2011; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554)

จึงสรุปได้ว่า มโนทัศน์ฟิสิกส์ คือ ความคิดหรือแนวคิดหลัก เกี่ยวกับการอธิบายธรรมชาติของโลก ปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎเกณฑ์มาอธิบายถึงสิ่งที่เกิดขึ้นเหล่านั้น

ประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

จากการศึกษาประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ นักการศึกษาได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์โดยใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ สามารถแสดงได้ดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) แบ่งประเภทของมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงการแบ่งประเภท (Classificational concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบายหรือชี้แจงคุณสมบัติ บอกคุณสมบัติรวม โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือปรากฏการณ์ เช่น ดอกไม้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ฐานรองดอก กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย สัตว์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (Theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่าง หรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรงทั้งหมดแต่มีหลักฐานเป็นเหตุผลสนับสนุนแล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง เช่น น้ำดีในลำไส้เล็กช่วยย่อยไขมัน โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ เป็นต้น

3. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (correlational concepts) เป็นมโนทัศน์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล นำไปใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ ตัวอย่างเช่น อาหารให้พลังงานทำให้ร่างกายอบอุ่น ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

Romey (1968) แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงการแบ่งประเภท (Classification Concepts) คือ มโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบายลักษณะร่วมกัน ข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่นำไปใช้ในการบรรยายถึงคุณสมบัติของปรากฏการณ์ต่าง ๆ

2. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (Correlational Concepts) คือ มโนทัศน์ที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกัน เช่น ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนและแก๊สอุดมคติจะขยายตัว

3. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (Theoretical Concepts) คือ มโนทัศน์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของเหตุและผลซึ่งอยู่นอกเหนือจากประสบการณ์ทางประสาทสัมผัส ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่มีหลักฐานที่สนับสนุนทำให้เกิดความเข้าใจเหล่านั้น ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น อะตอม คือ อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุ ประกอบด้วย โปรตรอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน เป็นต้น

Lawson, Alkhoury, Benford, Clark, and Falconer (2000) จำแนกประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์เกี่ยวกับคำหรือวลีที่พบในมโนทัศน์ โดยสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (Theoretical Concepts) คือมโนทัศน์ที่อยู่นอกเหนือประสาทสัมผัส ไม่ได้มาจากการสังเกตโดยตรง แต่ได้มาจากแนวคิด ทฤษฎีที่สนับสนุนความเข้าใจในสิ่งนั้น เป็นมโนทัศน์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่าเหตุและผล เช่น มโนทัศน์เรื่องอะตอม อนุภาคโฟตอน อิเล็กตรอน ควาร์ก การเกิดปฏิกิริยาระหว่างอะตอมกับโมเลกุล เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงบรรยาย (Descriptive Concepts) คือมโนทัศน์ที่ได้จากการสังเกตจากวัตถุหรือสถานการณ์โดยตรง หลาย ๆ ครั้ง แล้วเชื่อมโยงลักษณะร่วมที่สำคัญของวัตถุหรือสถานการณ์เข้าด้วยกัน เกิดเป็นมโนทัศน์

3. มโนทัศน์เชิงแทรกสอด (Intermediate Concepts) คือมโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง เนื่องจากข้อจำกัดของเวลาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นแล้วในอดีต แต่สามารถรับรู้ได้ เช่น มโนทัศน์เรื่องการกำเนิดไดโนเสาร์ การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน์ เป็นต้น ข้อจำกัดของการเกิดมโนทัศน์ประเภทนี้อยู่ที่ระยะเวลาในการสังเกตสถานการณ์นั้น ๆ

P. L. Smith and Ragan (2005) จำแนกประเภทของมโนทัศน์เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (Concrete Concepts) คือ มโนทัศน์ที่สามารถจำแนกประเภทได้จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ เช่น การมองเห็น การได้ยิน การสัมผัส การได้กลิ่น และการรับรู้รส เช่น การแยกใบไม้ต่างชนิดกันออกจากกัน เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงคำนิยาม (Defined Concepts) คือ มโนทัศน์ที่จำแนกจากคำจำกัดความหรือลักษณะเฉพาะที่เหมือนกันของมโนทัศน์นั้น

จากการศึกษา ประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า ประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้ 1) มโนทัศน์เชิงบรรยาย คือ กลุ่มของมโนทัศน์ที่สามารถจำแนกได้โดยใช้ประสาทสัมผัสสังเกตลักษณะทางกายภาพ นำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือปรากฏการณ์ และ 2) มโนทัศน์เชิงทฤษฎี คือ กลุ่มของมโนทัศน์ที่ไม่สามารถจำแนกได้โดยใช้ประสาทสัมผัสสังเกตลักษณะทางกายภาพโดยตรง แต่ได้มาจากแนวคิด ทฤษฎีที่สนับสนุน หรือหลักฐานที่เป็นเหตุเป็นผลนำไปสู่ความเข้าใจนั้น และจากการศึกษาประเภทของมโนทัศน์ฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ สามารถ แสดงได้ดังนี้

Halloun (1998) จำแนกประเภทของมโนทัศน์ในญาณวิทยาของวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในสาขาฟิสิกส์เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์วัตถุ (Object concepts) หมายถึง วัตถุทางกายภาพในโลกจริง เช่น มโนทัศน์ของอนุภาคที่พบในกลศาสตร์

2. มโนทัศน์คุณสมบัติ (Property concepts) หมายถึง คุณสมบัติทางกายภาพที่บอกลักษณะทางกายภาพของวัตถุหรือลักษณะปฏิสัมพันธ์กับวัตถุทางกายภาพอื่น ๆ เช่น มโนทัศน์ของความเร็ว มโนทัศน์ของแรง

3. มโนทัศน์การดำเนินการ (Operational concepts) หมายถึง การจัดกระทำทางคณิตศาสตร์ที่บ่งบอกกระบวนการและคุณสมบัติของวัตถุ แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1 สัญลักษณ์แทนวัตถุ (Object descriptor) หมายถึง การบอกลักษณะของวัตถุทางกายภาพ สามารถเป็นได้ทั้งลักษณะที่คงตัว เช่น มวล หรือขึ้นกับสภาวะ เช่น ความเร็ว

3.2 สัญลักษณ์แทนปฏิสัมพันธ์ (Interaction descriptors) หมายถึง การบอกลักษณะการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุทางกายภาพอย่างน้อย 2 วัตถุ เช่น แรง

สำหรับเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ จะมุ่งเน้นที่มโนทัศน์การดำเนินการในประเภทของสัญลักษณ์แทนปฏิสัมพันธ์ เนื่องจากมโนทัศน์เรื่องแรง เป็นมโนทัศน์พื้นฐานที่ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน

แนวทางการวัดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

จากการศึกษาแนวทางการวัดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ นักการศึกษาได้เสนอแนวทางการวัดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันไว้หลายรูปแบบ โดยแนวทางการวัดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์สามารถแสดงได้ดังนี้

Nitko and Brookhart (2007) ได้เสนอแนวทางการวัดมโนทัศน์ดังนี้

1. การวัดมโนทัศน์เชิงรูปธรรม

1.1 ยกตัวอย่างสิ่งที่ต้องการศึกษา แล้วกำหนดชื่อมโนทัศน์ โดยอาศัยการสังเกตจากลักษณะร่วมที่เหมือนกัน

1.2 ให้ตัวอย่างเพิ่มเติมแล้วจำแนกว่าตัวอย่างใดที่ถูกต้องและตัวอย่างใดไม่ถูกต้อง

1.3 ให้สร้างตัวอย่างใหม่ที่แตกต่างจากเดิม

2. การวัดมโนทัศน์เชิงคำนิยาม

2.1 สร้างคำจำกัดความของมโนทัศน์

2.2 ยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับคำจำกัดความ

2.3 ให้ตัวอย่างเพิ่มเติมแล้วจำแนกว่าตัวอย่างใดที่ถูกต้องและตัวอย่างใดไม่ถูกต้อง

2.4 ระบุองค์ประกอบและแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์

Cruickshank, Bainer, and Metcalf (1995) ได้เสนอประเภทของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 2 ประเภท เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ ดังนี้

1. แบบวัดที่ สร้างการตอบสนองเอง (Created Response Item) เป็นแบบวัดแบบอัตนัย ซึ่งต้องการให้นักเรียนเรียบเรียงคำตอบด้วยคำของตนเองมากกว่าการเลือกตอบที่เหมาะสมจากที่กำหนดให้ ซึ่งการเขียนตอบจะแสดงออกถึงระดับสติปัญญา (Cognitive Level) องค์ความรู้ที่มี และมโนทัศน์ของนักเรียน

2. แบบวัดที่ตอบสนองจากสิ่งที่กำหนดให้ (Selected Response Item) ได้แก แบบเลือกตอบ แบบจับคู่ถูกผิด ในส่วนของแบบเลือกตอบจะสามารถประเมินการเรียนรู้ ลงในขอบเขตเนื้อหาและระดับสติปัญญาได้กว้างกว่า เนื่องจากใช้เวลาในการทำแบบวัดไม่มาก และครูประเมินผลได้ ตรงตามวัตถุประสงค์ จึงสามารถนำมาวัดมโนทัศน์ได้

Enger and Yager (2001) ได้เสนอการวัดมโนทัศน์ โดยใช้กลยุทธ์การประเมินทางเลือก เช่น ผังมโนทัศน์ การสัมภาษณ์ เป็นต้น การวัดมโนทัศน์ด้วยแบบวัดที่ แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อหา กลุ่มตัวอย่าง ตลอดจนตัวแปรต้นที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

1. แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน (Two-tier multiple choice format) โดยตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหาแบบปรนัย และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในตอนที่ 1 แบบปรนัย

2. แบบวัดมโนทัศน์แบบสะท้อนปรนัยสองตอน (Two-tier reflective multiple choice format) โดยตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหาแบบปรนัย และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในตอนที่ 1 แบบอัตนัย

3. แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยแบบเขียนตอบ

4. แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยแบบวาดภาพ

Odom and Kelly (2001) ได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการทำแบบวัดแบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบ

2. สร้างแบบวัดแบบเลือกตอบซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (Two-tier multiple choice format) คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุนคำตอบ

3. นำแบบวัดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

Chen, Lin, and Lin (2002) ได้พัฒนาแบบวัดแบบเลือกตอบ 2 ตอน (Two-tier diagnostic instrument) เพื่อประเมินความเข้าใจในการเกิดภาพจากกระจกเงาราบของนักเรียน โดยแบบวัดมีส่วนประกอบดังนี้

1. ตอนที่ 1 มีลักษณะเป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา เพื่อให้นักเรียนทำนายผลจากสถานการณ์ที่กำหนด คำตอบที่เป็นตัวลวงจะสอดคล้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

2. ตอนที่ 2 มีลักษณะเป็นข้อคำถามเชิงเหตุผล เพื่อให้นักเรียนบอกเหตุผลที่เลือกคำตอบในตอนที่ 1 ประกอบด้วย คำตอบซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและพื้นที่ว่างสำหรับเขียนเหตุผลเพิ่มเติม

Caleon and Subramaniam (2010) ได้พัฒนาแบบวัดมโนทัศน์แบบ คำถามสามตอน (Three-tier diagnostic test หรือ Three-tier test) เพื่อประเมินความเข้าใจในมโนทัศน์ เรื่อง คลื่นของนักเรียนมัธยมศึกษา โดยแบบวัดมีส่วนประกอบ ดังนี้

1. ตอนที่ 1 มีลักษณะเป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา (Content Tier) วัดความรู้เชิงเนื้อหา ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

2. ตอนที่ 2 มีลักษณะเป็นข้อคำถามเชิงเหตุผล (Reason Tier) เป็นการวัดความรู้เชิงอธิบายในการเลือกตัวเลือกของคำถามในตอนที่ 1 ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

3. ตอนที่ 3 มีลักษณะเป็นข้อคำถามถามความมั่นใจ (Confidence Tier) เป็นการวัดระดับความมั่นใจในการเลือกคำตอบ 2 ตอนแรกซึ่งแบ่งระดับความมั่นใจเป็น 6 ระดับ

4. ข้อคำถามแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 2 คะแนน กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกทั้ง 2 ตอน
- ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกในตอนที่ 1 แต่ถ้าตอบผิดจะไม่ได้คะแนน
- ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบผิดหรือไม่ตอบทั้ง 2 ตอน

จากการศึกษาแนวทางการวัดมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่าการวัดมโนทัศน์เป็นการประเมินคุณลักษณะด้านพุทธิพิสัย ที่เน้นด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้ สามารถวัดได้ด้วยวิธีการทดสอบ โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ ซึ่งอาจเป็นแบบอัตนัยเขียนตอบ แบบวาดภาพ หรือแบบปรนัยเลือกตอบ สำหรับแบบวัดมโนทัศน์ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการทดสอบโดยใช้แบบวัดปรนัย 4 ตัวเลือก ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามเพื่อแสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบของคำถามในส่วนที่ 1

การเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ เป็นวิธีการหนึ่งในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาการขาดความเข้าใจในมโนทัศน์พื้นฐานสำหรับแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนและการบูรณาการมโนทัศน์เข้ากับการแก้ปัญหา ซึ่งในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนนั้น นักเรียนจะได้คำตอบในเชิงปริมาณออกมา แต่ไม่ได้สนใจแนวคิดหรือวิธีการได้มาซึ่งคำตอบ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ได้ไม่มากเท่าที่ควร (Docktor et al., 2015) โดยในการศึกษาวิธีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ดังกล่าว มีประเด็นนำเสนอประกอบไปด้วย 1) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ 2) ความเป็นมาของการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ 3) แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ในการจัดการเรียนการสอน

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

การเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมองของมนุษย์ โดยการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น เน้นการบูรณาการความรู้ที่มีไปสู่กระบวนการแก้ปัญหา (Docktor et al., 2015) ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากทฤษฎีการเรียนรู้และการสอนร่วมสมัย ได้แก่ ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory) และทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Schema Theory) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory) (ทิศนา แขมมณี, 2557; ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2545)

ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลมีแนวคิดว่า การทำงานของสมองมีความคล้ายคลึงกับการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นทฤษฎีที่พยายามอธิบายกระบวนการคิดภายในสมองของมนุษย์ ให้เข้าใจว่ามนุษย์รับข้อมูล หรือรับความรู้ใหม่อย่างไร เมื่อรับแล้ว จะเก็บสะสมไว้ในลักษณะใด และจะสามารถดึงความรู้นั้นมาใช้ได้อย่างไร

การประมวลข้อมูลตามแนวความคิดของทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล

คลอสไมเออร์ได้อธิบายการเรียนรู้ของมนุษย์โดยเปรียบเทียบการทำงานของคอมพิวเตอร์กับการทำงานของสมอง ซึ่งมีการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้คือ

1. การรับข้อมูล (Input) โดยผ่านทางอุปกรณ์หรือเครื่องรับข้อมูล

2. การเข้ารหัส (Encoding) โดยอาศัยชุดคำสั่งหรือซอฟต์แวร์ (Software)

3. การส่งข้อมูลออก (Output) โดยผ่านทางอุปกรณ์

คลอสไมเออร์ได้อธิบายกระบวนการการประมวลข้อมูลโดยเริ่มต้นจากการที่มนุษย์รับสิ่งเร้าเข้ามาทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 สิ่งเร้าที่เข้ามาจะได้รับการบันทึกไว้ในความจำระยะสั้น ซึ่งการบันทึกนี้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการ คือ การระลึกได้ (Recognition) และความใส่ใจ (Attention) ของบุคคลที่รับสิ่งเร้า บุคคลจะเลือกรับสิ่งเร้าที่ตนรู้จักหรือมีความสนใจ สิ่งเร้านั้นจะได้รับการบันทึกลงในความจำระยะสั้น (Short–term Memory) ซึ่งจะดำรงคงอยู่ในระยะเวลาที่จำกัดมาก ในการทำงานที่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลไว้ใช้ชั่วคราว อาจจำเป็นต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ ในการช่วยจำเช่น การจัดกลุ่มคำ หรือการท่องซ้ำ ๆ หลายครั้ง ซึ่งจะสามารถช่วยให้จดจำสิ่งนั้นไว้ใช้งานได้ การเก็บข้อมูลไว้ใช้ภายหลัง สามารถทำได้โดยประมวลและเปลี่ยนรูปข้อมูลด้วยการเข้ารหัส (Encoding) เพื่อนำไปเก็บไว้ในความจำระยะยาว (LTM) ซึ่งอาจต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ เข้าช่วย เช่น การท่องซ้ำหลาย ๆ ครั้ง หรือการทำข้อมูลในมีความหมายกับตนเอง โดยการสัมพันธ์สิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับสิ่งเก่าที่เคยเรียนรู้มาก่อน ซึ่งเรียกว่าเป็นกระบวนการขยายความคิด (Elaborative Operations Process) เมื่อข้อมูลข่าวสารได้รับการบันทึกไว้ในความจำระยะยาวแล้ว บุคคลจะสามารถเรียกข้อมูลต่างๆออกมาใช้ได้ ซึ่งในการเรียกข้อมูลออกมาใช้ บุคคลจำเป็นต้องถอดรหัสข้อมูล (Decoding) จากความจำระยะยาวนั้น และส่งต่อไปสู่ตัวก่อกำเนิด

ในส่วนของการแก้ปัญหา กระบวนการคิดจะเริ่มทำงาน ข้อมูลในหน่วยความจำจะถูกนำมาใช้เพื่อประเมินข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและรักษาการเข้าถึงระหว่างกระบวนการแก้ปัญหา แต่เนื่องจากการทำงานของหน่วยความจำมีความจุที่จำกัด ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า ข้อมูลในปัญหานั้นอาจเกินขีดจำกัดและไปขัดขวางความพยายามในการแก้ไขปัญหา (Sweller, 1988) ด้วยเหตุนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหามักถูกประมวลผลภายนอกหรือในหน่วยความจำระยะสั้น (เช่นเดียวกับคอมพิวเตอร์) เพื่อเพิ่มพื้นที่ว่างในหน่วยความจำสำหรับการทำงานอื่น นอกจากนี้ สำหรับทักษะบางอย่างในการแก้ปัญหาที่ได้รับการฝึกฝนจนเป็นอัตโนมัติ ก็สามารถลดการใช้พื้นที่ในหน่วยความจำได้เช่นกัน

จากกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลข้างต้น จะได้รับการบริหารควบคุมอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งการบริหารควบคุมการประมวลข้อมูลของสมองก็คือ การที่บุคคลรู้ถึงการคิดของตนและสามารถควบคุมการคิดของตนให้เป็นไปในทางที่ตนต้องการ การรู้ในลักษณะนี้ว่าการรู้คิด หรือ Metacognition ซึ่งเป็นการตระหนักรู้เกี่ยวกับความรู้และความสามารถของตนเอง และใช้ความเข้าใจในการรู้ดังกล่าวในการจัดการควบคุมกระบวนการคิด การทางานของตนด้วยกลวิธีต่าง ๆ อันจะช่วยให้การเรียนรู้และงานที่ทาประสบผลสำเร็จตามที่ต้องการ องค์ประกอบสำคัญของการรู้คิดที่ใช้ในการบริหารควบคุมกระบวนการประมวลข้อมูลประกอบด้วยแรงจูงใจ ความตั้งใจ และความมุ่งหวังต่าง ๆ รวมทั้งเทคนิคและกลวิธีต่าง ๆ ที่บุคคลใช้ในการบริหารควบคุมตนเอง

จะเห็นได้ว่า กระบวนการรู้คิดเริ่มตั้งแต่ความใส่ใจในการรับรู้ หากให้ความใส่ใจในสิ่งที่ครูสอน ก็จะมีการเข้ารหัสเพื่อสะสมในหน่วยความจำ การรู้คิดประการต่อไปคือการรับรู้ เช่น นักเรียนตระหนักรู้ว่าการรับรู้ของตนเองอาจจะผิดพลาดได้ จะยังไม่ตัดสินใจ จนกว่าจะได้ข้อมูลที่พอเพียง แสดงให้เห็นว่าการรู้คิดสามารถจะควบคุมการกระทำได้ การรู้คิดอีกประการหนึ่งได้แก่ กลวิธีต่าง ๆ เช่น หากนักเรียนตระหนักรู้ว่าตนไม่สามารถจดจำสิ่งที่ครูสอนได้ การตระหนักรู้ดังกล่าวจะนำไปสู่การคิดหากลวิธีต่าง ๆ ที่จะมาช่วยให้ตนจดจำสิ่งที่เรียนได้ดี เช่น การท่อง การจดบันทึก และการใช้เทคนิคช่วยจำอื่น ๆ เช่น การผูกเรื่องที่ต้องจำเป็นกลอน การจำตัวย่อ การทำรหัส การเชื่อมโยงในสิ่งที่สัมพันธ์กัน เป็นต้น

ดังนั้น ความรู้ในเชิงเมตาคอคนิชั่นหรือการรู้คิด (Metacognition Knowledge) จึงประกอบไปด้วยความรู้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ความรู้ในเชิงปัจจัย (Declarative Knowledge) คือ ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่องาน

2. ความรู้เชิงกระบวนการ (Procedural Knowledge) ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการและวิธีการต่างๆ ในการดาเนินงาน

3. ความรู้เชิงเงื่อนไข (Conditional Knowledge) ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับสถานการณ์ ข้อจำกัด เหตุผล และเงื่อนไขในการใช้กลวิธีต่างๆ และการดำเนินงาน

ทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Schema theory)

ทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Schema theory) มีความเชื่อว่า ความรู้ของคนเราคือโครงสร้าง ที่ได้รับการรวบรวมเป็นหน่วย ๆ เรียกว่า โครงสร้างความรู้ (Schemata) ซึ่งเป็นหน่วยความรู้ที่ได้รับการเรียบเรียงขึ้นจากความรู้ที่เรามีส่วนเกี่ยวข้องกับผู้คน สิ่งของ สถานที่ เหตุการณ์ กระบวนการ มโนทัศน์ และสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นพื้นฐานให้เกิดการเรียนรู้ นำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ (Taconis, Ferguson-Hessler, & Broekkamp, 2001)

โดยในส่วนของการแก้ปัญหานั้น นอกจากจะอาศัยความจำระยะสั้นในการแก้ปัญหาแล้ว ยังต้องอาศัยการเข้าถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้อง พื้นฐานความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ที่ถูกจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำระยะยาว ซึ่งปัจจัยสำคัญในการดึงข้อมูลนี้คือรูปแบบและกลวิธีในการจัดเก็บ การที่บุคคลจะดึงข้อมูลจากหน่วยความจำนั้น ข้อมูลที่ต้องการเข้าถึงจำเป็นต้องอยู่ในหน่วยความจำเริ่มต้น และถูกจัดในลักษณะที่เหมาะสม

จากประสบการณ์ในส่วนหลักของเนื้อหา การแก้ปัญหานั้นจะช่วยในการพัฒนาโครงสร้างทางปัญญาที่เรียกว่า “Problem Schema” ที่เป็นส่วนช่วยให้รับรู้ประเภทของปัญหา (Sweller, 1988) โดยการจัดประเภทของปัญหานี้สามารถจัดได้ตามลักษณะการแก้ปัญหา บนพื้นฐานของความเหมือนและความแตกต่างของลักษณะการแก้ปัญหา โดยปัญหาที่มีลักษณะการแก้ปัญหาที่คล้ายกันจะถูกจัดเก็บในหน่วยความจำประเภทเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับ เพียเจต์ที่ได้เสนอว่าการเติบโตทางสติปัญญาเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนจัดจำแนกจำพวกทางด้านความคิด หรือโครงสร้างความรู้ ซึ่งประกอบไปด้วยมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งของและเหตุการณ์ที่มีคุณลักษณะทั่วไปหรือคุณลักษณะเฉพาะบางประการร่วมกัน เมื่อคนเรามีประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งใหม่หรือสิ่งที่เราไม่คุ้นเคย จะเกิดการเปรียบเทียบกับสิ่งที่ได้จัดจำพวกไว้แล้ว ถ้ามีลักษณะผสมกลมกลืนกัน ก็จะเพิ่มความรู้ใหม่เข้ากับโครงสร้างที่มีอยู่เดิม (Assimilation) แต่ถ้าข้อมูลใหม่นั้นไม่อยู่ในลักษณะความรู้ที่มีอยู่แล้ว ก็จะเกิดการปรับความรู้ด้วยการสร้างโครงสร้างความรู้ขึ้นใหม่ หรือเปลี่ยนโครงสร้างความรู้เก่าด้วยความรู้ใหม่ (Accommodation) (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์, 2547; ทิศนา แขมมณี, 2557)

ความเป็นมาของการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

การเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ ได้รับการพัฒนาโดย Docktor, Strand, Mestre และ Ross นักการศึกษาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยอีลินอย สหรัฐอเมริกา โดยมีความมุ่งหมายที่จะแก้ปัญหาการขาดความเข้าใจในมโนทัศน์พื้นฐานสำหรับแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์และการบูรณาการมโนทัศน์เข้ากับการแก้ปัญหา ซึ่งในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนนั้น นักเรียนจะได้คำตอบในเชิงปริมาณออกมา แต่ไม่ได้สนใจแนวคิดหรือวิธีการได้มาซึ่งคำตอบ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ได้ไม่มากเท่าที่ควร และจากการศึกษางานวิจัยพบว่า การทำความเข้าใจเงื่อนไขของการนำหลักการที่เกี่ยวข้องไปใช้ในการแก้ปัญหา เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องเรียนรู้และทำความเข้าใจสิ่งเหล่านี้ในระหว่างการเรียนการสอน (Docktor et al., 2015)

แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ เป็นแนวการสอนสำหรับการแก้ปัญหาฟิสิกส์ที่มีความยืดหยุ่นสามารถปรับใช้ได้กับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ วิธีการสอนและสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อให้เหมาะกับความต้องการและความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน (Mestre et al., 2011) โดยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้นถูกดัดแปลงมาจากกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ (Qualitative Problem-Solving) ที่ใช้กับนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และคณะวิศวกรรมศาสตร์ในวิชากลศาสตร์เบื้องต้นจากงานวิจัยของ Leonard et al. (1996) ซึ่งกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพนั้น ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่

1. หลักการหรือมโนทัศน์หลัก (The major principle or concept) ที่สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้

2. การให้เหตุผล (Justification) ว่าเพราะเหตุใดหลักการหรือมโนทัศน์จึงสามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้

3. กระบวนการ (Procedure) ที่สามารถประยุกต์หลักการหรือมโนทัศน์ไปสู่การแก้ปัญหา

กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพนั้น Leonard et al. (1996) ได้ใช้กลยุทธ์การเขียนบนพื้นฐานของผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์ปัญหา โดยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพนั้น ถูกกำหนดให้เขียนเป็นร้อยแก้วเชิงคุณภาพในลักษณะของ “อะไร ทำไม และอย่างไร” ของการแก้ปัญหา (Leonard et al., 1996; Mestre et al., 2011)

ตัวอย่างการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ (Qualitative Problem-Solving) (Mestre et al., 2011)

> **ปัญหา :** กล่องไม้มวล 0.5 กิโลกรัมอยู่บนพื้นในแนวระดับ ลิ่มมวล 200 กรัมถูกโยนให้ชนและติดไปบนกล่องไม้ ทั้งสองเคลื่อนที่ไปพร้อมกันได้ระยะทาง 1 เมตร บนพื้นที่มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ 0.2 อยากทราบว่าลิ่มมีความเร็วเดิมเท่าใด
> **กลยุทธ์ :** ลิ่มปะทะกล่องไม้ด้วยการชนแบบไม่ยืดหยุ่น (เนื่องจากเกาะติดกันไปหลังจากการชน) เกิดการอนุรักษ์โมเมนตัมในการชน เนื่องจากไม่มีแรงภายนอกกระทำต่อระบบขณะชน หลังจากชนกล่องไม้และลิ่มเคลื่อนที่ไปด้วยกันบนพื้นขรุขระและหยุดลง จากนั้นใช้ทฤษฎีบทงานพลังงาน เนื่องจากแรงไม่อนุรักษ์ แรงเสียดทานทำงานบนระบบ และเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์จากเริ่มต้นเป็นศูนย์ สรุป ใช้กฎอนุรักษ์โมเมนตัมในการชน และทฤษฎีบทงานพลังงานในส่วนของการเลื่อนของปัญหา และแก้ปัญหาเพื่อหาความเร็วเดิมของลิ่ม

ต่อมา Docktor et al. (2015) ได้ดัดแปลงกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพที่ใช้ในระดับอุดมศึกษา มาเป็นรูปแบบของการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ เพื่อแก้ปัญหาการขาดความเข้าใจในมโนทัศน์พื้นฐานสำหรับแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์และการบูรณาการมโนทัศน์เข้ากับการแก้ปัญหา และพัฒนาให้เข้ากับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการรวมเอาสองกลยุทธ์เข้าด้วยกัน ได้แก่ กลยุทธ์การเขียนอธิบายของ Leonard et al. (1996) และกลยุทธ์การแก้ปัญหาสองคอลัมน์ของ A. D. Smith, Mestre, and Ross (2010) เพื่อให้นักเรียนและครูได้มองเห็นความคิดในการแก้ปัญหาที่ชัดเจนมากขึ้น โดยรูปแบบของการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามลำดับ ดังนี้

1. ส่วนหลักการ (Principle) เป็นส่วนของการระบุหลักการหรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2. ส่วนของการให้เหตุผล (Justification) เป็นส่วนของการนำหลักการ หรือมโนทัศน์ที่ระบุไว้ในส่วนแรก มาใช้อธิบายวิธีการและเหตุผลในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

3. ส่วนของแผนการ (Plan) เป็นส่วนของการวางแผนในการแก้ปัญหา ซึ่งในส่วนนี้จะระบุขั้นตอน วิธีการและสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น โดยในส่วนของการดำเนินการแก้ปัญหานั้น นักเรียนจะดำเนินการแก้ปัญหา โดยจัดรูปแบบการแก้ปัญหาออกเป็น 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ซ้ายจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และคอลัมน์ขวาจะเป็นส่วนของสมการและขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหาในคอลัมน์ทางซ้าย

ตัวอย่างการใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ (Docktor et al., 2015)

ปัญหา : รถไฟเหาะมวล 150 kg อยู่ที่จุด A ซึ่งอยู่สูงจากพื้น 3 m วิ่งด้วยความเร็ว 13 m/s จงคำนวณหาความเร็วที่จุด B ซึ่งอยู่สูงจากพื้น 5 m

หลักการ :

การอนุรักษ์พลังงาน พลังงานกลรวมของระบบ (ผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์) ในตอนเริ่มต้นเท่ากับตอนสุดท้าย

การให้เหตุผล :

ไม่มีแรงภายนอกมากระทำกับรถไฟเหาะ (ไม่คิดแรงต้านอากาศและแรงเสียดทาน) จึงไม่มีการสูญเสียพลังงาน ดังนั้นพลังงานที่จุด A จึงมีค่าเท่ากับพลังงานที่จุด B

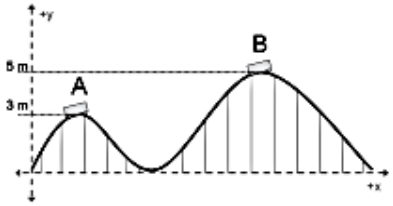
แผนการ :

1. วาดภาพและกำหนดสัญลักษณ์แทนปริมาณในปัญหา

2. เขียนสมการการอนุรักษ์พลังงานกล ขยายสมการให้อยู่ในรูปของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ในตอนเริ่มต้นและตอนสุดท้าย

3. แก้สมการเพื่อหาความเร็วของรถไฟเหาะ แทนค่าและคำนวณคำตอบในเชิงตัวเลข

ตารางที่ 1 การแก้ปัญหาโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

ขั้นตอนในส่วนของแผนการ	**สมการที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน**
1. วาดภาพและกำหนดสัญลักษณ์แทนปริมาณในปัญหา	 $m = 150\ kg$ มวลของรถไฟเหาะ $v_i = 13\ m/s$ ความเร็วเริ่มต้นของรถที่จุด A $h_i = 3\ m$ ความสูงที่จุด A $h_f = 5\ m$ ความสูงที่จุด B $v_f = ?$ ความเร็วสุดท้ายของรถที่จุด B

ตารางที่ 2 การแก้ปัญหาโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ (ต่อ)

ขั้นตอนในส่วนของแผนการ	**สมการที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน**
2. เขียนสมการการอนุรักษ์พลังงานกล ขยายสมการให้อยู่ในรูปของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ในตอนเริ่มต้นและตอนสุดท้าย	$\Delta E = 0 \rightarrow E_i = E_f$ $E_{Ki} + E_{Pi} = E_{Kf} + E_{Pf}$ $\frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgh_f$
3. แก้สมการเพื่อหาความเร็วของรถไฟเหาะแทนค่าและคำนวณคำตอบในเชิงตัวเลข	$\frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgh_f$ $\frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i - mgh_f$ $v_f^2 = \frac{\frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i - mgh_f}{\frac{1}{2}m}$ $v_f = \sqrt{\frac{\frac{1}{2}mv_i^2 + mgh_i - mgh_f}{\frac{1}{2}m}}$ $v_f = \sqrt{v_i^2 + 2g(h_i - h_f)}$ $v_f = \sqrt{(13m/s)^2 + 2(10m/s^2)(3m - 5m)}$ $v_f = 11\ m/s$

Mestre et al. (2011) และ Docktor et al. (2015) ได้ระบุการประเมินผลสำหรับแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์โดยใช้ข้อสอบ 5 ประเภท แบ่งการประเมินเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 การทดสอบมโนทัศน์

1.1 การจัดประเภทปัญหา (Problem categorization) เป็นการประเมินความสามารถในการตรวจสอบปัญหาของนักเรียน ประเมินความสามารถในการเลือกมโนทัศน์มาแก้ไขปัญหาของนักเรียน

1.2 คำถามเชิงมโนทัศน์ (Conceptual questions) เป็นการประเมินการเชื่อมโยงมโนทัศน์เข้ากับปัญหาของนักเรียน ซึ่งถือเป็นจุดประสงค์สำคัญของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

1.3 การหาข้อผิดพลาด (Finding errors) เป็นการประเมินการหาข้อผิดพลาดในการเขียนของนักเรียนในส่วนของมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยไม่รวมข้อผิดพลาดที่เกิดจากขั้นตอนทางการคำนวณที่เกิดขึ้น ซึ่งการประเมินนี้จะตรวจสอบว่า นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้หลักการหรือแนวคิดเข้ากับการแก้ปัญหาได้หรือไม่ หรือประยุกต์ใช้แนวคิดที่ไม่ถูกต้องในการแก้ปัญหา

ส่วนที่ 2 การทดสอบการแก้ปัญหา

2.1 การยกตัวอย่างสมการ (Equation instantiation) เป็นการประเมินการแก้ปัญหาในรูปแบบสมการ นักเรียนจะต้องกำหนดสมการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อหาคำตอบในตอนสุดท้าย ซึ่งการประเมินในส่วนนี้จะประเมินการกำหนดตัวแปรและเลือกใช้สมการที่มีประสิทธิภาพ

2.2 การแก้ปัญหา (Problem solving) เป็นการประเมินการแก้ปัญหา รวมทั้งประเมินวิธีการเข้าถึงหลักการหรือแนวคิดและสมการที่ใช้ของนักเรียน

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพกับแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

	กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ (Leonard et al., 1996)	**แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ (Docktor et al., 2015)**
ขั้นตอนการแก้ปัญหา	1. หลักการหรือมโนทัศน์หลัก (principle or concept) : ระบุหลักการหรือมโนทัศน์หลัก ที่สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้	1. หลักการ (Principle) : ระบุหลักการหรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
	2. การให้เหตุผล (Justification) : เพราะเหตุใดหลักการหรือมโนทัศน์จึงสามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้	2. การให้เหตุผล (Justification) : นำหลักการ หรือมโนทัศน์ที่ระบุไว้ในส่วนแรกมาใช้อธิบายวิธีการและเหตุผลในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา
	3. กระบวนการ (Procedure) : การประยุกต์หลักการหรือมโนทัศน์ไปสู่การแก้ปัญหา ในรูปของการเขียนบรรยายในเชิงคุณภาพ	3. แผนการ (Plan) : วางแผนในการแก้ปัญหา ซึ่งจะระบุขั้นตอน วิธีการและสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นปฏิบัติตามขั้นตอนจนได้คำตอบในเชิงปริมาณออกมา

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพกับแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ (ต่อ)

	กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ (Leonard et al., 1996)	**แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ (Docktor et al., 2015)**
ลักษณะการแก้ปัญหา	ใช้กลยุทธ์การเขียนบนพื้นฐานของผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์ปัญหา เขียนเป็นร้อยแก้วเชิงคุณภาพในลักษณะของ “อะไร ทำไม และอย่างไร” ของการแก้ปัญหาทั้งหมด	รวมกลยุทธ์การเขียนอธิบาย และกลยุทธ์การแก้ปัญหาสองคอลัมน์ไว้ด้วยกัน กลยุทธ์การเขียนอธิบายจะใช้ในส่วนของหลักการและการให้เหตุผลและกลยุทธ์การแก้ปัญหาสองคอลัมน์ใช้ในส่วนของแผนการแก้ปัญหา ซึ่งคอลัมน์ซ้ายจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และคอลัมน์ขวาจะเป็นส่วนของสมการและขั้นตอนทางทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหาในคอลัมน์ทางซ้าย

แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ในการจัดการเรียนการสอน

การเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ ต้องมีการจัดกิจกรรมฝึกฝน การวิเคราะห์ปัญหา เพื่อให้ทราบถึงมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และสามารถอธิบายได้ว่ามโนทัศน์ที่ระบุไว้นั้น สามารถแก้ปัญหาได้อย่างไร โดยมีการตรวจสอบความรู้ระหว่างนักเรียนกับครูผู้สอน เมื่อผ่านขั้นตอนดังกล่าวนักเรียนจะมีความรู้ที่ถูกต้อง และนำไปใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมที่ให้นักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการที่ได้กำหนดไว้ (Docktor et al., 2015) โดยในส่วนของการดำเนินการแก้ปัญหานั้น นักเรียนจะจัดรูปแบบการแก้ปัญหาออกเป็น 2 คอลัมน์ คอลัมน์ซ้ายจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และคอลัมน์ขวาจะเป็นส่วนของสมการและขั้นตอนทางทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหาในคอลัมน์ทางซ้าย และสุดท้ายจะเป็นส่วนของการประเมินผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาที่ได้ในตอนสุดท้าย โดยแนวทางการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนหลักการ (Principle) เป็นการระบุหลักการหรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2. ส่วนของการให้เหตุผล (Justification) เป็นการการนำหลักการ หรือมโนทัศน์ที่ระบุไว้ในส่วนแรก มาใช้อธิบายวิธีการและเหตุผลในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

3. ส่วนของแผนการ (Plan) เป็นการวางแผนในการแก้ปัญหา ซึ่งในส่วนนี้จะระบุขั้นตอน วิธีการและสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น โดยในส่วนของการดำเนินการแก้ปัญหานั้น นักเรียนจะดำเนินการแก้ปัญหา โดยจัดรูปแบบการแก้ปัญหาออกเป็น 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ซ้ายจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และคอลัมน์ขวาจะเป็นส่วนของสมการและขั้นตอนทางทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหาในคอลัมน์ทางซ้าย

และจากครูที่นำแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ไปใช้ในโรงเรียนมัธยมศึกษาพบว่า แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น สามารถปรับใช้ได้กับรูปแบบการสอนที่หลากหลาย และยังพบลักษณะของการนำแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ไปใช้ดังนี้ (Docktor et al., 2015)

1. ส่วนหลักการ ครูและนักเรียนมีการถามตอบหลักการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ครูยกตัวอย่างขึ้นในห้องเรียน โดยคำตอบของนักเรียนจะถูกครูเขียนแสดงไว้บนกระดาน

2. ส่วนการให้เหตุผล ครูชี้แนะนักเรียนในการเชื่อมโยงหลักการเข้ากับปัญหา เพื่อนำหลักการที่ได้ไปสู่กระบวนการแก้ปัญหา โดยมีการถามตอบระกว่าครูและนักเรียน จากนั้นครูนำคำตอบที่ได้จากนักเรียนเขียนแสดงบนกระดาน

3. ส่วนแผนการ ครูชี้แนะนักเรียนในส่วนของแผนการแก้ปัญหา 3 ขั้นตอน โดยนำคำตอบที่ได้จากนักเรียนเขียนบนกระดาน จากนั้นแสดงวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จนได้คำตอบ

นอกจากนี้ แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น ยังถูกแสดงอยู่ในรูปของใบงาน ที่มีองค์ประกอบ 3 ส่วนได้แก่ ส่วนของหลักการ การให้เหตุผล และแผนการ ซึ่งให้นักเรียนฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้สาธิตการแก้ปัญหาให้นักเรียนศึกษาในครั้งแรก

จากส่วนต่าง ๆ ของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ ประกอบกับบทสัมภาษณ์ครูที่นำแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ไปใช้ในโรงเรียน ผู้วิจัยได้สรุปแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์เป็น 3 ส่วนหลักสำคัญ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนของการตรวจสอบมโนทัศน์ เป็นส่วนของการทบทวนกฎ หลักการและมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา โดยครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบมโนทัศน์ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา จากนั้นครูจะยกตัวอย่างปัญหาที่มีความหลากหลายเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนระบุมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปัญหาทั้งในรูปของทฤษฎีและสมการที่เกี่ยวข้อง

ส่วนที่ 2 ส่วนของการให้เหตุผล เป็นส่วนของการวิเคราะห์เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กับปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องวิเคราะห์ว่ามโนทัศน์นั้นสามารถนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างไร โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์กับปัญหา

ส่วนที่ 3 ส่วนของแผนการแก้ปัญหา เป็นส่วนของการกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา และปฏิบัติการแก้ปัญหานั้น โดยในขั้นนี้ นักเรียนจะพิจารณาว่าเงื่อนไขที่ปัญหาให้มาคืออะไร สิ่งใดทราบค่าและสิ่งใดที่โจทย์ต้องการทราบ นักเรียนจะต้องวิเคราะห์ปัญหาออกมาเป็นรูปภาพหรือคำพูดของตนเอง โดยพิจารณาข้อมูลทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา จากนั้นจะเลือกใช้กฎหลักการ หรือสมการที่มีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในปัญหา และมโนทัศน์ที่ระบุไว้ข้างต้น และหาค่าของตัวแปรไม่ทราบค่าที่ระบุในปัญหา จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่เลือกและสรุปความรู้จากการคำตอบโดยการเชื่อมโยงคำตอบกับปัญหานั้น

โดยในส่วนของการแก้ปัญหานั้นนักเรียนจะจัดรูปแบบการแก้ปัญหาออกเป็น 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ซ้ายจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และคอลัมน์ขวาจะเป็นส่วนของสมการและขั้นตอนทางทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหาในคอลัมน์ทางซ้าย โดยในส่วนนี้ครูจะเป็นผู้ให้คำแนะนำในการวางแผนการแก้ปัญหาและ ตรวจสอบความเหมาะสมของกระบวนการที่ใช้ ให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนไม่สามารถปฏิบัติตามแผนการที่วางไว้ได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยที่ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายคลึงกับแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา แสดงได้ดังนี้

Docktor et al. (2015) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ โดยทำการเปรียบเทียบห้องที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์กับห้องที่เรียนด้วยวิธีการการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 3 โรงเรียน จากการสัมภาษณ์ครูที่นำแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ไปใช้พบว่า แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์สามารถปรับใช้ได้ง่ายกับรูปแบบการเรียนการสอนแบบต่าง ๆ และนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์มีคะแนนมโนทัศน์และการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่เรียนวิธีการการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม

Leonard et al. (1996) ศึกษาผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจมโนทัศน์ของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และคณะวิศวกรรมศาสตร์ในวิชากลศาสตร์เบื้องต้น โดยมีกลุ่มทดลองเป็นนักศึกษาที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพจำนวน 148 คนและกลุ่มควบคุมเป็นนักศึกษาที่เรียนโดยการสอนแบบทั่วไปจำนวน 376 คน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษากลุ่มที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ มีความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจมโนทัศน์ที่สูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้วิธีการแบบดั้งเดิม

Mualem and Eylon (2010) ศึกษาผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในประเทศอิสราเอล โดยมีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยกลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพจำนวน 106 คน ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังจากได้รับการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพแล้ว นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงคุณภาพสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังจากการสัมภาษณ์นักเรียนในระยะเวลา 6 เดือนต่อจากนั้นพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการทำนายและอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์เพิ่มขึ้น

Huffman (1997) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การแก้ปัญหาแบบชัดแจ้ง (Explicit Problem Solving) เปรียบเทียบกับวิธีการแก้ปัญหาในหนังสือเรียนที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจมโนทัศน์ฟิสิกส์ ซึ่งในขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบชัดแจ้งทั้ง 5 ขั้นตอน ที่ประกอบด้วยขั้นพิจารณาปัญหา อธิบายหลักการฟิสิกส์ วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และการประเมินคำตอบนั้น มีความคล้ายคลึงกับส่วนที่ 3 ซึ่งเป็นส่วนของแผนการแก้ปัญหาของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ โดยมีกลุ่มทดลองเป็นนักเรียนที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบชัดแจ้งจำนวน 86 คนและกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนที่เรียนโดย วิธีการแก้ปัญหาในหนังสือเรียน 59 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้การแก้ปัญหาแบบชัดแจ้ง มีความสามารถในการแก้ปัญหาดีกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้วิธีแก้ปัญหาในหนังสือเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับความเข้าใจมโนทัศน์ฟิสิกส์พบว่า คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Çalışkan, Selçuk, and Erol (2010a) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการใช้กลยุทธ์ของนักเรียน โดยมีกลุ่มทดลองเป็นนักเรียนที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหา 38 คนและกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนที่เรียน ด้วยการสอนแบบทั่วไปจำนวน 38 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้

กลยุทธ์การแก้ปัญหามีความสามารถในการแก้ปัญหาและการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เกริก ศักดิ์สุภาพ (2556) ศึกษารูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (Prepare- Engage- Conceptualize- Apply : PECA) ประกอบด้วยขั้นการสอน 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 เตรียมความพร้อม (Prepare : P) ขั้นที่ 2 กระตุ้นความสนใจ (Engage : E) ขั้นที่ 3 ค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ (Conceptualize : C) และขั้นที่ 4 ประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Apply : A) ซึ่งจากรูปแบบการเรียนการสอนทั้ง 4 นั้น มีความคล้ายคลึงกับแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ทั้ง 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนของการตรวจสอบมโนทัศน์ สอดคล้องกับขั้นเตรียมความพร้อม และขั้นกระตุ้นความสนใจ ซึ่งเป็นขั้นตอนการทบทวนมโนทัศน์ของนักเรียน

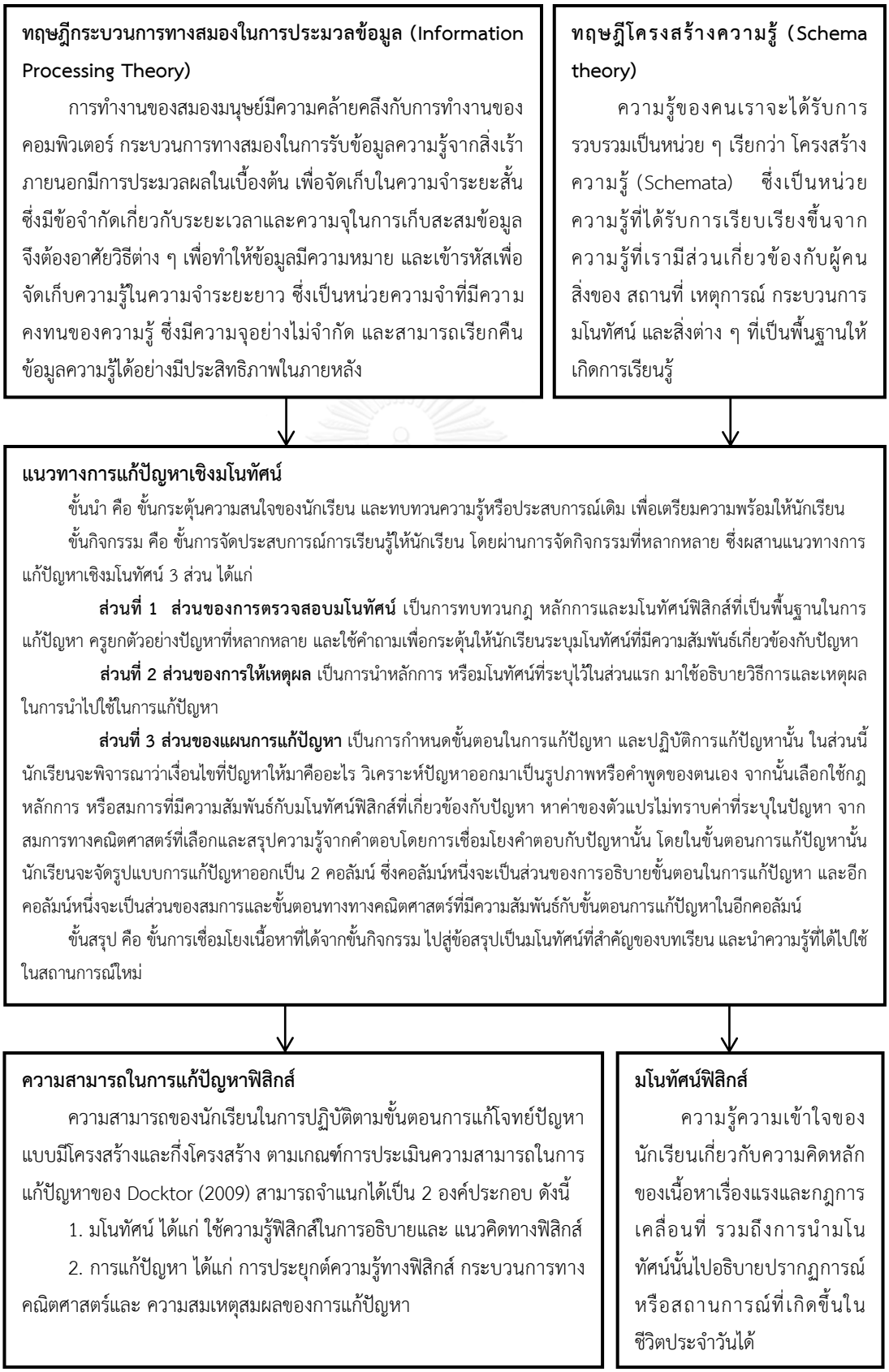
ส่วนที่ 2 ส่วนของการให้เหตุผล สอดคล้องกับขั้นค้นหาและกระจ่างมโนทัศน์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำมโนทัศน์ไปใช้ในการแก้ปัญหา

ส่วนที่ 3 ส่วนของแผนการแก้ปัญหา สอดคล้องกับขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำมโนทัศน์มาประยุกต์ใช้ โดยผ่านกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

โดยมีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วย รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) จำนวน 2 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 1 ห้องเรียน และโรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง จำนวน 1 ห้องเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ (PECA) มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ฟิสิกส์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ และความคงทนในการเรียนรู้หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายคลึงกับแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์และความสามารถในการแก้ปัญหา โดยสรุปพบว่า การเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาที่มีความคล้ายคลึงกับแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่เพิ่มขึ้น และยังส่งเสริมความสามารถในด้านอื่น ๆ ได้แก่ ความเข้าใจมโนทัศน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ความสามารถในการใช้กลยุทธ์ และความสามารถในการให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

กรอบแนวคิดงานวิจัย



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กำหนดระเบียบวิธีการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

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

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) มีรูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการทดลองในส่วนของมโนทัศน์ฟิสิกส์และเก็บข้อมูลหลังการทดลองเพียงอย่างเดียวในส่วนของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ (วรรณี แกมเกตุ, 2555) ดังแผนภาพที่ 1

ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design

กลุ่มทดลอง	O_1 -------- X -------- O_2
กลุ่มควบคุม	O_1 -------- ~X -------- O_2

X	หมายถึง	การเรียนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
~X	หมายถึง	การเรียนแบบทั่วไป
O_1	หมายถึง	การเก็บข้อมูลก่อนการทดลองในส่วนของมโนทัศน์ฟิสิกส์
O_2	หมายถึง	การเก็บข้อมูลหลังการทดลองในส่วนของความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

1.1 การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกคือ เป็นโรงเรียนที่เปิดสอนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจนถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ มีจำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมากเพียงพอต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล และเป็นโรงเรียนที่ให้การสนับสนุนและความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีการเลือกแบบหลายขั้นตอน มีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

1.2.1 เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากเป็นระดับชั้นที่ยังพบปัญหาของนักเรียนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาฟิสิกส์ ที่สืบเนื่องมาจากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผู้เรียนในปีการศึกษา 2558 ที่ผ่านมา และเป็นระดับชั้นที่เรียนเนื้อหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ในภาคเรียนดังกล่าว ซึ่งมีจำนวน 8 ห้อง จากนั้นดำเนินการทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลอง ด้วยการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ตอนกลางภาคของนักเรียน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

(1) นำค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์กลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของนักเรียนแต่ละห้องมาทดสอบค่าความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) ผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า (F) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของนักเรียน 8 ห้องเรียน

ห้องเรียน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	F
405	16.906	1.9342	22.144*
406	11.140	3.9796	
407	15.579	2.7578	
408	10.500	3.8769	
409	11.140	3.6141	
410	11.102	4.1895	
411	10.816	4.9986	
412	11.689	4.3606	

*P<0.05

จากตาราง พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 1 คู่

(2) ทำการทดสอบภายหลัง (Post hoc test) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของแต่ละห้องเรียน ด้วยการเปรียบเทียบรายคู่ โดยการเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise comparisons) ใช้สถิติทดสอบของ Dunnett's T3 เนื่องจากความแปรปรวนของกลุ่มไม่เท่ากัน ผลการเปรียบเทียบแสดงได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรายคู่ของนักเรียน 8 ห้องเรียน

ห้องเรียน	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรายคู่							
		405	406	407	408	409	410	411	412
405	16.906	-	5.766*	1.327	6.406*	5.766*	5.804*	6.090*	5.217*
406	11.140	-	-	-4.439*	.640	.000	.038	.324	-.549
407	15.579	-	-	-	5.079*	4.439*	4.477*	4.766*	3.890*
408	10.500	-	-	-	-	-.640	-.602	-.316	-1.189
409	11.140	-	-	-	-	-	.038	.324	-.549
410	11.102	-	-	-	-	-	-	.286	-.587
411	10.816	-	-	-	-	-	-	-	-.873
412	11.689	-	-	-	-	-	-	-	-

*P<0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตาราง พบว่า ห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ กลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ไม่แตกต่างกันมี 16 คู่ แสดงได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์กลางภาคไม่แตกต่างกันจำนวน 16 คู่

คู่ที่	ห้องเรียน	คู่ที่	ห้องเรียน	คู่ที่	ห้องเรียน	คู่ที่	ห้องเรียน
1	405 กับ 407	5	406 กับ 411	9	408 กับ 411	13	409 กับ 412
2	406 กับ 408	6	406 กับ 412	10	408 กับ 412	14	410 กับ 411*
3	406 กับ 409	7	408 กับ 409	11	409 กับ 410	15	410 กับ 412
4	406 กับ 410	8	408 กับ 410	12	409 กับ 411	16	411 กับ 412

จากห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ กลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ไม่แตกต่างกันมี 16 คู่ดังตาราง ทางโรงเรียนได้อนุเคราะห์ให้ทดลองกับคู่ที่ 14 คือ ห้องมัธยมศึกษาปีที่ 410 และ 411 ห้องเรียน 2 ห้องนี้จึงเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

1.2.2 กำหนดห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก กำหนดนักเรียน 1 ห้องเป็นกลุ่มทดลองคือ ห้องมัธยมศึกษาปีที่ 411 เรียนวิชาฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกำหนดนักเรียน 1 ห้องเป็นกลุ่มควบคุมคือ ห้องมัธยมศึกษาปีที่ 410 เรียนวิชาฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

1.2 แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งมี 2 แบบ ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ สามารถแสดงดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบข้อมูลคือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา คือแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ในส่วนที่เป็นผลการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยแบ่งการวัดออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของการแก้ปัญหาและส่วนของมโนทัศน์ในการแก้ปัญหา มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย และใช้สาระฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ เป็นเนื้อหาในการวัด โดยมีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน จากหลักสูตรของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษเขต 1 ที่ผู้วิจัยเลือก เพื่อกำหนดกรอบของสาระที่ใช้ในการออกข้อสอบ และศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

2. กำหนดโครงสร้างของแบบวัดและออกแบบวัดตามกรอบเนื้อหาที่สอน โดยมีข้อสอบจำนวน 10 ข้อ กำหนดเวลาในการทำข้อสอบ 100 นาที กรอบเนื้อหาและจำนวนข้อที่ใช้ในการออกข้อสอบแสดงได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงเนื้อหาและจำนวนข้อสอบที่ใช้ในการออกแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

หัวข้อเรื่อง	เนื้อหา	จำนวนข้อ
1. แรง	1. การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน	1
2. กฎการเคลื่อนที่	1. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	1
	2. กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	2
	3. กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	2
3. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	1. การหาขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวล	1
	2. การหาความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลก	1
4. แรงเสียดทาน	1. การหาขนาดและทิศทางของแรงเสียดทาน	2
	รวม	10

3. ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ให้สอดคล้องกับสาระที่เลือกและนำเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนของ Docktor (2009) ที่ระบุเกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ 5 ประการ ได้แก่ 1) ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description) 2) แนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach) 3) การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ (Specific Application of Physics) 4) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures) 5) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression)

4. กำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนน โดยมีคะแนน 6 ระดับ คือ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 คะแนน จากเกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหา 5 รายการทำให้ระดับคะแนนในแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0-25 คะแนน ดังนั้นแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาจำนวน 10 ข้อมีคะแนนรวมอยู่ในช่วง 0-250 คะแนน และนำคะแนนที่ได้ ไปเทียบคิดคะแนนเป็นร้อยละ ซึ่งระดับคะแนนของเกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาและคำอธิบายของเกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหา แสดงดังตารางที่ 9 และ 10 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 แสดงระดับคะแนนของเกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหา (Docktor, 2009)

รายการ		1. ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description)	2. แนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach)	3. การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ (Specific Application of Physics)
ระดับคะแนน	**5**	คำอธิบายมีประโยชน์เหมาะสม และสมบูรณ์	แนวคิดทางฟิสิกส์มีความเหมาะสม และสมบูรณ์	การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์มีความเหมาะสมและสมบูรณ์
	4	คำอธิบายมีประโยชน์แต่ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย	แนวคิดทางฟิสิกส์มีความเหมาะสม แต่ไม่สมบูรณ์หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย	การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์มีความเหมาะสมแต่ไม่สมบูรณ์หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
	3	คำอธิบายบางส่วนไม่มีประโยชน์ ไม่สมบูรณ์หรือมีข้อผิดพลาด	แนวคิดทางฟิสิกส์บางส่วนไม่เหมาะสมหรือไม่สมบูรณ์	การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์บางส่วนไม่เหมาะสมหรือไม่สมบูรณ์
	2	คำอธิบายส่วนใหญ่ไม่มีประโยชน์ ไม่สมบูรณ์หรือมีข้อผิดพลาด	แนวคิดทางฟิสิกส์ส่วนใหญ่ไม่เหมาะสม หรือไม่สมบูรณ์	การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ส่วนใหญ่ไม่เหมาะสมหรือไม่สมบูรณ์
	1	คำอธิบายทั้งหมดไม่มีประโยชน์ หรือมีข้อผิดพลาด	แนวคิดทางฟิสิกส์ทั้งหมดไม่เหมาะสม	การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ทั้งหมดไม่เหมาะสม
	0	ไม่ระบุคำอธิบาย หรือระบุคำอธิบายที่ไม่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา	ไม่ระบุแนวคิดทางฟิสิกส์หรือระบุแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ไม่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา	ไม่ระบุการประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์หรือระบุการประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ที่ไม่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 แสดงระดับคะแนนของเกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหา (ต่อ) (Docktor, 2009)

รายการ		4. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures)	5. ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression)
ระดับคะแนน	**5**	กระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมและสมบูรณ์	การแก้ปัญหาทั้งหมดมีความชัดเจน เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหา
	4	กระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมแต่ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย	การแก้ปัญหามีความชัดเจน เหมาะสม แต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
	3	กระบวนการทางคณิตศาสตร์บางส่วนไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาด	การแก้ปัญหาบางส่วนไม่ชัดเจน ไม่เหมาะสม หรือไม่สอดคล้องกับปัญหา
	2	กระบวนการทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาด	การแก้ปัญหาส่วนใหญ่ไม่ชัดเจน ไม่เหมาะสม หรือไม่สอดคล้องกับปัญหา
	1	กระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดมีข้อผิดพลาด	การแก้ปัญหาทั้งหมดไม่ชัดเจน ไม่เหมาะสม หรือไม่สอดคล้องกับปัญหา
	0	ไม่ระบุกระบวนการทางคณิตศาสตร์หรือระบุกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา	ไม่ระบุหลักฐานของความสมเหตุสมผลในการแก้ปัญหาหรือระบุสิ่งที่ไม่จำเป็นในการแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 11 แสดงคำอธิบายของเกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหา (Docktor, 2009)

ประเภทการประเมิน	เกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหา	คำอธิบาย
มโนทัศน์	1. ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description)	ประเมินการจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากปัญหา อาจแสดงในรูปของการกำหนดตัวแปร การวาดภาพแสดงสถานการณ์ปัญหา
	2. แนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach)	ประเมินการเลือกมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
การแก้ปัญหา	3. การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ (Specific Application of Physics)	ประเมินการประยุกต์ใช้มโนทัศน์ฟิสิกส์ในการเลือกแนวทางที่สอดคล้องกับปัญหาในการแก้ปัญหา เช่น การกำหนดสมการแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การเลือกสมการ
	4. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures)	ประเมินขั้นตอนการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและเหมาะสมในการแก้ปัญหา
	5. ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression)	ประเมินความสอดคล้องของคำตอบที่ได้กับปัญหา และความเหมาะสมของวิธีการแก้ปัญหา

5. สร้างแบบเฉลยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

6. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่แบบเฉลยและเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนที่สร้างเสร็จแล้วมาให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องความสอดคล้องของแบบวัดและแบบเฉลย รวมทั้งตรวจสอบภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

7. นำแบบวัดที่ ได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนปลาย มีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาฟิสิกส์เป็นอย่างดี นักวิชาการและอาจารย์ที่มีประสบการณ์ในการสอนฟิสิกส์ ในระดับมหาวิทยาลัย มีความเชี่ยวชาญในด้านของการแก้ปัญหาฟิสิกส์ และเนื้อหาฟิสิกส์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับคำถาม ความชัดเจน ความถูกต้องและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.5 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) โดยผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของผู้เชี่ยวชาญอยู่ที่ 1.0 จากนั้นปรับปรุงแบบวัดตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทั้ง 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินและเกณฑ์การประเมินมากกว่า 0.5 ทุกข้อคำถาม

2) การออกข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ควรออกข้อคำถามที่กระชับ สั้น และได้ใจความมากที่สุด และควรออกข้อคำถามที่มีความสร้างสรรค์ หลีกเลี่ยงการใช้คำถามที่อาจก่อให้เกิดตัวอย่างที่ไม่ดีแก่นักเรียน เช่น ข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการยิงปืนเพื่อจับผู้ร้าย เป็นข้อคำถามที่อาจก่อให้เกิดความรุนแรงแก่นักเรียนให้หลีกเลี่ยงการใช้ และให้ปรับเป็นการซ้อมยิงปืนเพื่อการแข่งขันกีฬาแทน

3) การออกแบบเฉลยของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ควรออกให้ครอบคลุมทุกวิธีการในการหาคำตอบ ในส่วนของมโนทัศน์ที่ใช้ในการหาคำตอบนั้น ควรตรวจสอบให้มั่นใจว่ามโนทัศน์นั้นสามารถแก้ปัญหาในข้อนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง และควรใช้รูปในแบบเฉลยให้มีความชัดเจนและสื่อความมากที่สุด

4) การกำหนดเวลาในการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งกำหนดไว้ 100 นาที โดยมีจำนวนข้อสอบ 10 ข้อ ในแต่ละข้อให้นักเรียนแสดงวิธีทำโดยละเอียด พร้อมทั้งระบุมโนทัศน์ที่ใช้ ควรมีการตรวจสอบเวลาที่ใช้จริงก่อนนำไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

8. นำแบบวัดที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน สำหรับการเลือกห้องเรียนที่ใช้ทดลองนั้นเป็นการเลือกห้องเรียนแบบเจาะจง และเป็นนักเรียนที่เรียนในเนื้อหาเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้วในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดรายข้อ ได้แก่ ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก โดยกำหนดเกณฑ์ค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.20-0.80 และมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ในการหาค่าอำนาจจำแนกนั้น ใช้เทคนิค 50% เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้มีจำนวนน้อย และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความ

เที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของครอนบาร์ค ผลการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อแสดงได้ดังนี้ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.50-0.68 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.80 และคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.877

9. นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อเก็บข้อมูลหลังการทดลองในส่วนของความสามารถในการแก้ปัญหา

1.2 แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์

แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ คือ แบบวัดมโนทัศน์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นแบบวัดปรนัยสองตอน ใช้สอบนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนและหลังการเรียน โดยมีรายละเอียดการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวกับหลักสูตรฟิสิกส์และผลการเรียนรู้ของรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน จากหลักสูตรของโรงเรียนมัธยมศึกษาเขตพื้นที่การศึกษาเขต 1 เพื่อกำหนดกรอบของสาระที่ใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหา

2. กำหนดโครงสร้างของแบบวัดและออกแบบวัดตามกรอบเนื้อหาที่สอน โดยมีข้อสอบจำนวน 10 ข้อ กำหนดเวลาในการทำข้อสอบ 50 นาที กรอบเนื้อหาและจำนวนข้อที่ใช้ในการออกข้อสอบแสดงได้ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงเนื้อหาและจำนวนข้อสอบที่ใช้ในการออกแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์

ลำดับข้อ	เนื้อหา	จำนวนข้อ
1	มวล	1
2-3	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	2
4-5	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	2
6-7	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	2
8-9	น้ำหนักกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	2
10	แรงเสียดทาน	1
	รวม	10

3. สร้างแบบวัดมโนทัศน์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยข้อสอบเป็นแบบปรนัยประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ส่วน ส่วนที่ 1

เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และส่วนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบในส่วนที่ 1 ซึ่งทั้งสองส่วนประกอบด้วย 4 ตัวเลือก ตามแนวคิดของ Odom and Kelly (2001)

4. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนตามแนวคิดของ (Caleon and Subramaniam (2010)) ซึ่งข้อคำถามแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 2 คะแนน กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ได้ 2 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกทั้ง 2 ตอน

ได้ 1 คะแนน เมื่อตอบคำถามถูกในตอนที่ 1

ได้ 0 คะแนน เมื่อตอบผิดในตอนที่ 1 หรือตอบผิดทั้ง 2 ตอนหรือไม่ตอบทั้ง 2 ตอน

5. สร้างแบบเฉลยแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

6. นำแบบวัดที่สร้างเสร็จให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ พฤติกรรมที่ต้องการวัด ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

7. นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาฟิสิกส์เป็นอย่างดี นักวิชาการและอาจารย์ที่มีประสบการณ์ในการสอนฟิสิกส์ ในระดับมหาวิทยาลัย มีความเชี่ยวชาญในด้านของเนื้อหาฟิสิกส์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับคำถาม ความชัดเจน ความถูกต้องและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.5 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) และตัดข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 ทิ้ง จากนั้นปรับปรุงแบบวัดตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

1) การออกข้อคำถามในแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ ควรออกข้อคำถามที่กระชับ สั้นและได้ใจความมากที่ทุก หลีกเลี่ยงการใช้ชื่อเฉพาะ และควรออกข้อคำถามที่มีความสร้างสรรค์หลีกเลี่ยงการใช้คำถามที่อาจก่อให้เกิดตัวอย่างที่ไม่ดีแก่นักเรียน เช่น ข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการขโมย เป็นข้อคำถามที่อาจก่อให้เกิดตัวอย่างที่ไม่เหมาะสมแก่นักเรียนให้หลีกเลี่ยงการใช้ และข้อคำถามที่ใช้ควรเป็นสถานการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้จริงมากที่สุด

2) การปรับสถานการณ์ หรือการกำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมในข้อคำถาม เช่น ข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการชั่งน้ำหนักในลิฟต์ ให้กำหนดเงื่อนไข โดยระบุให้ชัดเจน ว่าต้องการทราบน้ำหนักที่เครื่องชั่งอ่านค่าได้ในช่วงเวลาใด หรือข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับการเข็นครกลงจากภูเขา ควรระบุให้ชัดเจน ว่าต้องการทราบความเร่งในช่วงใดของการออกแรงเข็นครก

3) การปรับตัวลวงในส่วนของเหตุผลสนับสนุน ควรปรับภาษาที่ใช้ให้มีความเหมาะสมและชัดเจน เนื่องจากภาษาที่ใช้ในตัวลวงบางข้อนั้น เมื่อตีความออกมาแล้วให้ความหมายเหมือนกัน ส่งผลให้มีคำตอบที่ถูกต้อง 2 ข้อ เช่น ในกรณีการเหยียบเบรกอย่างกะทันหัน ผลที่เกิดขึ้นกับคนที่อยู่ในรถจะเป็นอย่างไร ตัวเลือกในส่วนของเหตุผลสนับสนุนได้แก่ คนในรถมีความเร็วเช่นเดียวกับความเร็วของรถ และคนในรถรักษาสภาพการเคลื่อนที่นั้น เมื่อตีความแล้วทั้งสองข้อนี้ให้ความหมายเหมือนกัน

4) การกำหนดเวลาในการทำแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ ซึ่งกำหนดไว้ 50 นาที โดยมีจำนวนข้อสอบ 10 ข้อ เป็นข้อสอบปรนัยประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน โดยส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และส่วนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบในส่วนที่ 1 ซึ่งทั้งสองตอนประกอบด้วย 4 ตัวเลือก ควรมีการตรวจสอบเวลาที่ใช้จริงก่อนนำไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากเวลาที่กำหนดให้อาจไม่เหมาะสมกับจำนวนข้อสอบ

8. นำแบบวัดที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษที่ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 38 คน สำหรับการเลือกห้องเรียนที่ใช้ทดลองนั้นเป็นการเลือกห้องเรียนแบบเจาะจง และเป็นนักเรียนที่เรียนในเนื้อหาเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้วในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดรายข้อ ได้แก่ ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก โดยกำหนดเกณฑ์ค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.20-0.80 และมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ในการหาค่าอำนาจจำแนกนั้น ใช้เทคนิค 50% เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้มีจำนวนน้อย และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของครอนบาร์ค ผลการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อแสดงได้ดังนี้ แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.41-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.26-0.58 และคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.779 และแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.41-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.23-0.54 และคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.746

9. นำแบบวัดมโนทัศน์ไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อเก็บข้อมูลหลังการทดลองในส่วนของมโนทัศน์ฟิสิกส์

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งมี 2 แบบ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสอนเชิงมโนทัศน์สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองและ 2) แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบทั่วไปสำหรับนักเรียนกลุ่มควบคุม โดยขั้นตอนในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนเชิงมโนทัศน์และการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป รวมถึงศึกษาและวิเคราะห์สาระฟิสิกส์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนคือเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

2. จัดสาระการเรียนรู้เพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 6 แผน จำนวน 18 คาบ ดังแสดงได้ดังตารางที่ 13 และ 14 ตามลำดับ

ตารางที่ 13 แสดงจำนวนคาบและสาระการเรียนรู้ ตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้

ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	จำนวนคาบ
1	**แรงและการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน** - การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการสร้างรูป - การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการคำนวณ	3
2	**กฎการเคลื่อนที่** - กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน - กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน - กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	9
3	**น้ำหนัก**	1

ตารางที่ 14 แสดงจำนวนคาบและสาระการเรียนรู้ ตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	จำนวนคาบ
4	**กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน** - สนามโน้มถ่วง - ความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลก - สภาพไร้น้ำหนัก	2
5	**แรงเสียดทาน**	2
6	**การนำกฎของนิวตันไปใช้**	1
	รวม	18

3. ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ตามสาระและจำนวนคาบที่กำหนด โดยใช้การเรียนการสอนที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมเพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนการสอนที่เลือกใช้ในแต่ละกลุ่ม ซึ่งการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างกันนี้มาจากการเปรียบเทียบขั้นตอนการสอนระหว่างการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์กับการเรียนการสอนแบบทั่วไป แสดงได้ดังตารางที่ 15 และ 16 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบแนวทางการจัดการเรียนการสอนระหว่างการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์กับการเรียนการสอนแบบทั่วไป

การเรียนการสอนแบบทั่วไป	การใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
1. ขั้นนำ คือ การกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และทบทวนประสบการณ์เดิม เพื่อให้นักเรียนมีความพร้อมก่อนการจัดการเรียนการสอน	**1. ขั้นนำ** คือ การกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และทบทวนประสบการณ์เดิม เพื่อให้นักเรียนมีความพร้อมก่อนการจัดการเรียนการสอน
2. ขั้นกิจกรรม คือ การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียนโดยผ่านการจัดกิจกรรมที่หลากหลาย เช่นการบรรยาย อภิปราย สืบค้นข้อมูล การแก้ปัญหาฟิสิกส์แบบดั้งเดิม (Traditional Problem Solving) (Docktor et al., 2015; Huffman, 1997) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1. วาดภาพ เพื่อแสดงส่วนสำคัญของปัญหา 2. ระบุปริมาณที่ทราบค่าและไม่ทราบค่าที่ปัญหากำหนด 3. เลือกสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหา 4. แก้สมการข้างต้นเพื่อหาคำตอบของปัญหา 5. ตรวจคำตอบที่ได้จากการแก้สมการ	**2. ขั้นกิจกรรม** คือ การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียนโดยผ่านการจัดกิจกรรมที่หลากหลาย เช่นการบรรยาย อภิปราย หรือการสืบค้นข้อมูล โดยผสานขั้นตอนการแก้ปัญหาของ (Docktor et al. (2015)) ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้ **ส่วนที่ 1 ส่วนของการตรวจสอบมโนทัศน์** เป็นการทบทวนกฎ หลักการและมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบมโนทัศน์ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา จากนั้นยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่มีความหลากหลายเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และให้นักเรียนระบุมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปัญหา **ส่วนที่ 2 ส่วนของการให้เหตุผล** เป็นการวิเคราะห์เชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์ที่นำไปใช้แก้ปัญหา โดยเชื่อมโยงมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปัญหา และอธิบายการนำมโนทัศน์นั้นไปสู่กระบวนการแก้ปัญหา

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบแนวทางการจัดการเรียนการสอนระหว่างการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์กับการเรียนการสอนแบบทั่วไป (ต่อ)

การเรียนการสอนแบบทั่วไป	การใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
	ส่วนที่ 3 ส่วนของแผนการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา และปฏิบัติการแก้ปัญหานั้น โดยในส่วนนี้ นักเรียนลำดับขั้นตอนการใช้ข้อมูล วิเคราะห์ปัญหาออกมาเป็นรูปภาพหรือคำพูดของตนเอง แล้วเลือกใช้กฎ หลักการ หรือสมการที่มีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในปัญหา และมโนทัศน์ที่ระบุไว้ข้างต้น หาค่าของตัวแปรไม่ทราบค่าที่ระบุในปัญหา จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่เลือกและสรุปความรู้จากการคำตอบโดยการเชื่อมโยงคำตอบกับปัญหานั้น
3. ขั้นสรุป คือ การเชื่อมโยงเนื้อหาที่ได้จากขั้นกิจกรรม ไปสู่ข้อสรุปเป็นมโนทัศน์ที่สำคัญของบทเรียน และนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่	3. ขั้นสรุป คือ การเชื่อมโยงเนื้อหาที่ได้จากขั้นกิจกรรม ไปสู่ข้อสรุปเป็นมโนทัศน์ที่สำคัญของบทเรียน และนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ตามองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล รวมทั้งพิจารณาความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้กับรูปแบบการเรียนการสอนที่กำหนด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิดังภาคผนวก ก) ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนฟิสิกส์และมีความเชี่ยวชาญในด้านแผนการจัดการเรียนรู้ตรวจพิจารณารายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและ

ประเมินผล รวมทั้งพิจารณาความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้กับรูปแบบการเรียนการสอนที่กำหนด

ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ดังนี้

1) ปรับการเขียนวัตถุประสงค์ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยให้กำหนดเป็นลักษณะเฉพาะที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ อย่างครบถ้วน

2) ปรับการเขียนการประเมินผลการเรียนรู้ โดยกำหนดให้ประเมินพุทธิพิสัย ทักษะพิสัยและจิตพิสัย ที่เกิดขึ้นในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ อย่างครบถ้วน

3) ปรับรูปแบบการเขียนสาระการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ให้เป็นระเบียบ ชัดเจนและครบถ้วนตามที่ปรากฏในเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้ รวมถึงจัดลำดับของสาระการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับลำดับของการสอนในแผนการจัดการเรียนรู้

4) ปรับการใช้ภาษาและตรวจสอบให้มีความคงที่ของคำศัพท์ที่ใช้ให้สอดคล้องกันในทุกแผนการจัดการเรียนรู้

5) ปรับการใช้คำถามให้มีความกระชับ และปรับลำดับของการใช้คำถาม โดยคำถามที่มาจากการสังเกตสถานการณ์ในแผนการจัดการเรียนรู้ หรือสังเกตจากข้อมูลที่มีให้ ควรมาก่อนคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงไปสู่มโนทัศน์หรือสมการต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาเป็นส่วนหนึ่งในการตอบคำถาม

6) ปรับรูปภาพที่ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้น และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตามขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยเตรียมนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง โดยมีการทดสอบมโนทัศน์ก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากนั้นแนะนำวิชาเรียน ชี้แจงจุดประสงค์ และวิธีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์

2. การดำเนินการทดลองสอน

ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และดำเนินการสอนกลุ่มควบคุมด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทั่วไป โดยดำเนินการสอนเป็นระยะเวลารวม 6 สัปดาห์ 18 คาบ คาบละ 50 นาที

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ เมื่อดำเนินการสอนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว จากนั้นนำคะแนนก่อนเรียนที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์และคะแนนหลังเรียนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าสถิติดังต่อนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการวัดออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของความสามารถในการแก้ปัญหาและส่วนของมโนทัศน์ในการแก้ปัญหา

1.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละเลขคณิต ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที ($t-test$) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์

1.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละเลขคณิต ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) ของคะแนนมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที ($t-test$) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอนตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

ตอนที่ 2 มโนทัศน์ฟิสิกส์

ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยพิจารณาจากผลคะแนนซึ่งได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ศึกษาและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป แสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า (t) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

รายการ	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ						
		กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			ค่า t
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	S.D.	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	S.D.	
ความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์	250	156.10	62.44	24.40	131.20	52.48	18.79	5.155*

*P<0.05

จากตารางที่ 17 พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปมีค่า 156.10 คะแนนและ 131.20 คะแนนจากคะแนนเต็ม 250 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 62.44 และ 52.48 ตามลำดับ โดยนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่า กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่ว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) ศึกษาและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนในองค์ประกอบที่เป็นมโนทัศน์และการแก้ปัญหา ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป แสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า (t) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนในองค์ประกอบที่เป็นมโนทัศน์และการแก้ปัญหา ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ						
		กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			ค่า t
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	S.D.	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	S.D.	
มโนทัศน์	100	32.83	32.83	24.05	11.68	11.68	8.52	5.300*
การแก้ปัญหา	150	123.28	82.19	8.56	119.51	79.67	16.52	1.291

*P<0.05

จากตารางที่ 18 พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ องค์ประกอบที่เป็นมโนทัศน์ ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปมีค่า 32.83 คะแนนและ 11.68 คะแนนจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 32.83 และ 11.68 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ องค์ประกอบที่เป็นมโนทัศน์สูงกว่า กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในส่วนของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ องค์ประกอบที่เป็นการแก้ปัญหา ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปมีค่า 123.28 คะแนนและ 119.51 คะแนนจากคะแนนเต็ม 150 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 82.19 และ 79.67 ตามลำดับ โดยกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป และเมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้วไม่พบความแตกต่างทางสถิติของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ องค์ประกอบที่เป็นการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

มโนทัศน์ฟิสิกส์

มโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนพิจารณาจากคะแนนซึ่งได้จากแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ เป็นปรนัย 4 ตัวเลือก ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ส่วน จำนวน 10 ข้อ ที่สร้างขึ้นเพื่อให้นักเรียนนำมโนทัศน์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ไปอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน คะแนนรวมคิดเป็น 20 คะแนน โดยทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ศึกษาและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป แสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

มโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ						
		กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			ค่า t
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	S.D.	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	S.D.	
ก่อนเรียน	20	9.64	48.2	3.82	6.60	33.0	3.46	3.835*
หลังเรียน	20	14.02	70.12	2.35	10.33	51.65	3.46	5.714*

*P<0.05

จากตารางที่ 19 พบว่าคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่า 9.64 คะแนนและ 14.02 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 48.2 และ 70.12 ตามลำดับ และคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่า 6.60 คะแนนและ 10.33 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 33.0 และ 51.65 ตามลำดับ โดยกลุ่มกลุ่มที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์สูงกว่า กลุ่มกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นงานวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป 3) เพื่อศึกษามโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ และ 4) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร จำนวน 101 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 49 คน และกลุ่มควบคุม 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ 1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และ 2) แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนเท่ากับร้อยละ 62.44 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 60

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนเท่ากับร้อยละ 70.12 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์สูงกว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบดังกล่าวยังส่งเสริมการนำมโนทัศน์ในเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ไปอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งการอภิปรายผลการทดลองนี้ผู้วิจัยแบ่งเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ 1) ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ และ 2) ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

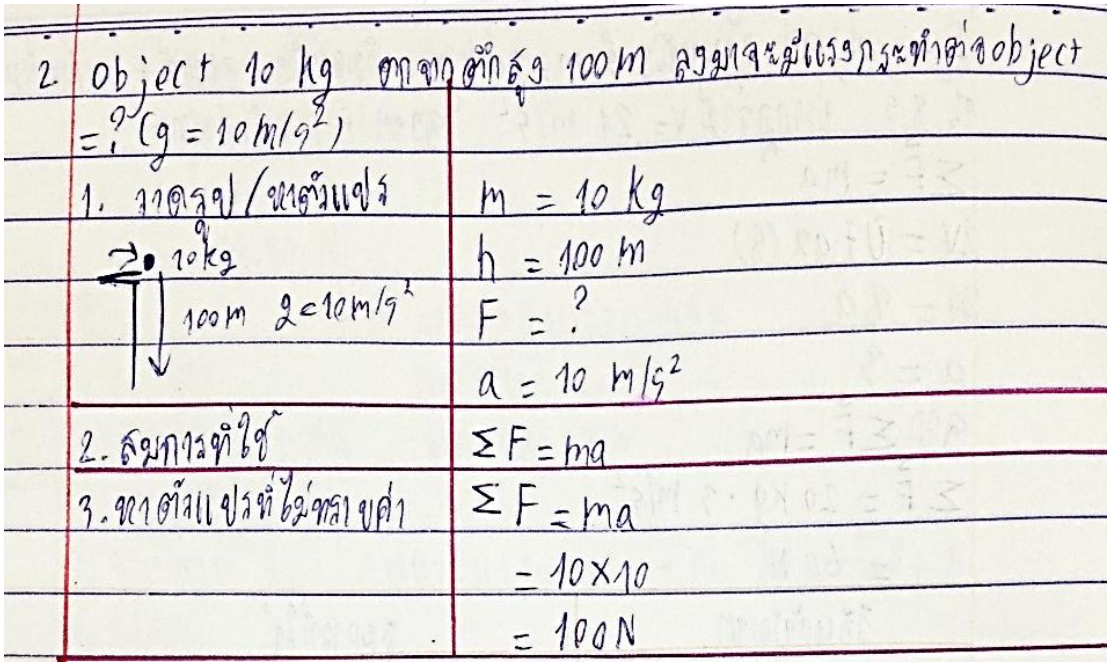
ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 และเมื่อพิจารณาเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของ Docktor (2009) สามารถแบ่งองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ การแก้ปัญหาและมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ องค์ประกอบที่เป็นการแก้ปัญหาและมโนทัศน์สูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้งสองส่วน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Leonard et al. (1996) ที่พบว่านักศึกษากลุ่มที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการสอดคล้องกับการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจมโนทัศน์ที่สูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้วิธีการแบบดั้งเดิม และงานวิจัยของ Mualem and Eylon (2010) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงคุณภาพสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากงานวิจัยของ Chuchuer and Dachakupt (2012) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาความรู้และวิธี การใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ ตามแนวคิดของ Heller and Hollabaugh (1992) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นพิจารณาปัญหา อธิบายหลักการฟิสิกส์ วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และการประเมินคำตอบนั้น ซึ่งทั้ง 5 ขั้นตอนนี้มีความคล้ายคลึงกับส่วนที่ 3 ซึ่งเป็นส่วนของแผนการแก้ปัญหาของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จึงส่งผลให้ นักเรียนที่ที่ได้รับการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหากว่าสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ จะแบ่งการอภิปราย

ออกเป็น 2 ประเด็นตามองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา ได้แก่ ประเด็นที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาองค์ประกอบที่เป็นการแก้ปัญหา และประเด็นที่ 2 ความสามารถในการแก้ปัญหาองค์ประกอบที่เป็นมโนทัศน์

ความสามารถในการแก้ปัญหาองค์ประกอบที่เป็นการแก้ปัญหา

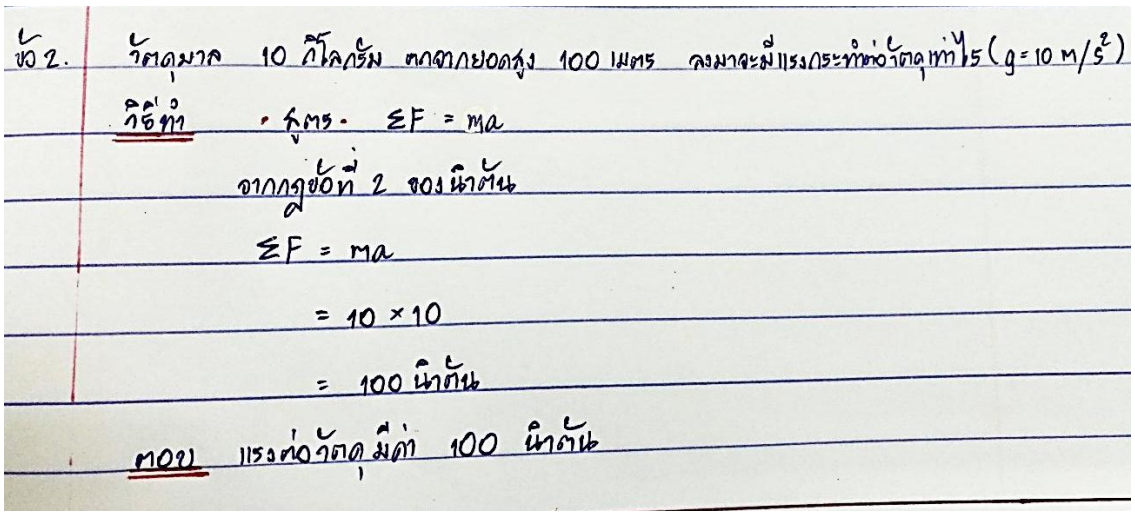
ในวิธีการของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีขั้นตอนสำหรับการแก้ปัญหาที่เป็นระบบโดยระบุไว้อย่างชัดเจนในส่วนที่ 3 คือ ส่วนของแผนการ (Plan) ซึ่งเป็นส่วนของการวางแผนในการแก้ปัญหา โดยในส่วนนี้จะระบุขั้นตอน วิธีการและสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น ซึ่งนักเรียนจะเป็นผู้ดำเนินการแก้ปัญหา โดยจัดรูปแบบการแก้ปัญหาออกเป็น 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ซ้ายจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา และคอลัมน์ขวาจะเป็นส่วนของสมการและขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการแก้ปัญหาในคอลัมน์ทางซ้าย จากวิธีการดังกล่าวนี้จะทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนการวางแผนการแก้ปัญหา โดยนักเรียนจะทราบขั้นตอนที่ต้องกระทำในขั้นถัดไปควบคู่ไปกับวิธีการที่แสดงถึงการแก้ปัญหา ผ่านรูปแบบการแก้ปัญหา 2 คอลัมน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น (ภาพที่ 2 และภาพที่ 4)



ภาพที่ 2 แสดงรูปแบบของปัญหาแบบมีโครงสร้างและขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

จากภาพที่ 2 คำตอบที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหาของกลุ่มทดลองนั้น อยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากนักเรียนสามารถหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้อย่างถูกต้อง โดยลักษณะของปัญหาแบบมีโครงสร้างนั้นเป็นปัญหาที่กำหนดข้อมูลในการแก้ปัญหาอย่างครบถ้วน กระบวนการแก้ปัญหาไม่ซับซ้อน มีคำตอบเพียงคำตอบเดียว จุดมุ่งหมาย คือการฝึกฝนการแก้ปัญหาในเบื้องต้น ซึ่งจากภาพโจทย์ปัญหา ระบุมวลของวัตถุเป็น 10 กิโลกรัม ความสูงของตึกที่วัตถุตกลงมาเป็น 100 เมตร ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก 10 เมตรต่อวินาที^{2} สิ่งที่โจทย์ต้องการให้นักเรียนหาคำตอบคือ แรงที่กระทำกับวัตถุ จากภาพที่ 2 พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีการเขียนแสดงวิธีทำด้วยรูปแบบการแก้ปัญหาแบบ 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ซ้ายจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา มีการระบุขั้นตอนในการแก้ปัญหาออกเป็น 3 ขั้น ได้แก่ 1. วาดรูป/ระบุตัวแปร 2. สมการที่ใช้ และ 3. หาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

เมื่อพิจารณาคอลัมน์ขวาพบว่า ขั้นวาดรูป/ระบุตัวแปร นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์ระบุให้ได้อย่างครบถ้วน คือ ระบุมวลของวัตถุ 10 กิโลกรัม ระยะที่วัตถุเคลื่อนที่ลงมา 100 เมตร นอกจากนี้ยังมีการนำมโนทัศน์ในเรื่องของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงกรณีความเร่งคงที่ มาใช้ระบุตัวแปรที่เป็นความเร่งได้อย่างถูกต้อง สำหรับการวาดรูป นักเรียนวาดรูปไว้ในคอลัมน์ทางด้านซ้ายซึ่งผิดคอลัมน์ของขั้นตอนการแก้ปัญหา ซึ่งคอลัมน์ซ้ายจะเป็นคอลัมน์ที่ระบุเพียงขั้นตอนการแก้ปัญหาเท่านั้น ในส่วนของกระบวนการแก้ปัญหานั้นจะถูกเขียนไว้ในคอลัมน์ขวา แต่เมื่อพิจารณาจากรูปภาพที่นักเรียนวาดพบว่า นักเรียนสามารถวาดรูปสื่อความจากโจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ในขั้นของสมการที่ใช้ นักเรียนสามารถเลือกใช้สมการได้อย่างถูกต้อง และในขั้นของการหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า นักเรียนสามารถแทนค่าของตัวแปรต่าง ๆ และหาค่าของตัวแปรโดยใช้ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ในส่วนของคำตอบนั้น นักเรียนระบุหน่วยของตัวแปรที่หาได้อย่างถูกต้อง แต่สำหรับขั้นตอนของการสรุปคำตอบนั้น นักเรียนไม่ได้สรุปคำตอบที่ได้อีกครั้ง เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Docktor (2009) ในหัวข้อ ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression) การแก้ปัญหาในตัวอย่างนี้ ตรงตามเกณฑ์ที่ได้ 4 คะแนน เนื่องจากการแก้ปัญหามีความชัดเจนเหมาะสม แต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย จึงส่งผลให้กระบวนการแก้ปัญหาโดยรวมยังไม่สมบูรณ์


ข้อ 2. วัตถุมวล 10 กิโลกรัม ตกจากยอดสูง 100 เมตร ลงมาจะมีแรงกระทำต่อวัตถุเท่าไร ($g = 10\ m/s^2$)

วิธีทำ • สูตร • $\Sigma F = ma$

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

$\Sigma F = ma$

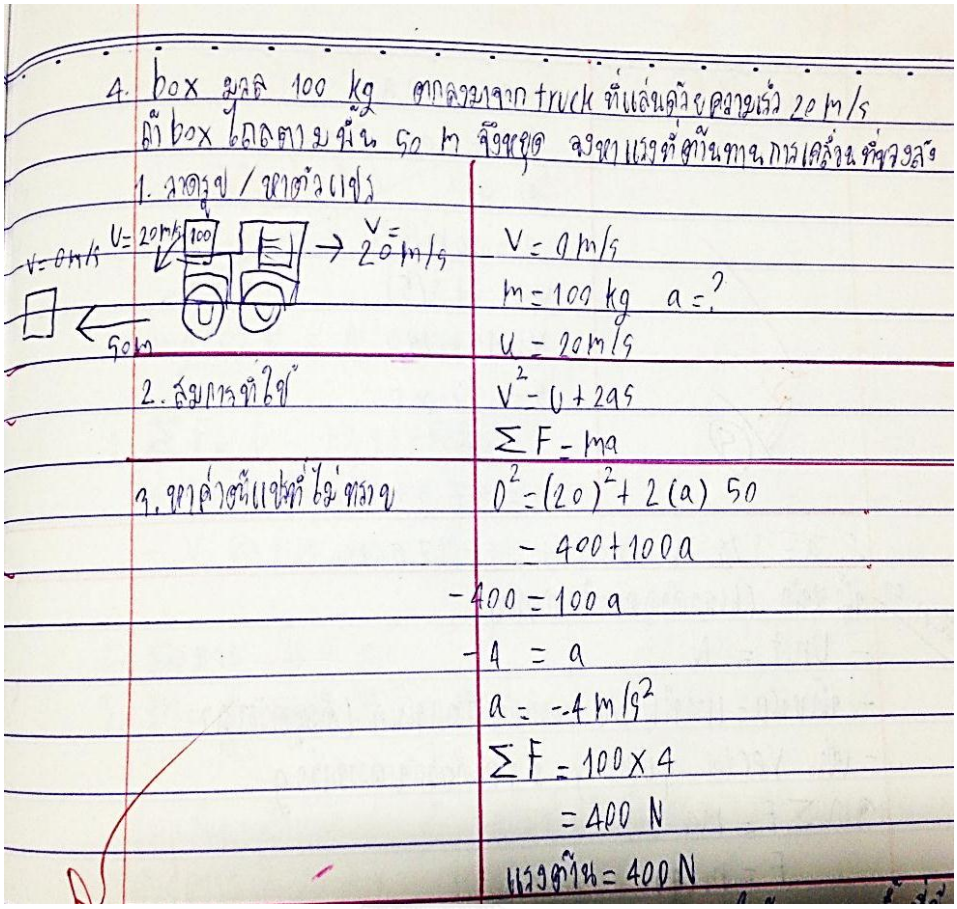
$= 10 \times 10$

$= 100$ นิวตัน

ตอบ แรงต่อวัตถุมีค่า 100 นิวตัน

ภาพที่ 3 แสดงรูปแบบของปัญหาแบบมีโครงสร้างและขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิมของนักเรียนกลุ่มควบคุม

เมื่อพิจารณาภาพที่ 3 ในตัวอย่างเดียวกัน คำตอบที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหาของกลุ่มควบคุมนั้น อยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจาก นักเรียนสามารถหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้อย่างถูกต้อง สำหรับกระบวนการแก้ปัญหานั้น นักเรียนไม่ได้วาดรูปสื่อความจากโจทย์ปัญหา และไม่ได้ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดและที่โจทย์ต้องการทราบ ซึ่งเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Docktor (2009) ในหัวข้อ ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description) นักเรียนจะไม่ได้คะแนนในส่วนนี้ แต่นักเรียนกลุ่มควบคุมสามารถเลือกสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และสามารถหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Docktor (2009) ในหัวข้อ ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression) การแก้ปัญหาในตัวอย่างนี้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม ตรงตามเกณฑ์ที่ได้ 4 คะแนน เนื่องจากการแก้ปัญหามีความชัดเจน เหมาะสม แต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย เนื่องจากไม่ได้วาดรูปและระบุตัวแปร



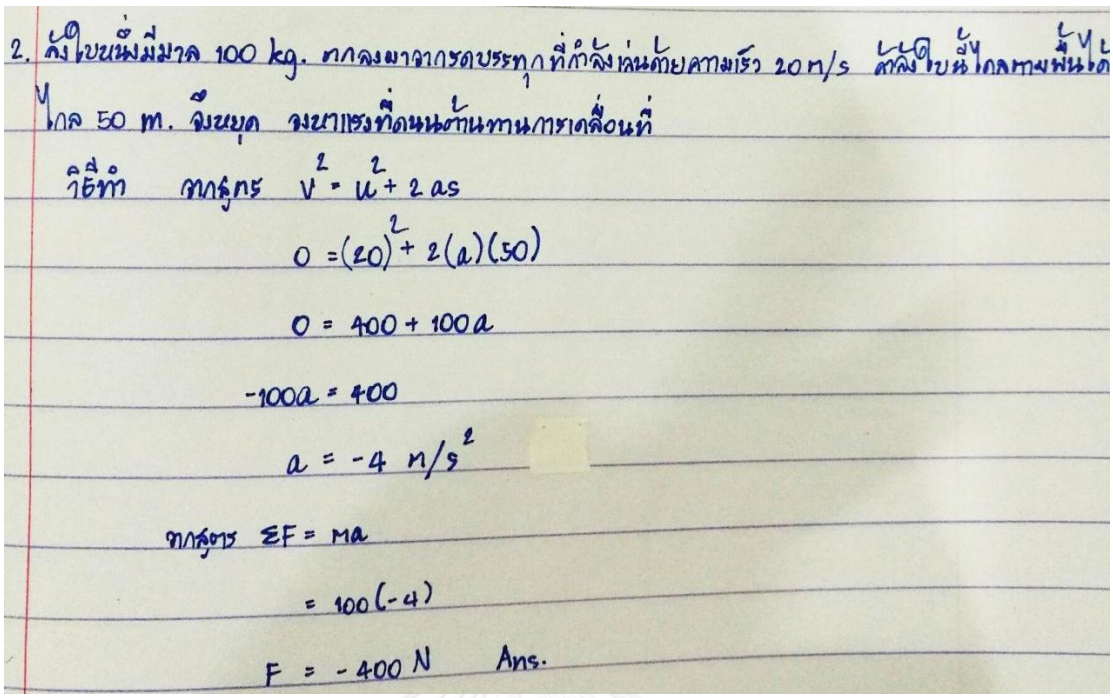
ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบของปัญหาแบบกึ่งโครงสร้างและขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากภาพที่ 4 คำตอบที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหาของกลุ่มทดลอง อยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากนักเรียนสามารถหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้อย่างถูกต้องและยังสรุปคำตอบได้อย่างสมบูรณ์ แต่ยังมีข้อผิดพลาดเล็กน้อยในส่วนของรูปภาพที่ใช้สื่อความจากโจทย์ปัญหา ซึ่งลักษณะของปัญหาแบบกึ่งโครงสร้าง เป็นปัญหาที่กำหนดข้อมูลในการแก้ปัญหาไม่สมบูรณ์ กระบวนการแก้ปัญหามีได้หลายวิธีและมีความซับซ้อน มีคำตอบเพียงคำตอบเดียว มีจุดมุ่งหมาย คือการฝึกฝนการวิเคราะห์สถานการณ์ที่เป็นปัญหาและการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยโจทย์ในภาพที่ 4 ระบุมวลของกล่องเป็น 100 กิโลกรัม ตกลงมาจากรถบรรทุกที่แล่นด้วยความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที ไถลตามพื้น 50 เมตรจึงหยุด สิ่งที่ต้องการให้นักเรียนหาคำตอบคือ แรงต้านการเคลื่อนที่ของกล่อง จากภาพที่ 4 พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองเขียนแสดงวิธีทำด้วยรูปแบบการแก้ปัญหาแบบ 2 คอลัมน์ ซึ่งคอลัมน์ซ้ายจะเป็นส่วนของการอธิบายขั้นตอนในการแก้ปัญหา มีการระบุขั้นตอนในการแก้ปัญหาออกเป็น 3 ขั้น ได้แก่ 1. วาดรูป/ระบุตัวแปร 2. สมการที่ใช้ และ 3. หาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

เมื่อพิจารณาในส่วนของคอลัมน์ขวานั้น ขั้นวาดรูป/ระบุตัวแปร นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์ระบุให้ได้อย่างครบถ้วน คือมวลของกล่องเป็น 100 กิโลกรัม ความเร็วต้นของกล่อง 20 เมตรต่อวินาที ระยะทางที่ไถลตามพื้น 50 เมตร และความเร็วปลายของกล่อง 0 เมตรต่อวินาที ซึ่งความเร็วต้นและความเร็วปลายของกล่อง นักเรียนได้นำมโนทัศน์ในเรื่องของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงกรณีความเร่งคงที่มาใช้ระบุตัวแปรได้อย่างถูกต้อง สำหรับการวาดรูป นักเรียนวาดรูปไว้ในคอลัมน์ทางด้านซ้ายซึ่งผิดคอลัมน์ของขั้นตอนการแก้ปัญหา แต่เมื่อพิจารณาจากรูปภาพที่นักเรียนวาดพบว่านักเรียนสามารถวาดรูปสื่อความจากโจทย์ปัญหาได้ มีการนำลูกศรซึ่งเป็นเวกเตอร์มาแสดงทิศทางของความเร็ว แต่ยังไม่ถูกต้อง โดยลูกศรในส่วนของความเร็วต้นที่นักเรียนแสดงนั้น ยังมีข้อผิดพลาดอยู่ ซึ่งเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Docktor (2009) ในหัวข้อ ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description) การแก้ปัญหาในตัวอย่างนี้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม ตรงตามเกณฑ์ที่ได้ 4 คะแนน เนื่องจากคำอธิบายซึ่งในที่นี้คือรูปภาพมีประโยชน์ สามารถสื่อความจากโจทย์ปัญหาได้ แต่ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย

ในขั้นของสมการที่ใช้ นักเรียนสามารถเลือกใช้สมการได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยในโจทย์ปัญหาข้อนี้ นักเรียนจะต้องหาตัวแปรที่จะนำมาใช้หาค่าที่โจทย์ต้องการ จากสมการเรื่องของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงกรณีความเร่งคงที่ ซึ่งนักเรียนสามารถเลือกสมการที่ใช้หาค่าของตัวแปรนั้นได้อย่างเหมาะสม และในขั้นของหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า นักเรียนสามารถแทนค่าของตัวแปรต่าง ๆ และหาค่าของตัวแปรโดยใช้ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ในส่วนของคำตอบนั้น นักเรียนระบุหน่วยของตัวแปรที่หาได้อย่างถูกต้อง และสำหรับขั้นตอนของการสรุปคำตอบนั้น ในข้อนี้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้อีกครั้ง ส่งผลให้กระบวนการแก้ปัญหาโดยรวมมีความสมบูรณ์ ซึ่งเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Docktor (2009) ในหัวข้อ ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression) การแก้ปัญหาในตัวอย่างนี้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม ตรงตามเกณฑ์ที่ได้ 4 คะแนน เนื่องจากการแก้ปัญหามีความชัดเจน เหมาะสม แต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย เนื่องจากรูปที่ใช้สื่อความจากโจทย์ปัญหามีข้อผิดพลาดเล็กน้อย



ภาพที่ 5 แสดงรูปแบบของปัญหาแบบกึ่งโครงสร้างและขั้นตอนการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิมของนักเรียนกลุ่มควบคุม

จากภาพที่ 5 คำตอบที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหาของกลุ่มควบคุมนั้น อยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากนักเรียนสามารถหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้อย่างถูกต้อง สำหรับกระบวนการแก้ปัญหานั้น นักเรียนไม่ได้วาดรูปสื่อความจากโจทย์ปัญหา ไม่ได้ระบุตัวแปรที่โจทย์กำหนดและที่โจทย์ต้องการทราบ ซึ่งเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Docktor (2009) ในหัวข้อ ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description) นักเรียนจะไม่ได้คะแนนในส่วนนี้ อย่างไรก็ตามนักเรียนกลุ่มควบคุมสามารถเลือกสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ทั้งสมการจากมโนทัศน์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ และสมการจากมโนทัศน์เรื่องการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงกรณีความเร่งคงที่ นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Docktor (2009) ในหัวข้อ ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression) การแก้ปัญหาในตัวอย่างนี้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม ตรงตามเกณฑ์ที่ได้ 4 คะแนน เนื่องจากการแก้ปัญหามีความชัดเจน เหมาะสม แต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย เนื่องจากไม่ได้วาดรูปและระบุตัวแปร

จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ เมื่อพิจารณาในส่วนของขั้นตอนการแก้ปัญหา ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้นมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาในส่วนของการแก้ปัญหาสูงกว่า กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Docktor et al. (2015) ที่ศึกษาผลของการ

จัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ จากการสัมภาษณ์ครูที่นำแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ไปใช้จำนวน 3 คน ใน 3 โรงเรียนพบว่า ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ในส่วนของแผนการนั้น ครูได้ชี้แนะนักเรียนในส่วนของแผนการแก้ปัญหา 3 ขั้นตอน พร้อมกับนำคำตอบที่ได้จากนักเรียนเขียนบนกระดาน นักเรียนจะทราบว่าควรทำสิ่งใดก่อนหลังเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา ซึ่งจากวิธีการนี้ จะทำให้นักเรียนเห็นกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จนได้คำตอบของปัญหาออกมา แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ในองค์ประกอบที่เป็นการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้งสองกลุ่มแล้ว ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสามารถอภิปรายได้ตามประเด็นดังนี้

ประเด็นที่ 1 จากการประเมินผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่ Mestre et al. (2011) และ Docktor et al. (2015) ได้ระบุไว้ว่า แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ แบ่งการประเมินเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การทดสอบมโนทัศน์และส่วนที่ 2 การทดสอบการแก้ปัญหา โดยส่วนการทดสอบการแก้ปัญหาในรายการของการแก้ปัญหา (Problem Solving) นั้น เป็นการประเมินการแก้ปัญหา รวมทั้งประเมินวิธีการเข้าถึงหลักการหรือแนวคิดและสมการที่ใช้ของนักเรียน ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิมที่นักเรียนคุ้นเคยอยู่แล้ว

ประเด็นที่ 2 เมื่อพิจารณาในส่วนของลักษณะปัญหานั้น ลักษณะของปัญหาที่พบ เป็นปัญหาแบบมีโครงสร้างและกึ่งโครงสร้าง ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับปัญหาที่นักเรียนพบในหนังสือเรียนและแบบฝึกหัดต่าง ๆ ซึ่งนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม สามารถฝึกฝนการแก้ปัญหาในลักษณะดังกล่าวได้จากใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดต่าง ๆ ในห้องเรียน โดยมีครูเป็นผู้แนะนำเกี่ยวกับความถูกต้องและกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของตนเอง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาในครั้งต่อไป ซึ่งลักษณะของปัญหาทั้งสองมีจุดมุ่งหมาย คือการฝึกฝนการแก้ปัญหา การวิเคราะห์สถานการณ์และการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pol (2009) ที่กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของปัญหาฟิสิกส์ แบบมีโครงสร้างและแบบกึ่งโครงสร้างไว้ดังนี้ ปัญหาแบบมีโครงสร้าง (Structured Problems) จุดมุ่งหมายของปัญหาประเภทนี้ คือการฝึกฝนการแก้ปัญหาในเบื้องต้น หรือใช้ยกตัวอย่างประกอบการอธิบายกฎ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ และปัญหาแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Problems) จุดมุ่งหมายของปัญหาประเภทนี้ คือการเรียนรู้การวิเคราะห์สถานการณ์ที่เป็นปัญหาและหาวิธีการแก้ปัญหาจากข้อมูลที่มีอยู่ เป็นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

ประเด็นที่ 3 ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการทดลองใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้น ผู้วิจัยเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน โดยการเลือกห้องเรียนที่ใช้ทดลองนั้นเป็นการเลือกห้องเรียนแบบเจาะจง และเป็นนักเรียนที่เรียนในเนื้อหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้วในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อีกทั้งเป็นนักเรียนในระดับชั้นที่มีวุฒิภาวะสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ระยะเวลาในการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองนั้น น้อยกว่าเวลาที่กำหนดไว้ในแบบวัด โดยเฉลี่ยเวลาในการทำแบบวัดอยู่ที่ประมาณ 60-75 นาที และเมื่อนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามาทดลองใช้จริงในการเก็บข้อมูล พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถทำแบบวัดได้ครบทุกข้อตามเวลาที่กำหนดไว้ โดยนักเรียนจะเลือกทำในส่วนที่เป็นการแก้ปัญหาเชิงปริมาณซึ่งได้คำตอบเป็นตัวเลขออกมา

จากประเด็นที่กล่าวมาข้างต้น จึงส่งผลให้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์ในส่วนของการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

ความสามารถในการแก้ปัญหาองค์ประกอบที่เป็นมโนทัศน์

จากผลการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่เป็นมโนทัศน์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่เมื่อพิจารณาคะแนนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม พบว่า คะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาที่เป็นมโนทัศน์นั้น กลุ่มทดลองมีคะแนน 32.83 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 32.83 และกลุ่มควบคุมมีคะแนน 11.68 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 11.68 ซึ่งพบว่า คะแนนของกลุ่มทดลองแม้จะสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ก็ยังไม่ถึงร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม จากผลการทดลอง สามารถอภิปรายได้ดังนี้

ในการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัย 10 ข้อ โดยในแต่ละข้อจะเป็นการกำหนดสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์และตอบปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ทั้งในเชิงปริมาณที่เป็นการคำนวณหาตัวแปรไม่ทราบค่าจากปัญหา และเชิงคุณภาพที่เป็นการตอบคำถามในส่วนของมโนทัศน์ที่ใช้ และการนำมโนทัศน์ไปอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ จากการเก็บข้อมูลพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จำนวน 81 คน จากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 101 คน คิดเป็นร้อยละ 80.19 ตอบคำถามเฉพาะในส่วนที่เป็นการคำนวณหาตัวแปรไม่ทราบค่าเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นนักเรียนจากกลุ่มทดลองจำนวน 32 คน และจากกลุ่มควบคุมจำนวน 49 คน มีเพียง 20 คน จาก 101 คน คิดเป็นร้อยละ 19.80 ที่ตอบคำถามทั้งในส่วนของการคำนวณ ส่วนของมโนทัศน์ที่ใช้และส่วนของการนำมโนทัศน์ไปอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลมาจากในระหว่างการเก็บข้อมูลนั้นพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถทำข้อสอบได้ทันตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในแบบวัด

โดยนักเรียนจะเลือกทำข้อสอบในส่วนที่เป็นการคำนวณหาตัวแปรไม่ทราบค่า ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นในประเด็นของการเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการทดลองใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งนักเรียนในระดับชั้นที่มีวุฒิภาวะสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ที่กล่าวว่า เด็กทุกคนตั้งแต่เกิดมาพร้อมที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์นี้ทำให้เกิดพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา โดยองค์ประกอบที่มีส่วนเสริมสร้างพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญามี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ วุฒิภาวะ ประสบการณ์ การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม และกระบวนการพัฒนาสมดุล ซึ่งเพียเจต์กล่าวถึงวุฒิภาวะไว้ว่า เป็นการเจริญเติบโตด้านสรีรวิทยาโดยเฉพาะเส้นประสาทและต่อมไร้ท่อ ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาการเชาวน์ปัญญา (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554) ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ระยะเวลาในการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองนั้น น้อยกว่าเวลาที่กำหนดไว้ในแบบวัด และเมื่อนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหามาทดลองใช้จริงในการเก็บข้อมูล พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถทำแบบวัดได้ครบทุกข้อตามเวลาที่กำหนด โดยนักเรียนส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 80 จะเลือกทำในส่วนที่เป็นการแก้ปัญหาเชิงปริมาณซึ่งได้คำตอบเป็นตัวเลขออกมา จึงส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบที่เป็นมโนทัศน์ ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

ผลของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ที่มีต่อมโนทัศน์ฟิสิกส์เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

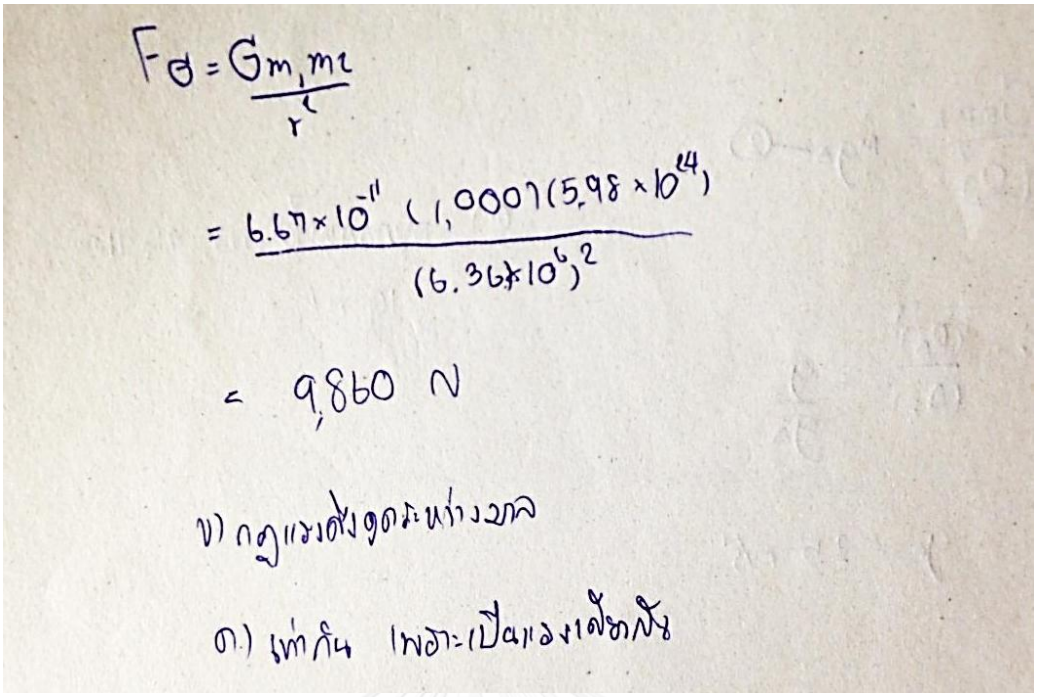
จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้นช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาการนำมโนทัศน์ที่จำเป็นพื้นฐาน ไปอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ โดยในกลุ่มนักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุม พบว่าคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นตามสมมติฐานการวิจัย สามารถอภิปรายได้ดังนี้

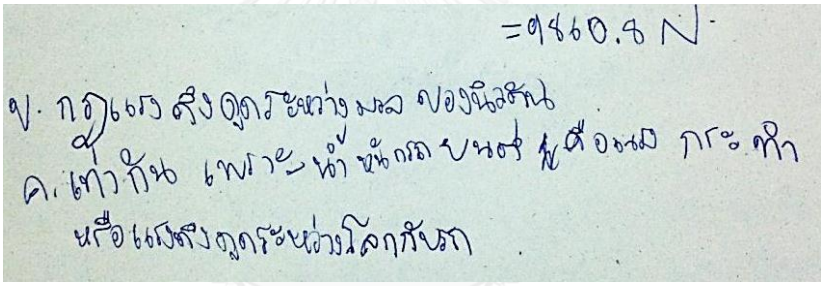
ในการทบทวนมโนทัศน์พื้นฐานที่สำคัญและให้เหตุผลเกี่ยวกับมโนทัศน์นั้น ๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ เป็นส่วนหนึ่งในวิธีการของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ ได้แก่ ส่วนที่ 1 ส่วนหลักการ (Principle) ซึ่งเป็นส่วนของการระบุหลักการหรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และ ส่วนที่ 2 ส่วนของการให้เหตุผล (Justification) ซึ่งเป็นส่วนของการนำหลักการ หรือมโนทัศน์ที่ระบุไว้ในส่วนแรก มาใช้อธิบายวิธีการและเหตุผลในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา จากทั้งสองส่วนที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จะผลส่งให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์พื้นฐานที่สำคัญในเนื้อหาเรื่องแรง

และการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์ที่นักเรียนสามารถสังเกตและพบเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน ผ่านเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวนักเรียน ประกอบกับข้อสังเกตที่ได้จากงานวิจัยซึ่งพบว่า ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น นักเรียนได้ทบทวนมโนทัศน์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้จริงในชีวิตประจำวัน เช่น สถานการณ์การหยุดรถอย่างกะทันหัน ก่อนการแก้ปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์นี้นั้น นักเรียนจะทบทวนมโนทัศน์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันระหว่างเพื่อนนักเรียนด้วยกันเอง และครูจะเป็นผู้ใช้คำถามกระตุ้นในนักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์นั้นเข้ากับกระบวนการแก้ปัญหา จึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในมโนทัศน์เรื่องนั้น ๆ และสามารถนำมโนทัศน์เรื่องนั้น ๆ มาอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันได้

จากภาพที่ 6 และ 7 แสดงคำตอบในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ในข้อที่มีการนำความรู้ไปอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยปัญหาดังกล่าว มีคำถามดังนี้ “รถยนต์คันหนึ่งมวล 1,000 กิโลกรัม จอดอยู่บนพื้นถนน ณ บริเวณนั้นโลกมีรัศมี 6.36×10^{6} เมตร และมีมวล 5.98×10^{24} กิโลกรัม (กำหนดให้ ค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากลมีค่า $6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$) อยากทราบว่าน้ำหนักของรถยนต์และแรงดึงดูดระหว่างโลกและรถยนต์ที่บริเวณดังกล่าว มีขนาดเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด” โดยคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองคือ “เท่ากัน เพราะเป็นแรงเดียวกัน” และ “เท่ากัน เพราะน้ำหนักรถยนต์คือแรงกระทำหรือแรงดึงดูดระหว่างโลกกับรถ ซึ่งเป็นการนำมโนทัศน์เรื่องกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันมาอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าว ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมตอบว่า “ไม่เท่า” โดยให้เหตุผลว่า “โลกเป็นวงรี” และ “ไม่เท่ากัน เพราะแต่ละจุดมีแรงดึงดูดไม่เท่ากัน”

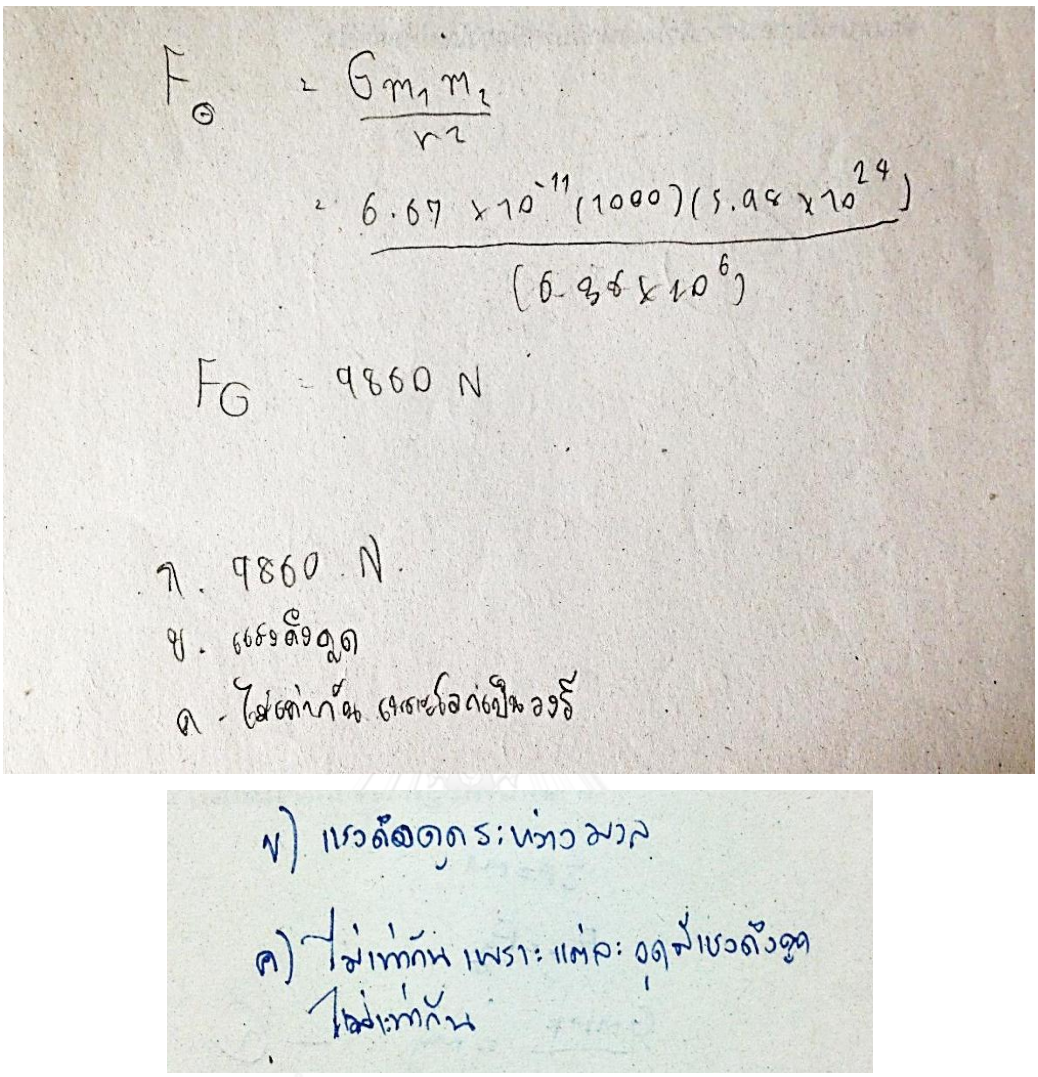
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University





ภาพที่ 6 แสดงคำตอบของนักเรียนกลุ่มทดลองในนำมโนทัศน์ไปอธิบายอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 7 แสดงคำตอบของนักเรียนกลุ่มควบคุมในนำมโนทัศน์ไปอธิบายอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

จากคำตอบที่แสดงในภาพที่ 6 และ 7 ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ ได้มีการฝึกฝนให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์นั้นเข้ากับกระบวนการแก้ปัญหา จึงสามารถนำมโนทัศน์นั้นไปอธิบายเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mualem and Eylon (2010) ที่ศึกษาผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพ ซึ่งกลยุทธ์นี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนการแก้ปัญหาทั้งสามขั้นตอนนี้ มุ่งเน้นไปที่การอธิบายความสัมพันธ์และเชื่อมโยงสถานการณ์เข้ากับมโนทัศน์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยกลยุทธ์การแก้ปัญหานี้ถูกออกแบบมาให้วิเคราะห์สถานการณ์ทั่วไป ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ด้วยกลยุทธ์นี้จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถทราบถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างมโนทัศน์กับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ สอดคล้องกับแนว

ทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ในส่วนที่ 2 ส่วนของการให้เหตุผล (Justification) ซึ่งเป็นการนำหลักการ หรือมโนทัศน์ที่ระบุไว้ในส่วนแรก มาใช้อธิบายวิธีการและเหตุผลในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังจากที่นักเรียนได้รับการสอนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาเชิงคุณภาพแล้ว นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงคุณภาพหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังจากการสัมภาษณ์นักเรียนในระยะเวลา 6 เดือนต่อจากนั้น พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการทำนายและอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์เพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากการนำแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์ไปทดลองใช้ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนการสอนด้วยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์ได้ เนื่องจากขั้นตอนของแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์แตกต่างจากแนวทางการแก้ปัญหาแบบทั่วไป โดยแนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้นมีแบบแผนและขั้นตอนที่ชัดเจน อีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นสูง เนื่องจากสามารถนำไปปรับใช้เข้ากับรูปแบบการสอนใดก็ได้ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดการจัดการเรียนการสอน ครูสามารถนำแนวทางดังกล่าวไปใช้ได้ โดยควรมีการเตรียมตัวในด้านเนื้อหา และตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่มีความหลากหลายและมีเงื่อนไขที่แตกต่างเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในระหว่างขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์นั้น นักเรียนมีการฝึกฝนการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้กลวิธีต่าง ๆ มาช่วยในการสื่อสารสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปข้อความให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น ได้แก่ การวาดภาพ การเปลี่ยนข้อความให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ตัวแปรต่าง ๆ อีกทั้งนักเรียนยังอธิบายเชื่อมโยงมโนทัศน์พื้นฐานที่จำเป็นเพื่อนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหาซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 จากจุดนี้แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ อันได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงตรรกะ เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาตัวแปรดังกล่าว

รายการอ้างอิง

AAAS. (2013). Science for All Americans : Education for A Changing Future. Retrieved 19 November 2015, from http://www.project2061.org/publications/sfaa/

American Heritage® Dictionary of the English Language. (2011). Physics. (n.d.). Retrieved 23 May 2016, from http://www.thefreedictionary.com/physics

Caleon, I., & Subramaniam, R. (2010). Development and Application of a Three-Tier Diagnostic Test to Assess Secondary Students' Understanding of Waves. *International Journal of Science Education,* 32(7), 939-961.

Çalışkan, S., Selçuk, G. S., & Erol, M. (2010a). Effects of The Problem Solving Strategies Instruction on The Students' Physics Problem Solving Performances and Strategy Usage. *Procedia Social and Behavioral Sciences,* 2(2), 2239-2243.

Çalışkan, S., Selçuk, G. S., & Erol, M. (2010b). Instructional of Problem Solving Strategies: Effect on Physics Achievement and Self Efficacy Beliefs. *Journal of Baltic Science Education,* 9(1).

Chen, C.-C., Lin, H.-S., & Lin, M.-L. (2002). Developing a Two-Tier Diagnostic Instrument to Assess High School Students' Understanding-The Formation of Images by a Plane Mirror. *PROCEEDINGS-NATIONAL SCIENCE COUNCIL REPUBLIC OF CHINA PART D MATHEMATICS SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION,* 12(3), 106-121.

Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and Representation Physics Problems by Experts and Novices. *Cognetive Science,* 5(2), 121-152.

Chuchuer, O., & Dachakupt, P. (2012). Effect of Physics Instruction Using Strategic Knowledge Construction of Problem Solving Ability And Concepts of Momentum And Impulse of Upper Secondary School Students. *Online Journal of Education,* 7(1).

Cruickshank, D. R., Bainer, D. L., & Metcalf, K. K. (1995). *The Act of Teaching*. New York: McGraw-Hill.

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

Chulalongkorn University

Docktor, J. L. (2009). *Development and Validation of a Physics Problem-Solving Assessment Rubric* (Doctoc of Philosophy), University of Minnesota.

Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (2010). *A Conceptual Approach to Physics Problem Solving.* Paper presented at the AIP Conference Proceedings.

Docktor, J. L., Strand, N. E., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (2015). Conceptual Problem Solving in High School Physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research,* 11(2), 020106.

Enger, S. K., & Yager, R. E. (2001). *Assessing Student Understanding in Science : a Standards-Based K*-12 *Handbook* Thousand Oaks, California: Corwin Press.

Gagne, R. (1985). *The Condition of Learning and Theory of Instruction* (4th ed.). New York: Holt, Rinehart &Winston.

Halloun, I. (1998). Schematic Concepts for Schematic Models of The Real World: The Newtonian Concept of Force. *Science Education,* 82(2), 239-263.

Harskamp, E., & Ding, N. (2006). Structured Collaboration versus Individual Learning in Solving Physics Problems. *International Journal of Science Education,* 28(14), 1669-1688.

Heller, P., & Hollabaugh, M. (1992). Teaching Problem Solving through Cooperative Grouping. Part 2: Designing Problems and Structuring Groups. *American Journal of Physics,* 60(7), 637-644.

Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 1: Group versus Individual Problem Solving. *American Journal of Physics.,* 60(7), 159-172.

Hollabugh, M. (1995). *Physics Problem Solving In Cooperative Learning Groups.* (Doctor of Philosophy), University of Minnesota, 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(6), 551-570.

Klopfer, E. L. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation*. New York: Addison-Wesley.

Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1988). *Problem Solving a Handbook for Elementary School Teachers*. Massachusetts: Allyn and Bacon, Inc.

Lawson, A. E., Alkhoury, S., Benford, R., Clark, B. R., & Falconer, K. A. (2000). What Kinds of Scientific Concepts Exist? Concept Construction and Intellectual Development in College Biology. *Journal of Research in Science Teaching,* 37(9), 996-1018.

Leonard, W. J., Dufresne, R. J., & Mestre, J. P. (1996). Using Qualitative Problem-Solving Strategies to Highlight the Role of Conceptual Knowledge in Solving Problems. *American Journal of Physics,* 64(12), 1495-1503.

Mayer, R. E., & Wittrock, M. C. (2006). Problem Solving. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (2nd ed.). New York: Taylor & Francis.

Mestre, J. P., Docktor, J. L., Strand, N. E., & Ross, B. H. (2011). Conceptual Problem Solving in Physics. *Cognition in education,* 55, 269-298.

Mualem, R., & Eylon, B. S. (2010). Junior High School Physics: Using a Qualitative Strategy for Successful Problem Solving. *Journal of Research in Science Teaching,* 47(9), 1094-1115.

Nitko, A. J., & Brookhart, S. M. (2007). *Educational Assessment of Students* (4th ed.). New Jersey: Pearson Education.

Odom, A. L., & Kelly, P. V. (2001). Integrating Concept Mapping and the Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concepts to High School Biology Students. *Science Education,* 85(6), 615-635.

Pol, H. (2009). *Computer Based Instructional Support During Physic Problem Solving: A Case for Student Control.* University of Groningen, Netherlands.

Polya, G. (1973). *How To Solve It : A New Aspect of Mathematical Method* (2nd ed.). New Jersey: Princeton University Press.

Rojas, S. (2010). On The Teaching and Learning of Physics Problem Solving. *Revista mexicana de física E,* 56(1), 22-28.

Romey, W. D. (1968). *Inquiry Techniques for Teaching Science*. New Jersey: Prentice-Hall.

Sherin, B. (2006). Common sense clarified: The role of intuitive knowledge in physics problem solving. *Journal of Research in Science Teaching,* 43(6), 535-555.

Smith, A. D., Mestre, J. P., & Ross, B. H. (2010). Eye-Gaze Patterns as Students Study Worked-Out Examples in Mechanics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research,* 6(2), 020118.

Smith, P. L., & Ragan, T. J. (2005). *Instructional Design* (3rd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.

Sund, R. B., & Trowbridge, L. W. (1976). *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School* (2nd ed.). Ohio: Charles E. Merril Publishing Company.

Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive science,* 12(2), 257-285.

Taconis, R., Ferguson-Hessler, M. G., & Broekkamp, H. (2001). Teaching Science Problem Solving: An Overview of Experimental Work. *Journal of Research in Science Teaching,* 38(4), 442-468.

Tolga, G., & İlhan, S. (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(2).

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์. (2547). ปิอาเจท์ : การเรียนรู้กับการพัฒนาผู้เรียน. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

ทิศนา แขมมณี. (2557). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 18 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. (2545). กระบวนการเรียนรู้ ความหมาย แนวทางการพัฒนา และปัญหาข้องใจ. กรุงเทพฯ: บริษัท พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

ปรีชา วงศ์ชูศิริ. (2531). อนุสรณ์ในงานพระราชทานเพลิงศพ ดร.ปรีชา วงศ์ชูศิริ ณ เมรุวัดธาตทอง วันอาทิตย์ที่ 18 ธันวาคม 2531 ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

Chulalongkorn University

ภพ เลาหไพบูลย์. (2537). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิชย์.

วรรณี แกมเกตุ. (2555). วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ (*Research methodology in behaveioral sciences)* (พิมพ์ครั้งที่ 3 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). ทฤษฎีการสอนแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 6 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET). Retrieved 15 May 2016, from http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/Login.aspx

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ผลการประเมิน *PISA* 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

สมาคมฟิสิกส์ไทย. (2551). เวลาเปลี่ยน คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน ช่างกระไร ใครหนอใครทำ? (ผลการเรียนฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 ในช่วงการเปลี่ยนแปลงระบบการรับเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย). วารสารฟิสิกส์ไทย, 25(3).

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2554). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 11 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

ผศ. พรเจริญ ผโลทัยดำเกิง	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์อมรรัตน์ บุบผโชติ	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ผศ. ดร.ธีระพันธุ์ สันติเทวกุล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ. ดร.มนต์เทียน เทียนประทีป	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์สุมิตร สวนสุข	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์

ผศ. พรเจริญ ผโลทัยดำเกิง	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์สมศักดิ์ เสาวภา	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย
อาจารย์โกเมศ นาแจ้ง	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
2. แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

คำชี้แจง

1. แบบวัดชุดนี้มีจำนวนข้อสอบ 10 ข้อ ข้อสอบรวม 11 หน้า
คะแนนเต็ม 250 คะแนน เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ 100 นาที

2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบอัตนัย ให้นักเรียนอ่านคำถามแล้วแสดงวิธีทำอย่างละเอียดดังนี้

2.1 ตอบคำถามให้ครบทุกคำถามในข้อสอบ

2.2 ระบุหลักการที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2.3 วาดภาพที่แสดงถึงสถานการณ์ปัญหาพร้อมทั้งระบุตัวแปรที่ทราบค่าและไม่ทราบค่า

2.4 แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา

2.5 ดำเนินการแก้ปัญหา สรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปรไม่ทราบค่านั้น

3. ส่งกระดาษข้อสอบและกระดาษคำตอบเมื่อหมดเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัญหา

ในการซ้อมยิงปืน นักกีฬาคนหนึ่ง ยิงกระสุนปืนมวล 20 กรัม พุ่งออกจากกระบอกปืนด้วยความเร็ว 500 เมตรต่อวินาทีในแนวระดับ พุ่งตรงเข้าไปยังเป้าไม้ที่ใช้ในการซ้อม ด้วยความเร็วคงคัว หลังจากทะลุเป้าไม้ใช้เวลา 1.0 มิลลิวินาที กระสุนจึงหยุด กำหนดให้แรงต้านของเป้าไม้ที่กระทำต่อกระสุนปืนมีค่าคงตัว

ก. แรงต้านของเป้าไม้ที่กระทำต่อกระสุนปืนมีเป็นเท่าใด

ข. หลักการทางฟิสิกส์ใดที่สามารถใช้แก้ปัญหาข้อนี้ได้

ค. ถ้าแรงโน้มถ่วงของโลกและแรงต้านอากาศ ไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของกระสุนปืน เพราะเหตุใด ในช่วงที่กระสุนปืนเคลื่อนที่ผ่านอากาศจากปากกระบอกถึงปืนเป้าไม้กระสุนปืนจึงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงตัว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เฉลย

ในการซ้อมยิงปืน นักกีฬาคนหนึ่ง ยิงกระสุนปืนมวล 20 กรัม พุ่งออกจากกระบอกปืนด้วยความเร็ว 500 เมตรต่อวินาทีในแนวระดับ พุ่งตรงเข้าไปยังเป้าไม้ที่ใช้ในการซ้อม ด้วยความเร็วคงคัว หลังจากทะลุเป้าไม้ใช้เวลา 1.0 มิลลิวินาที กระสุนจึงหยุด กำหนดให้แรงต้านของเป้าไม้ที่กระทำต่อกระสุนปืนมีค่าคงตัว

ก. แรงต้านของเป้าไม้ที่กระทำต่อกระสุนปืนมีเป็นเท่าใด

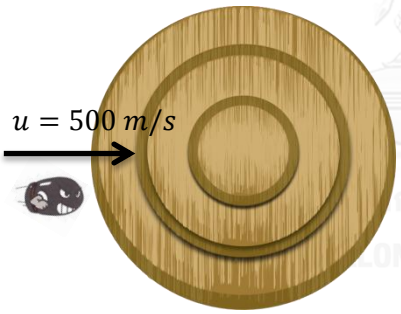
ข. หลักการทางฟิสิกส์ใดที่สามารถใช้แก้ปัญหาข้อนี้ได้

ค. ถ้าแรงโน้มถ่วงของโลกและแรงต้านอากาศ ไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของกระสุนปืน เพราะเหตุใด ในช่วงที่กระสุนปืนเคลื่อนที่ผ่านอากาศจากปากกระบอกถึงปืนเป้าไม้กระสุนปืนจึงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงตัว

วิธีทำ

ก. แรงต้านของเป้าไม้ที่กระทำต่อกระสุนปืนมีเป็นเท่าใด

กำหนดให้



$m = 20\ g$ มวลของกระสุนปืน

$u = 500\ m/s$ ความเร็วต้นของกระสุนปืน

$v = 0\ m/s$ ความเร็วปลายของกระสุนปืน

$t = 1.0\ ms$ เวลาที่กระสุนปืนหยุด

$F = ?$ แรงต้านของข้าวสารที่กระทำต่อกระสุนปืน

จากความสัมพันธ์ $v = u + at$

กำหนดให้ทิศทางเดียวกับกระสุนปืนเป็นบวก

$$0 = 500 + a(1 \times 10^{-3})$$

$$a = \frac{0-500}{1\times10^{-3}}$$

$$a = -5 \times 10^{5}\ m/s^2$$

ความเร่งมีขนาด $5 \times 10^{5}\ m/s^2$ ทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของกระสุนปืน

จากความสัมพันธ์ $\sum F = ma$

แทนค่า $a = -5 \times 10^5\ m/s^2$ ในสมการ $\sum F = ma$ จะได้

$$F = 20 \times 10^{-3}\left(-5 \times 10^5\right)$$
$$F = -10000\ N$$

แรงต้านของข้าวสารที่กระทำต่อกระสุนปืนมีค่า 10000 นิวตันทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของกระสุนปืน

ข. หลักการทางฟิสิกส์ใดที่สามารถใช้แก้ปัญหาข้อนี้ได้

หลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้แก้ปัญหา คือ กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันและการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงกรณีความเร่งคงตัว

ค. ถ้าแรงโน้มถ่วงของโลกและแรงต้านอากาศ ไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของกระสุนปืน เพราะเหตุใด ในช่วงที่กระสุนปืนเคลื่อนที่ผ่านอากาศจากปากกระบอกถึงปืนเป้าไม้ กระสุนปืนจึงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงตัว

สาเหตุที่ในช่วงจากปากกระบอกปืนถึงเป้าไม้ กระสุนปืนเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงตัว เพราะ ไม่มีแรงลัพธ์มากระทำกับกระสุนปืน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัญหา

นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งชั่งน้ำหนักของตนเองภายในห้องทดลอง พบว่าตนเองหนัก 690 นิวตัน จากนั้นจึงทดลองชั่งน้ำหนักตนเองอีกครั้งในลิฟต์ที่กำลังเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง 8 เมตรต่อวินาที^{2}

ก. เครื่องชั่งจะแสดงค่าน้ำหนักเท่าใด

ข. หลักการทางฟิสิกส์ใดที่สามารถใช้แก้ปัญหาข้อนี้ได้

ค. ถ้าลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง น้ำหนักที่เครื่องชั่งแสดงในลิฟต์มีค่าต่างจากน้ำหนักของนักวิทยาศาสตร์ภายในห้องทดลองหรือไม่ อย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เฉลย

นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งชั่งน้ำหนักของตนเองภายในห้องทดลอง พบว่าตนเองหนัก 690 นิวตัน จากนั้นจึงทดลองชั่งน้ำหนักตนเองอีกครั้งในลิฟต์ที่กำลังเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง 8 เมตรต่อวินาที^{2}

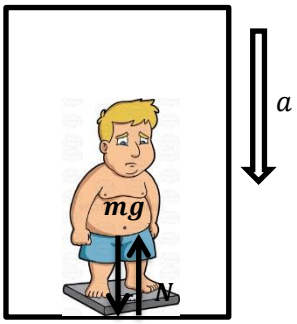
ก. เครื่องชั่งจะแสดงค่าน้ำหนักเท่าใด

ข. หลักการทางฟิสิกส์ใดที่สามารถใช้แก้ปัญหาข้อนี้ได้

ค. ถ้าลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง น้ำหนักที่เครื่องชั่งแสดงในลิฟต์มีค่าต่างจากน้ำหนักของนักวิทยาศาสตร์ภายในห้องทดลองหรือไม่ อย่างไร

วิธีทำ

ก. เครื่องชั่งจะแสดงค่าน้ำหนักเท่าใด



กำหนดให้

$W = 690\ N$ น้ำหนักของนักวิทยาศาสตร์ขณะอยู่ในห้องทดลอง

$a = 15\ m/s^2$ ความเร่งของลิฟต์

$N = ?$ แรงปฏิกิริยาที่เครื่องชั่งกระทำกับเท้านักวิทยาศาสตร์

จากความสัมพันธ์ $W = mg$

$$690 = m(10)$$

$$m = 69\ kg$$

จากความสัมพันธ์ $\sum F = ma$

เนื่องจากความเร่งมีทิศลง จากภาพจะได้ $mg - N = ma$

แทนค่า $m = 69\ kg$ ในสมการ $mg - N = ma$ จะได้

$$690 - N = 69(8)$$

$$N = 690 - 552$$

$$N = 138\ N$$

เครื่องชั่งจะแสดงค่าน้ำหนักได้ 138 นิวตัน

ข. หลักการทางฟิสิกส์ใดที่สามารถใช้แก้ปัญหาข้อนี้ได้

หลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้แก้ปัญหา คือ กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองและสามของนิวตัน และน้ำหนัก

ค. ถ้าลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง น้ำหนักที่เครื่องชั่งแสดงในลิฟต์มีค่าต่างจากน้ำหนักของนักวิทยาศาสตร์ภายในห้องทดลองหรือไม่ อย่างไร

น้ำหนักที่เครื่องชั่งน้ำหนักแสดงในลิฟต์ มีค่ามากกว่าน้ำหนักจริงของนักวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก เครื่องชั่งน้ำหนักจะแสดงค่าน้ำหนักเท่ากับแรงที่เครื่องชั่งกระทำต่อเท้านักวิทยาศาสตร์ซึ่งเท่ากับแรงที่เท้ากระทำกับเครื่องชั่งในทิศตรงข้าม การที่นักวิทยาศาสตร์มีความเร่งในทิศขึ้น จะทำให้ผลรวมของแรงที่เครื่องชั่งกระทำต่อเท้ามีค่ามากขึ้น เครื่องชั่งน้ำหนักจึงแสดงค่าน้ำหนักมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัญหา

รถยนต์คันหนึ่งมวล 1,000 กิโลกรัม จอดอยู่บนพื้นถนน ณ บริเวณนั้นโลกมีรัศมี 6.36×10^{6} เมตร และมีมวล 5.98×10^{24} กิโลกรัม (กำหนดให้ ค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากลมีค่า $6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$)

ก. แรงดึงดูดระหว่างโลกและรถยนต์บริเวณที่รถจอดอยู่มีขนาดเป็นเท่าใด

ข. หลักการทางฟิสิกส์ใดที่สามารถใช้แก้ปัญหาข้อนี้ได้

ค. น้ำหนักของรถยนต์และแรงดึงดูดระหว่างโลกและรถยนต์ที่บริเวณดังกล่าว มีขนาดเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เฉลย

รถยนต์คันหนึ่งมวล 1,000 กิโลกรัม จอดอยู่บนพื้นถนน ณ บริเวณนั้นโลกมีรัศมี 6.36×10^{6} เมตร และมีมวล 5.98×10^{24} กิโลกรัม (กำหนดให้ ค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากลมีค่า $6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$)

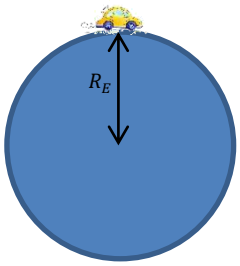
ก. แรงดึงดูดระหว่างโลกและรถยนต์บริเวณที่รถจอดอยู่มีขนาดเป็นเท่าใด

ข. หลักการทางฟิสิกส์ใดที่สามารถใช้แก้ปัญหาข้อนี้ได้

ค. น้ำหนักของรถยนต์และแรงดึงดูดระหว่างโลกและรถยนต์ที่บริเวณดังกล่าว มีขนาดเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

วิธีทำ

ก. แรงดึงดูดระหว่างโลกและรถยนต์บริเวณที่รถจอดอยู่มีขนาดเป็นเท่าใด



กำหนดให้ $m = 1{,}000\ kg$ มวลของรถ

$m_E = 5.98 \times 10^{24}\ kg$ มวลของโลก

$R_E = 6.36 \times 10^{6}\ m$ รัศมีของโลก

$G = 6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$ ค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากล

จากความสัมพันธ์ $F_G = \frac{Gmm_E}{{R_E}^2}$

$$F_G = \frac{(6.67\times10^{-11})(1{,}000)(5.98\times10^{24})}{(6.36\times10^{6})^2}$$

$$F_G = 9860\ N$$

แรงดึงดูดระหว่างโลกและรถยนต์ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรมีค่าเป็น $9860\ N$

ข. หลักการทางฟิสิกส์ใดที่สามารถใช้แก้ปัญหาข้อนี้ได้

หลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้แก้ปัญหา คือ กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน

ค. น้ำหนักของรถยนต์และแรงดึงดูดระหว่างโลกและรถยนต์ที่บริเวณดังกล่าว มีขนาดเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด

น้ำหนักของรถยนต์ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรและแรงดึงดูดระหว่างโลกและรถยนต์ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร มีค่าเท่ากัน เพราะ แรงดึงดูดระหว่างมวลในกรณีนี้คือแรงที่โลกกระทำกับรถยนต์และน้ำหนักของรถยนต์ก็คือแรงที่โลกกระทำกับรถยนต์เช่นกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า น้ำหนักของวัตถุมีค่าเท่ากับแรงดึงดูดระหว่างมวลของโลกกับวัตถุ เนื่องจากเป็นแรงเดียวกัน

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

รายการ		1. ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description)	2. แนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach)	3. การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ (Specific Application of Physics)
ระดับคะแนน	**5**	คำอธิบายมีประโยชน์เหมาะสม และสมบูรณ์	แนวคิดทางฟิสิกส์มีความเหมาะสม และสมบูรณ์	การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์มีความเหมาะสมและสมบูรณ์
	4	คำอธิบายมีประโยชน์แต่ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย	แนวคิดทางฟิสิกส์มีความเหมาะสม แต่ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย	การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์มีความเหมาะสมแต่ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
	3	คำอธิบายบางส่วนไม่มีประโยชน์ ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาด	แนวคิดทางฟิสิกส์บางส่วนไม่เหมาะสม หรือไม่สมบูรณ์	การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์บางส่วนไม่เหมาะสมหรือไม่สมบูรณ์
	2	คำอธิบายส่วนใหญ่ไม่มีประโยชน์ ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาด	แนวคิดทางฟิสิกส์ส่วนใหญ่ไม่เหมาะสม หรือไม่สมบูรณ์	การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ส่วนใหญ่ไม่เหมาะสมหรือไม่สมบูรณ์
	1	คำอธิบายทั้งหมดไม่มีประโยชน์ หรือมีข้อผิดพลาด	แนวคิดทางฟิสิกส์ทั้งหมดไม่เหมาะสม	การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ทั้งหมดไม่เหมาะสม
	0	ไม่ระบุคำอธิบาย หรือระบุคำอธิบายที่ไม่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา	ไม่ระบุแนวคิดทางฟิสิกส์ หรือระบุแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ไม่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา	ไม่ระบุการประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์หรือระบุการประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ที่ไม่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ (ต่อ)

รายการ		4. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures)	5. ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression)
ระดับคะแนน	**5**	กระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมและสมบูรณ์	การแก้ปัญหาทั้งหมดมีความชัดเจน เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหา
	4	กระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมแต่ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย	การแก้ปัญหามีความชัดเจน เหมาะสม แต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
	3	กระบวนการทางคณิตศาสตร์บางส่วนไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาด	การแก้ปัญหาบางส่วนไม่ชัดเจน ไม่เหมาะสม หรือไม่สอดคล้องกับปัญหา
	2	กระบวนการทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่สมบูรณ์ หรือมีข้อผิดพลาด	การแก้ปัญหาส่วนใหญ่ไม่ชัดเจน ไม่เหมาะสม หรือไม่สอดคล้องกับปัญหา
	1	กระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดมีข้อผิดพลาด	การแก้ปัญหาทั้งหมดไม่ชัดเจน ไม่เหมาะสม หรือไม่สอดคล้องกับปัญหา
	0	ไม่ระบุกระบวนการทางคณิตศาสตร์หรือระบุกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา	ไม่ระบุหลักฐานของความสมเหตุสมผลในการแก้ปัญหาหรือระบุสิ่งที่ไม่จำเป็นในการแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำอธิบายของเกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหา

ประเภทการประเมิน	เกณฑ์ที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหา	คำอธิบาย
มโนทัศน์	1. ใช้ความรู้ฟิสิกส์ในการอธิบาย (Useful Description)	ประเมินการจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากปัญหา อาจแสดงในรูปของการกำหนดตัวแปร การวาดภาพแสดงสถานการณ์ปัญหา
	2. แนวคิดทางฟิสิกส์ (Physics Approach)	ประเมินการเลือกมโนทัศน์ฟิสิกส์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
การแก้ปัญหา	3. การประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ (Specific Application of Physics)	ประเมินการประยุกต์ใช้มโนทัศน์ฟิสิกส์ในการเลือกแนวทางที่สอดคล้องกับปัญหาในการแก้ปัญหา เช่น การกำหนดสมการแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การเลือกสมการ
	4. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures)	ประเมินขั้นตอนการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและเหมาะสมในการแก้ปัญหา
	5. ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (Logical Progression)	ประเมินความสอดคล้องของคำตอบที่ได้กับปัญหา และความเหมาะสมของวิธีการแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

คำชี้แจง

1. แบบวัดชุดนี้มีจำนวนข้อสอบ 10 ข้อ ข้อสอบรวม 7 หน้า
คะแนนเต็ม 20 คะแนน เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ 20 นาที
2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบปรนัยสองตอน ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเพื่อแสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบของคำถามในตอนที่ 1
3. ให้นักเรียนอ่านข้อคำถาม แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด โดยกากบาท (×) ลงในกระดาษคำตอบ

คำถามข้อที่	**คำตอบ**				**เหตุผลสนับสนุน**			
	ก.	**ข.**	**ค.**	**ง.**	**1.**	**2.**	**3.**	**4.**
1.			×			×		

4. ส่งกระดาษข้อสอบและกระดาษคำตอบเมื่อหมดเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างคำถาม

แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

<u>คำสั่ง</u> : เลือกคำตอบที่*<u>ถูกต้องที่สุด</u>*เพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. รถบรรทุกสิบล้อ และรถจักรยานยนต์กำลังเคลื่อนที่มาทิศเดียวกัน ด้วยอัตราเร็ว 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเท่ากัน เมื่อคนขับรถทั้งสองเหยียบเบรกพร้อมกัน จนล้อหยุดหมุน รถคันใดจะไถลไปได้ไกลกว่ากัน

(ก.) รถบรรทุกสิบล้อ
ข. รถจักรยานยนต์
ค. ไถลไปได้ไกลเท่ากัน
ง. ไม่สามารถบอกได้

เหตุผลสนับสนุน

(1.) วัตถุมีมวลมาก มีความเฉื่อยมาก
2. วัตถุมวลน้อยเคลื่อนที่ได้เร็วมากกว่า
3. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากัน
4. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราหน่วงต่างกัน

(เฉลย คำถามเชิงเนื้อหาตอนที่ 1 ตอบ ก. เหตุผลสนับสนุนตอนที่ 2 ตอบ 1.)

2. เด็กชายแดงและครอบครัว กำลังเดินทางไปเที่ยวด้วยรถยนต์ส่วนตัว ขณะที่รถกำลังแล่นอยู่ด้วยความเร็วคงที่บนถนนนั้น มีสุนัขวิ่งตัดหน้ารถ คุณพ่อของเด็กชายแดงซึ่งเป็นคนขับรถเหยียบเบรกอย่างกะทันหัน ผลที่เกิดขึ้นกับคนที่อยู่ในรถจะเป็นอย่างไร

ก. ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงกับทุกคนในรถ
ข. ทุกคนในรถหยุดนิ่งกับที่ตามรถ
ค. ทุกคนในรถจะพุ่งไปข้างหลัง
(ง.) ทุกคนในรถจะพุ่งไปข้างหน้า

เหตุผลสนับสนุน

1. คนกับรถเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน
2. คนในรถมีความเร่งเช่นเดียวกับความเร็ว
3. ความเร็วของรถไม่มีผลต่อความเร็วของคนในรถของรถ
(4.) คนในรถมีความเร็วเช่นเดียวกับความเร็วของรถก่อนเบรก

(เฉลย คำถามเชิงเนื้อหาตอนที่ 1 ตอบ ง. เหตุผลสนับสนุนตอนที่ 2 ตอบ 4.)

3. หลังจากเกิดเหตุการณ์สุนัขวิ่งตัดหน้ารถของเด็กชายแดงและครอบครัวแล้ว ขณะเดินทางต่อนั้น รถน้ำมันหมดกลางทาง อยากทราบว่า ขณะที่น้ำมันหมดนั้น รถของครอบครัวเด็กชายแดงจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร

ก. รถหยุดนิ่งทันทีที่น้ำมันหมด

(ข.) รถเคลื่อนที่ต่อไปข้างหน้าได้อีกเล็กน้อย

ค. รถหยุดนิ่งและเคลื่อนที่ต่อไปได้อย่างปกติ

ง. รถเคลื่อนที่ได้อย่างปกติ

เหตุผลสนับสนุน

(1.) รถรักษาสภาพการเคลื่อนที่ 2. มวลไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของรถ

3. ความเร็วของรถมีค่าเป็นศูนย์ 4. ความเร่งมีผลต่อการเคลื่อนที่ของรถ

(เฉลย คำถามเชิงเนื้อหาตอนที่ 1 ตอบ ข. เหตุผลสนับสนุนตอนที่ 2 ตอบ 1.)

4. เมื่อรถของครอบครัวเด็กชายแดงน้ำมันหมด คุณพ่อของเด็กชายแดงจึงจอดรถไว้ข้างทาง และโทรศัพท์เพื่อขอความช่วยเหลือกับตำรวจทางหลวง ไม่นานตำรวจทางหลวงก็มาถึงจุดที่รถจอดอยู่พร้อมกับรถลาก เมื่อรถลากลากจูงรถของครอบครัวเด็กชายแดงไปปั๊มน้ำมัน อยากทราบว่าขณะรถลากเริ่มออกตัว รถยนต์มีความเร่งสอดคล้องตามข้อใด

ก. รถไม่มีความเร่ง

ข. รถมีความเร่งทิศทางตรงข้ามกับรถลาก

(ค.) รถมีความเร่งทิศทางเดียวกับรถลาก

ง. ความเร่งของรถไม่คงที่ ขึ้นกับความเร็วของรถลาก

เหตุผลสนับสนุน

(1.) ความเร่งมีทิศเดียวกับแรงที่มากระทำ 2. ความเร่งมีทิศตรงข้ามกับแรงที่มากระทำ

3. ความเร็วของรถคงที่ 4. ความเร็วของรถเพิ่มขึ้น

(เฉลย คำถามเชิงเนื้อหาตอนที่ 1 ตอบ ค. เหตุผลสนับสนุนตอนที่ 2 ตอบ 1.)

5. วิศวกรคนหนึ่ง ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยิงลูกกลมอัตโนมัติที่ตนสร้างขึ้น โดยเครื่องนี้มีคุณสมบัติพิเศษคือ สามารถยิงวัตถุที่มีลักษณะกลมได้ทุกชนิด โดยแรงที่กระทำกับลูกกลมมีขนาดเท่ากัน ในการทดสอบครั้งแรก นักวิทยาศาสตร์นำลูกกอล์ฟและลูกปิงปองมาเข้าเครื่องเพื่อเตรียมยิง เมื่อทำการทดสอบโดยยิงลูกกลมทั้งสองชนิดพร้อมกันออกไปในแนวระดับ ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร เมื่อไม่พิจารณาแรงต้านอากาศ

ก. ลูกกอล์ฟเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า
(ข.) ลูกปิงปองเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า
ค. ลูกกลมทั้งสองเคลื่อนที่ได้เร็วเท่ากัน
ง. ลูกกลมทั้งสองเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่

เหตุผลสนับสนุน

1. แรงคู่ปฏิกิริยามีขนาดเท่ากัน
2. ความเร่งของวัตถุแปรผันตรงกับมวล
(3.) วัตถุมีมวลน้อย ความเร่งจะมาก
4. มวลมีผลต่อแรงคู่ปฏิกิริยาของวัตถุ

(เฉลย คำถามเชิงเนื้อหาตอนที่ 1 ตอบ ข. เหตุผลสนับสนุนตอนที่ 2 ตอบ 3.)

6. รถบรรทุกคันหนึ่งลากจูงรถพ่วงมาด้วย 1 คัน ขณะที่รถบรรทุกกำลังแล่นด้วยความเร่งไปบนถนนที่อยู่ในแนวราบ ข้อใดกล่าวถึง ขนาดของแรงลากจูงที่รถบรรทุกกระทำกับรถพ่วงได้ถูกต้อง

ก. มากกว่าแรงที่รถพ่วง กระทำต่อรถบรรทุก
ข. น้อยกว่าแรงที่รถพ่วง กระทำกับรถบรรทุก
(ค.) เท่ากับแรงที่รถพ่วง กระทำกับรถบรรทุก
ง. เท่ากับแรงที่พื้นถนน กระทำกับรถพ่วง

เหตุผลสนับสนุน

1. แรงคู่ควบ 2 แรง มีขนาดเท่ากัน
(2.) ขนาดแรงกิริยามีขนาดเท่ากับแรงปฏิกิริยา
3. ความเร่งของวัตถุมีผลต่อแรงคู่ปฏิกิริยา
4. มวลมีผลต่อแรงคู่ปฏิกิริยาของวัตถุ

(เฉลย คำถามเชิงเนื้อหาตอนที่ 1 ตอบ ค. เหตุผลสนับสนุนตอนที่ 2 ตอบ 2.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. ในการช่วยเหลือผู้ประสบภัยไฟไหม้ที่ตึกสูงแห่งหนึ่ง หน่วยกู้ภัยใช้เบาะลมขนาดใหญ่ที่บรรจุลมจนเต็ม กางที่บริเวณด้านล่างของอาคารเพื่อรองรับผู้ประสบภัยที่จะกระโดดลงจากตึก นางสาวสุดสวย เป็นหนึ่งในผู้ประสบภัยครั้งนี้ และตัดสินใจกระโดดลงจากตึกเพื่อเอาชีวิตรอด หลังจากที่นางสาวสุดสวยกระโดดลงจากตึกและกระทบกับเบาะลมแล้ว ขณะกระทบเบาะลม ลักษณะการเคลื่อนที่ของนางสาวสุดสวยเป็นอย่างไร

(ก.) นางสาวสุดสวยกระเด้งขึ้นจากเบาะลม

ข. นางสาวสุดสวยนอนนิ่งไม่เคลื่อนที่บนเบาะ

ค. นางสาวสุดสวยจมลงไปในเบาะลมลม

ง. ไม่สามารถบอกลักษณะการเคลื่อนที่ของนางสาวสุดสวยได้

เหตุผลสนับสนุน

1. นางสาวสุดสวยออกแรงกระทำกับเบาะลม

(2.) แรงจากเบาะลมกระทำกับนางสาวสุดสวย

3. ไม่มีแรงใด ๆ กระทำกับนางสาวสุดสวย

4. นางสาวสุดสวยรักษาสภาพการเคลื่อนที่

(เฉลย คำถามเชิงเนื้อหาตอนที่ 1 ตอบ ก. เหตุผลสนับสนุนตอนที่ 2 ตอบ 2.)

8. นายเอ เป็นนักบินอวกาศ เขารับภารกิจสำรวจพื้นผิวดวงจันทร์ โดยทราบข้อมูลเบื้องต้นคือแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์มีค่าประมาณ 1 ใน 5.88 เท่าของโลก ขณะสำรวจพื้นผิวดวงจันทร์นั้น เขาพบทองก้อนขนาดใหญ่ เมื่อนำไปชั่งน้ำหนักทันทีพบว่า ทองก้อนนั้นหนัก 20.1 กิโลกรัม เมื่อกับมายังโลก เขาจึงเปิดประมูลทองก้อนที่เขาพบ ขณะที่นายเอตรวจสอบพร้อมชั่งน้ำหนักทองก้อนอีกครั้งบนพื้นโลก อยากทราบว่า เครื่องชั่งจะแสดงน้ำหนักของทองก้อนอย่างไร

ก. เครื่องชั่งไม่สามารถบอกน้ำหนักของทองก้อนได้

ข. น้อยกว่าน้ำหนักที่ชั่งบนดวงจันทร์

ค. เท่ากับน้ำหนักจริงที่ชั่งบนดวงจันทร์

(ง.) มากกว่าน้ำหนักที่ชั่งบนดวงจันทร์

เหตุผลสนับสนุน

1. ทิศทางของความเร่งมีผลต่อน้ำหนัก (2.) ขนาดของความเร่งโน้มถ่วงมีผลต่อน้ำหนัก

3. ความเร่งคงที่ไม่มีผลต่อน้ำหนัก 4. น้ำหนักคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง

(เฉลย คำถามเชิงเนื้อหาตอนที่ 1 ตอบ ง. เหตุผลสนับสนุนตอนที่ 2 ตอบ 2.)

9. เมื่อนายเอ ตรวจสอบน้ำหนักของก้อนทองบนพื้นโลก จึงเกิดความสงสัย เขาจึงนำทองก้อนขึ้นยานอวกาศลำเดิม เพื่อจะออกเดินทางไปยังอวกาศอีกครั้ง ขณะที่ยานอวกาศเดินทางถึงชั้นบรรยากาศสตาร์โตสเฟียร์ ซึ่งมีความสูง 50 กิโลเมตรจากพื้นโลก นายเอจึงชั่งน้ำหนักทองก้อนอีกครั้ง อยากทราบว่า ขณะที่ยานอวกาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เครื่องชั่งจะแสดงน้ำหนักของทองก้อนอย่างไร

ก. เครื่องชั่งไม่สามารถบอกน้ำหนักของทองก้อนได้

ข. เท่ากับน้ำหนักจริงที่ชั่งบนผิวโลก

ค. มากกว่าน้ำหนักที่ชั่งบนผิวโลก

ง. น้อยกว่าน้ำหนักที่ชั่งบนผิวโลก

เหตุผลสนับสนุน

1. แรงดึงดูดระหว่างมวลของวัตถุคงที่เสมอ
2. น้ำหนักของวัตถุมีผลต่อแรงดึงดูดระหว่างมวล
3. มวลของวัตถุมีผลต่อแรงดึงดูดระหว่างมวล
4. ระยะห่างระหว่างโลกและวัตถุมีผลต่อแรงดึงดูดระหว่างมวล

(เฉลย คำถามเชิงเนื้อหาตอนที่ 1 ตอบ ง. เหตุผลสนับสนุนตอนที่ 2 ตอบ 4.)

10. แรงเสียดทานที่ล้อรถกระทำกับพื้นถนนขณะรถเคลื่อนที่ มีผลต่อการเคลื่อนที่ของรถอย่างไร

ก. ไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของรถ

ข. ทำให้รถเคลื่อนที่ได้ยากขึ้น

ค. ทำให้รถอยู่ติดกับพื้นถนน

ง. ทำให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้

เหตุผลสนับสนุน

1. ทิศทางของแรงเสียดทานไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่
2. แรงเสียดทานที่ล้อรถกระทำกับพื้นถนนมีทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของล้อรถ
3. แรงเสียดทานที่ล้อรถกระทำกับพื้นถนนมีทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของล้อรถ
4. แรงเสียดทานที่ล้อรถกระทำกับพื้นถนนมีทิศพุ่งเข้าสู่พื้นโลก

(เฉลย คำถามเชิงเนื้อหาตอนที่ 1 ตอบ ง. เหตุผลสนับสนุนตอนที่ 2 ตอบ 2.)

กระดาษคำตอบ

แบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่

ชื่อ..... นามสกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

<u>คำสั่ง</u> : เลือกคำตอบที่*<u>ถูกต้องที่สุด</u>*เพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

คำถามข้อที่	คำตอบ				เหตุผลสนับสนุน			
	ก.	ข.	ค.	ง.	1.	2.	3.	4.
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
และแผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป
แผนที่ 1 เรื่อง แรงและการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน

รายวิชา ฟิสิกส์พื้นฐาน **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**
เวลา 150 นาที **ผู้สอน นางสาวพัณนิดา มิ่งมิตร**

สาระการเรียนรู้ มาตรฐาน และตัวชี้วัด
สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ว 4.2 ม.4-6/1 อธิบายและทดลองความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ในแนวตรง

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบ ที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ว 8.1 ม. 4-6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม. 4-6/7 วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ว 8.1 ม. 4-6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบคาบเรียนนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของแรงและแรงลัพธ์ได้
2. อธิบายวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกันได้
3. แก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดเพื่อหาแรงลัพธ์ระหว่างแรงสองแรงได้
4. ใช้ความรู้เรื่องแรงลัพธ์อธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้
5. รับฟังความเห็นที่แตกต่าง และมีความมุ่งมั่นต่อการเรียน

สาระสำคัญ

แรง (force) คือ ปริมาณที่พยายามทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เป็นปริมาณเวกเตอร์ หน่วยของแรงตามระบบเอสไอ คือ นิวตัน (N)

การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการสร้างรูป แบ่งวิธีสร้างรูปได้ 2 แบบ คือการสร้างรูปสามเหลี่ยมและการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการคำนวณ ได้แก่ กรณีที่แรงสองแรงทำมุม θ ใด ๆ ต่อกัน กรณีที่แรงสองแรงทำมุม 0° ต่อกัน และกรณีที่แรงสองแรงทำมุม 180° ต่อกัน

สาระการเรียนรู้

แรง (force) คือ ปริมาณที่พยายามทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ ซึ่งการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่นั้น หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุ

แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ หน่วยของแรงตามระบบเอสไอ คือ นิวตัน (N)

เมื่อมีแรง 2 แรง หรือมากกว่ามากระทำต่อวัตถุเดียวกัน ผลที่เกิดขึ้นจะเสมือนกับว่า มีแรงเพียงแรงเดียวกระทำต่อวัตถุนั้น ซึ่งแรงดังกล่าวเรียกว่า **แรงลัพธ์ (resultant force)**

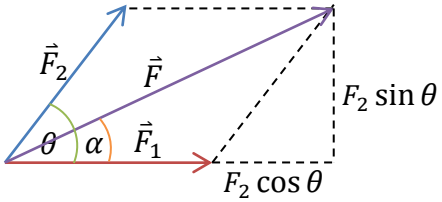
การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการสร้างรูป แบ่งวิธีสร้างรูปได้ 2 แบบ คือการสร้างรูปสามเหลี่ยมและการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

1. การสร้างรูปสามเหลี่ยม ทำได้โดยนำหางลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่งแล้วลากเส้นจากหางลูกศรของแรงแรกไปยังหัวลูกศรของแรงที่สองจะได้แรงลัพธ์
2. การสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ทำได้โดยลากหางลูกศรของแรงทั้งสองออกจากจุดพิจารณา แล้วลากเส้นจากหัวลูกศรของแรงทั้งสองขนานกับแนวแรงอีกแรงหนึ่งได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน จากนั้นลากเส้นทแยงมุมจากหางลูกศรของแรงทั้งสองไปยังจุดที่มุมตรงข้าม จะได้แรงลัพธ์

การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดยการคำนวณ ได้แก่ กรณีที่แรงสองแรงทำมุม θ ใด ๆ ต่อกัน กรณีที่แรงสองแรงทำมุม 0° ต่อกัน และกรณีที่แรงสองแรงทำมุม 180° ต่อกัน

กรณีที่แรงทั้งสองทำมุม θ ใด ๆ ต่อกัน จากภาพ ขนาดของแรงลัพธ์ $\vec{F}$ หาได้จากกฎของโคไซน์ $F = \sqrt{{F_1}^2 + {F_2}^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$



ส่วนทิศทางของแรงลัพธ์ $\vec{F}$ ที่ทำมุม α กับแรง $\vec{F}_1$ หาได้จาก $\alpha = \tan^{-1}\frac{F_2\sin\theta}{F_1+F_2\cos\theta}$

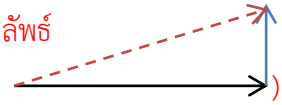
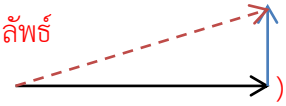
กรณีที่แรงสองแรงทำมุม 0° ต่อกัน จากภาพ $P \rightarrow$ $Q \rightarrow$ ขนาดของแรงลัพธ์ $\vec{F}$ สามารถหาได้จาก $F = P + Q$

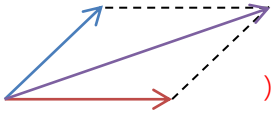
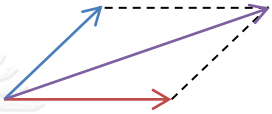
กรณีที่แรงสองแรงทำมุม 180° ต่อกัน จากภาพ $\leftarrow P$ $Q \rightarrow$ ขนาดของแรงลัพธ์ $\vec{F}$ สามารถหาได้จาก $F = Q + (-P)$

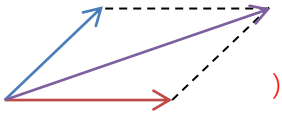
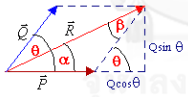
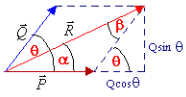
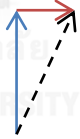
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

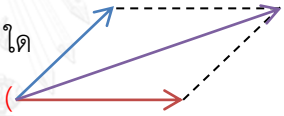
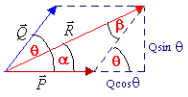
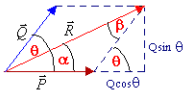
แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
1. ขั้นนำ (20 นาที) 1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการสาธิตการทำให้วัตถุต่าง ๆ ในห้องเรียนเคลื่อนที่ เช่น ย้ายกองหนังสือ ยกปากกา ยกเก้าอี้ ดันโต๊ะ และอภิปรายทบทวนความรู้เดิมพร้อมใช้คำถามดังนี้ 1.1 นักเรียนคิดว่า ครูทำให้สิ่งของต่าง ๆ เหล่านี้เคลื่อนที่ได้อย่างไร (ครูออกแรงกระทำกับสิ่งของต่าง ๆ ทำให้สิ่งของเคลื่อนที่) 1.2 นักเรียนคิดว่า การที่วัตถุหรือสิ่งของเคลื่อนที่ได้เพราะเหตุใด (มีแรงมากระทำกับสิ่งของ) 1.3 การที่มีแรงมากระทำกับวัตถุหรือสิ่งของนั้น นักเรียนคิดว่า ปริมาณในการเคลื่อนที่ใดที่มีการเปลี่ยนแปลง (ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เกิดจากการออกแรงกระทำกับวัตถุ โดยอาจเปลี่ยนเฉพาะขนาดของความเร็วหรือเปลี่ยนเฉพาะทิศทางของความเร็ว หรือเปลี่ยนทั้งขนาดและทิศทางของความเร็วก็ได้) 1.4 จากการที่ครูทำให้วัตถุต่าง ๆ ในห้องเคลื่อนที่ นักเรียนคิดว่า แรงคืออะไร (แรง คือ ปริมาณที่ทำให้วัตถุพยายามเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่) **2. ขั้นกิจกรรม (100 นาที)** 1. ครูนำอภิปรายกรณีการสาธิตการทำให้วัตถุต่าง ๆ ภายในห้องเคลื่อนที่ พร้อมใช้คำถามดังนี้ 1.1 นักเรียนคิดว่าแรงเป็นเวกเตอร์หรือสเกลล่า เพราะเหตุใด และสามารถสังเกตได้อย่างไร	**1. ขั้นนำ (15 นาที)** 1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการสาธิตการทำให้วัตถุต่าง ๆ ในห้องเรียนเคลื่อนที่ เช่น ย้ายกองหนังสือ ยกปากกา ยกเก้าอี้ ดันโต๊ะ และอภิปรายทบทวนความรู้เดิมพร้อมใช้คำถามดังนี้ 1.1 นักเรียนคิดว่า ครูทำให้สิ่งของต่าง ๆ เหล่านี้เคลื่อนที่ได้อย่างไร (ครูออกแรงกระทำกับสิ่งของต่าง ๆ ทำให้สิ่งของเคลื่อนที่) 1.2 นักเรียนคิดว่า การที่วัตถุหรือสิ่งของเคลื่อนที่ได้เพราะเหตุใด (มีแรงมากระทำกับสิ่งของ) 1.3 การที่มีแรงมากระทำกับวัตถุหรือสิ่งของนั้น นักเรียนคิดว่า ปริมาณในการเคลื่อนที่ใดที่มีการเปลี่ยนแปลง (ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เกิดจากการออกแรงกระทำกับวัตถุ โดยอาจเปลี่ยนเฉพาะขนาดของความเร็วหรือเปลี่ยนเฉพาะทิศทางของความเร็ว หรือเปลี่ยนทั้งขนาดและทิศทางของความเร็วก็ได้) 1.4 จากการที่ครูทำให้วัตถุต่าง ๆ ในห้องเคลื่อนที่ นักเรียนคิดว่า แรงคืออะไร (แรง คือ ปริมาณที่ทำให้วัตถุพยายามเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่) **2. ขั้นกิจกรรม (110 นาที)** 1. ครูนำอภิปรายกรณีการสาธิตการทำให้วัตถุต่าง ๆ ภายในห้องเคลื่อนที่ พร้อมใช้คำถามดังนี้ 1.1 นักเรียนคิดว่าแรงเป็นเวกเตอร์หรือสเกลล่า เพราะเหตุใด และสามารถสังเกตได้อย่างไร

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
(แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เนื่องจากมีทั้งขนาดและทิศทาง สังเกตได้จากการออกแรงดันโต๊ะแล้วโต๊ะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ออกแรง) 1.2 หน่วยของแรงตามระบบ เอสไอ คืออะไร (นิวตัน) 1.3 นอกจากนิวตันแล้ว หน่วยของแรงสามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่าอะไร (กิโลกรัมเมตรต่อวินาที^{2}) 2. ครูนำอภิปรายในประเด็นของแรงลัพธ์ด้วยสถานการณ์ต่อไปนี้ 2.1 ถ้านักเรียนและเพื่อนไปเที่ยวในสวนผลไม้ 2 คน ระหว่างเดินชมสวนผลไม้ พบเรืออยู่ในท้องร่อง นักเรียนและเพื่อนต้องการลากเรือนั้นให้เคลื่อนที่ โดยที่ไม่มีใครต้องลงไปในน้ำ กำหนดให้มีอุปกรณ์ที่ใช้ คือ เชือกที่มีความยาวเท่ากันจำนวน 2 เส้น เท่านั้น นักเรียนและเพื่อนจะทำอย่างไร (คำตอบของนักเรียนแตกต่าง เช่น นักเรียนและเพื่อนอยู่คนละฝั่งของท้องร่องในสวน นำเชือกผูกกับเรือ และผูกกับตนเองและเพื่อนไว้ จากนั้นออกแรงลากไปพร้อมกัน ดังตัวอย่างภาพที่แสดง) 3. ครูให้นักเรียนร่วมกับอภิปรายเพื่อหาคำตอบของปัญหา พร้อมนำเสนอคำตอบที่ได้ โดยอาจเสนอเป็นการวาดภาพบนกระดานประกอบการนำเสนอเป็นต้น ครูเขียนคำตอบที่ได้จากนักเรียนบนกระดาน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเลือกคำตอบที่เหมาะสมที่สุด	(แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ เนื่องจากมีทั้งขนาดและทิศทาง สังเกตได้จากการออกแรงดันโต๊ะแล้วโต๊ะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ออกแรง) 1.2 หน่วยของแรงตามระบบ เอสไอ คืออะไร (นิวตัน) 1.3 นอกจากนิวตันแล้ว หน่วยของแรงสามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่าอะไร (กิโลกรัมเมตรต่อวินาที^{2}) 2. ครูนำอภิปรายในประเด็นของแรงลัพธ์ด้วยสถานการณ์ต่อไปนี้ 2.1 ถ้านักเรียนและเพื่อนไปเที่ยวในสวนผลไม้ 2 คน ระหว่างเดินชมสวนผลไม้ พบเรืออยู่ในท้องร่อง นักเรียนและเพื่อนต้องการลากเรือนั้นให้เคลื่อนที่ โดยที่ไม่มีใครต้องลงไปในน้ำ กำหนดให้มีอุปกรณ์ที่ใช้ คือ เชือกที่มีความยาวเท่ากันจำนวน 2 เส้น เท่านั้น นักเรียนและเพื่อนจะทำอย่างไร (คำตอบของนักเรียนแตกต่าง เช่น นักเรียนและเพื่อนอยู่คนละฝั่งของท้องร่องในสวน นำเชือกผูกกับเรือ และผูกกับตนเองและเพื่อนไว้ จากนั้นออกแรงลากไปพร้อมกัน ดังตัวอย่างภาพที่แสดง) 3. ครูให้นักเรียนร่วมกับอภิปรายเพื่อหาคำตอบของปัญหา พร้อมนำเสนอคำตอบที่ได้ โดยอาจเสนอเป็นการวาดภาพบนกระดานประกอบการนำเสนอเป็นต้น ครูเขียนคำตอบที่ได้จากนักเรียนบนกระดาน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเลือกคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

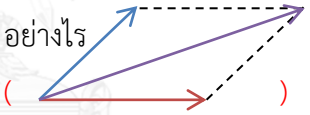
แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
4. ครูนำอภิปรายในประเด็นวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน พร้อมใช้คำถาม 4.1 จากสถานการณ์ดังกล่าว เหตุใดเรือจึงเคลื่อนที่ได้ (เพราะแรงดึง 2 แรงที่กระทำโดยนักเรียนและเพื่อน) 4.2 ผลรวมของแรง 2 แรงที่กระทำโดยนักเรียนและเพื่อนนั้นเรียกว่าอะไร (แรงลัพธ์) 5. ครูแสดงวิธีการหาแรงลัพธ์จากสถานการณ์การลากเรือด้วยวิธีการวาดรูปให้นักเรียนศึกษา 5.1 จากสถานการณ์ลากเรือ นักเรียนสามารถหาแรงลัพธ์ได้กี่วิธี อะไรบ้าง (2 วิธี เขียนรูป และใช้สูตรคำนวณ) 5.2 การเขียนรูปสามารถทำได้กี่แบบอะไรบ้าง (การสร้างรูปสามเหลี่ยม, การสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน) 5.3 นักเรียนคิดว่าความต่างระหว่างการหาเวกเตอร์แบบการการสร้างรูปสามเหลี่ยมและการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานเป็นอย่างไร (ไม่ต่างกัน เพราะโดยหลักการ การสร้างรูปทั้งสองแบบสามารถนำไปสู่การคำนวณหาขนาดและทิศทางได้เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับปัญหาที่จะนำไปแก้ไข) 5.4 การรวมเวกเตอร์ด้วยการสร้างรูปสามเหลี่ยมมีวิธีการอย่างไร (นำหางลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่งแล้วลากเส้นจากหางลูกศรของแรงแรกไปยังหัวลูกศรของแรงที่สองจะได้แรงลัพธ์ 	4. ครูนำอภิปรายในประเด็นวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน พร้อมใช้คำถาม 4.1 จากสถานการณ์ดังกล่าว เหตุใดเรือจึงเคลื่อนที่ได้ (เพราะแรงดึง 2 แรงที่กระทำโดยนักเรียนและเพื่อน) 4.2 ผลรวมของแรง 2 แรงที่กระทำโดยนักเรียนและเพื่อนนั้นเรียกว่าอะไร (แรงลัพธ์) 5. ครูแสดงวิธีการหาแรงลัพธ์จากสถานการณ์การลากเรือด้วยวิธีการวาดรูปให้นักเรียนศึกษา 5.1 จากสถานการณ์ลากเรือ นักเรียนสามารถหาแรงลัพธ์ได้กี่วิธี อะไรบ้าง (2 วิธี เขียนรูป และใช้สูตรคำนวณ) 5.2 การเขียนรูปสามารถทำได้กี่แบบอะไรบ้าง (การสร้างรูปสามเหลี่ยม, การสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน) 5.3 นักเรียนคิดว่าความต่างระหว่างการหาเวกเตอร์แบบการการสร้างรูปสามเหลี่ยมและการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานเป็นอย่างไร (ไม่ต่างกัน เพราะโดยหลักการ การสร้างรูปทั้งสองแบบสามารถนำไปสู่การคำนวณหาขนาดและทิศทางได้เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับปัญหาที่จะนำไปแก้ไข) 5.4 การรวมเวกเตอร์ด้วยการสร้างรูปสามเหลี่ยมมีวิธีการอย่างไร (นำหางลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่งแล้วลากเส้นจากหางลูกศรของแรงแรกไปยังหัวลูกศรของแรงที่สองจะได้แรงลัพธ์ 

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
5.5 การรวมเวกเตอร์ด้วยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานมีวิธีการอย่างไร(ลากหางลูกศรของแรงทั้งสองออกจากจุดพิจารณา แล้วลากเส้นจากหัวลูกศรของแรงทั้งสองขนานกับแนวแรงอีกแรงหนึ่งได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน จากนั้นลากเส้นทแยงมุมจากหางลูกศรของแรงทั้งสองไปยังจุดที่มุมตรงข้าม จะได้แรงลัพธ์ )	5.5 การรวมเวกเตอร์ด้วยการสร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานมีวิธีการอย่างไร (ลากหางลูกศรของแรงทั้งสองออกจากจุดพิจารณา แล้วลากเส้นจากหัวลูกศรของแรงทั้งสองขนานกับแนวแรงอีกแรงหนึ่งได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน จากนั้นลากเส้นทแยงมุมจากหางลูกศรของแรงทั้งสองไปยังจุดที่มุมตรงข้าม จะได้แรงลัพธ์ )
6. ครูยกตัวอย่างปัญหาจากสถานการณ์การนั่งเรือข้ามฟากจากท่าเรือยอดพิมานถึงวัดกัลยา เพื่อให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหา พร้อมใช้คำถามดังนี้ 6.1 ถ้านักเรียนจะเดินทางไปไหว้พระที่วัดกัลยา ด้วยวิธีการที่เร็วที่สุด นักเรียนจะเดินทางอย่างไร (เดินทางด้วยการนั่งเรือข้ามฟากจากท่าเรือยอดพิมานไปถึงวัดกัลยา) 6.2 จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนสามารถหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับเรือข้ามฟากได้อย่างไร เมื่อกำหนดให้ เรือเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือได้ด้วยแรง 1000 นิวตัน และแรงจากกระแสน้ำพัดไปทางทิศตะวันออกด้วยแรง 300 นิวตัน (หาเวกเตอร์ลัพธ์ของเรือข้ามฟาก โดยวิธีการวาดรูป) 7. ครูแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องการหาแรงลัพธ์ของแรงที่ทำมุมต่อกันให้นักเรียนศึกษา พร้อมใช้คำถามดังนี้	6. ครูยกตัวอย่างปัญหาจากสถานการณ์การนั่งเรือข้ามฟากจากท่าเรือยอดพิมานถึงวัดกัลยา เพื่อให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหา พร้อมใช้คำถามดังนี้ 6.1 ถ้านักเรียนจะเดินทางไปไหว้พระที่วัดกัลยา ด้วยวิธีการที่เร็วที่สุด นักเรียนจะเดินทางอย่างไร (เดินทางด้วยการนั่งเรือข้ามฟากจากท่าเรือยอดพิมานไปถึงวัดกัลยา) **(ส่วนของการตรวจสอบมโนทัศน์)** 6.2 จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนสามารถหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับเรือข้ามฟากได้อย่างไร เมื่อกำหนดให้ เรือเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือได้ด้วยแรง 1000 นิวตัน และแรงจากกระแสน้ำพัดไปทางทิศตะวันออกด้วยแรง 300 นิวตัน (หาเวกเตอร์ลัพธ์ของเรือข้ามฟาก โดยวิธีการวาดรูป)

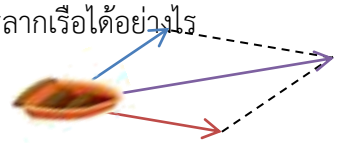
แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
7.1 จากปัญหาดังกล่าว นักเรียนสามารถหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับเรือข้ามฟากได้อย่างไร (การหาเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยการวาดรูป) 8. นักเรียนหาเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยวิธีการดังกล่าวจนได้คำตอบ 9. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกันด้วยการคำนวณ พร้อมใช้คำถามต่อไปนี้ 9.1 จากสถานการณ์การลากเรือ นักเรียนสามารถเขียนภาพสถานการณ์ในรูปของเวกเตอร์แทนแรงได้อย่างไร แล้วแรงลัพธ์จะอยู่ในทิศทางใด () 9.2 เมื่อลากเส้นประต่อจากรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานดังภาพ  นักเรียนสามารถหาเวกเตอร์ R ได้จากหลักการทางคณิตศาสตร์ใด (กฎของโคไซน์) 9.3 จากภาพ  จะสามารถเขียนสมการขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ได้อย่างไร (สมการขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์ $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$ สมการทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ $\alpha = \tan^{-1}\frac{Q\sin\theta}{P+Q\cos\theta}$)	**(ส่วนของการให้เหตุผล)** 7. ครูนำอภิปรายเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์เพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการเดินทางโดยเรือข้ามฟากของนักเรียน ด้วยคำถามดังนี้ 7.1 ถ้านักเรียนเขียนลูกศรเวกเตอร์ แสดงขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำกับเรือข้ามฟาก นักเรียนสามารถเขียนลูกศรนั้นได้อย่างไร (แสดงแรงที่กระทำกับเรือทางทิศเหนือ 1000 นิวตัน → แสดงแรงที่กระแสน้ำกระทำกับเรือไปทางทิศตะวันออก 300 นิวตัน) 7.2 จากลูกศรเวกเตอร์แสดงขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำกับเรือ นักเรียนสามารถหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับเรือได้อย่างไร (ใช้วิธีการหาเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยการวาดรูปแบบหางต่อหัวดังนี้ ) **(ส่วนของแผนการแก้ปัญหา)** 8. ครูนำอภิปรายเพื่อกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยจัดรูปแบบการแก้ปัญหาออกเป็น 2 คอลัมน์ ในคอลัมน์ซ้ายเป็นส่วนของขั้นตอนการแก้ปัญหา และคอลัมน์ขวาเป็นส่วนของวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา และใช้คำถามดังนี้ 8.1 ความรู้ทางฟิสิกส์ใดที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ (การหาแรงลัพธ์โดยวิธีการหาเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยการวาดรูป)

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
9.4 จากภาพ ในกรณีที่เวกเตอร์ P และ Q ทำมีทิศทางเดียวกัน นักเรียนคิดว่าเวกเตอร์ P และ Q ทำมุมกันกี่องศา (0°) 9.5 ถ้านักเรียนแทนค่าขนาดของเวกเตอร์ P Q และมุมที่กระทำระหว่างเวกเตอร์ P และQ ในสมการ $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$ ค่าของเวกเตอร์ลัพธ์ที่หาได้จากสมการจะเหมือนกับค่าของเวกเตอร์ลัพธ์ที่หาได้จากวิธีการใด (การนำขนาดของเวกเตอร์มาบวกกัน) 9.6 จากภาพ ในกรณีที่เวกเตอร์ P และ Q ทำมีทิศทางเดียวกัน นักเรียนคิดว่าเวกเตอร์ P และ Q ทำมุมกันกี่องศา (180°) 9.7 ถ้านักเรียนแทนค่าขนาดของเวกเตอร์ P Q และมุมที่กระทำระหว่างเวกเตอร์ P และQ ในสมการ $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$ ค่าของเวกเตอร์ลัพธ์ที่หาได้จากสมการจะเหมือนกับค่าของเวกเตอร์ลัพธ์ที่หาได้จากวิธีการใด (การนำขนาดของเวกเตอร์มาลบกัน) 10. ครูยกตัวอย่างปัญหาจากสถานการณ์เดียวกัน โดยครูสมมติตัวเลขแทนแรงที่นักเรียนทั้งสองใช้ลากเรือ เพื่อให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหา พร้อมใช้คำถามดังนี้	8.2 สิ่งใดที่นักเรียนต้องการทราบจากปัญหานี้ (แรงลัพธ์ที่กระทำกับเรือข้ามฟาก) 8.3 สิ่งใดบ้างที่นักเรียนทราบจากสถานการณ์นี้ (แรงที่กระทำกับเรือข้ามฟาก) 9. นักเรียนหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับเรือข้ามฟากด้วยวิธีการหาเวกเตอร์ลัพธ์จากการวาดรูป 10. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกันด้วยการคำนวณ พร้อมใช้คำถามต่อไปนี้ 10.1 จากสถานการณ์การลากเรือ นักเรียนสามารถเขียนภาพสถานการณ์ในรูปของเวกเตอร์แทนแรงได้อย่างไร แล้วแรงลัพธ์จะอยู่ในทิศทางใด () 10.2 เมื่อลากเส้นประต่อจากรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานดังภาพ  นักเรียนสามารถหาเวกเตอร์ R ได้จากหลักการทางคณิตศาสตร์ใด (กฎของโคไซน์) 10.3 จากภาพ  จะสามารถเขียนสมการขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ได้อย่างไร (สมการขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์ $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$ สมการทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ $\alpha = \tan^{-1}\frac{Q\sin\theta}{P+Q\cos\theta}$)

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
10.1 จากสถานการณ์การลากเรือ ถ้านักเรียนคนที่หนึ่งออกแรงลากเรือ 10 นิวตันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ นักเรียนคนที่สองออกแรงลากเรือ 25 นิวตันไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ นักเรียนคิดว่าเรือจะเคลื่อนที่ไปทางทิศใด (ทิศเหนือ) 10.2 นักเรียนสามารถทราบได้อย่างไรว่าเรือจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่นักเรียนคาดการณ์ไว้ (จากการเขียนรูป) 11. ครูแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องการหาแรงลัพธ์ของแรงที่ทำมุมต่อกันให้นักเรียนศึกษาพร้อมใช้คำถามดังนี้ 11.1 จากปัญหาดังกล่าว นักเรียนคิดว่าใช้สมการใดในการแก้ปัญหา ($R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$ โดยแรง P และ Q คือแรงที่นักเรียนทั้งสองคนกระทำกับเรือ R คือ แรงลัพธ์ที่กระทำกับเรือ) 12. นักเรียนคำนวณค่าของแรงลัพธ์จากสมการข้างต้นจนได้คำตอบ 11. ครูยกตัวอย่างอื่น ๆ เพิ่มเติมเกี่ยวกับโจทย์ปัญหารูปแบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหาแรงลัพธ์ของแรงที่ทำมุมต่อกัน	10.4 จากภาพ ในกรณีที่เวกเตอร์ P และ Q ทำมีทิศทางเดียวกัน นักเรียนคิดว่าเวกเตอร์ P และ Q ทำมุมกันกี่องศา (0°) 10.5 ถ้านักเรียนแทนค่าขนาดของเวกเตอร์ P Q และมุมที่กระทำระหว่างเวกเตอร์ P และQ ในสมการ $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$ ค่าของเวกเตอร์ลัพธ์ที่หาได้จากสมการจะเหมือนกับค่าของเวกเตอร์ลัพธ์ที่หาได้จากวิธีการใด (การนำขนาดของเวกเตอร์มาบวกกัน) 10.6 จากภาพ ในกรณีที่เวกเตอร์ P และ Q ทำมีทิศทางเดียวกัน นักเรียนคิดว่าเวกเตอร์ P และ Q ทำมุมกันกี่องศา (180°) 10.7 ถ้านักเรียนแทนค่าขนาดของเวกเตอร์ P Q และมุมที่กระทำระหว่างเวกเตอร์ P และQ ในสมการ $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$ ค่าของเวกเตอร์ลัพธ์ที่หาได้จากสมการจะเหมือนกับค่าของเวกเตอร์ลัพธ์ที่หาได้จากวิธีการใด (การนำขนาดของเวกเตอร์มาลบกัน) 11. ครูยกตัวอย่างปัญหาจากสถานการณ์เดียวกันโดยครูสมมติตัวเลขแทนแรงที่นักเรียนทั้งสองใช้ลากเรือ เพื่อให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาพร้อมใช้คำถามดังนี้ 11.1 จากสถานการณ์การลากเรือ ถ้านักเรียนคนที่หนึ่งออกแรงลากเรือ 10 นิวตันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ นักเรียนคนที่สอง

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
	ออกแรงลากเรือ 25 นิวตันไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ นักเรียนคิดว่าเรือจะเคลื่อนที่ไปทางทิศใด (ทิศเหนือ) **(ส่วนของการตรวจสอบมโนทัศน์)** 11.2 นักเรียนสามารถทราบได้อย่างไรว่าเรือจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่นักเรียนคาดการณ์ไว้ (จากการเขียนรูป) **(ส่วนของการให้เหตุผล)** 12. ครูนำนักเรียนอภิปรายเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการออกแรงลากเรือของนักเรียน ด้วยคำถามดังนี้ 12.1 นักเรียนสามารถเขียนลูกศรแสดงแรงที่กระทำกับเรือและแรงลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร  ( ) 12.2 จากภาพและขนาดของแรงที่กำหนดให้ในสถานการณ์ นักเรียนสามารถ หาแรงลัพธ์ที่กระทำกับเรือได้อย่างไร (หาแรงลัพธ์โดยวิธีการหาเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยการคำนวณ) **(ส่วนของแผนการแก้ปัญหา)** 13. ครูนำอภิปรายเพื่อกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยจัดรูปแบบการแก้ปัญหาออกเป็น 2 คอลัมน์ ในคอลัมน์ซ้ายเป็นส่วนของขั้นตอนการแก้ปัญหา และคอลัมน์ขวาเป็นส่วนของสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยกำหนดตัวเลขแทนแรงในสถานการณ์ปัญหาการลากเรือของนักเรียน และใช้คำถามดังนี้ 13.1 ความรู้ทางฟิสิกส์ใดที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
	(การหาแรงลัพธ์โดยวิธีการหาเวกเตอร์ลัพธ์ด้วยการคำนวณ) 13.2 ปริมาณใดที่นักเรียนต้องการทราบจากปัญหานี้ (แรงลัพธ์ที่กระทำกับเรือ) 13.3 ปริมาณใดบ้างที่นักเรียนทราบจากสถานการณ์นี้ (แรงที่นักเรียนทั้งสองคนกระทำกับเรือ) 13.4 นักเรียนสามารถวาดภาพแสดงแรงที่ใช้ในการลากเรือได้อย่างไร () 13.5 นักเรียนสามารถใช้สมการใดในการคำนวณหาแรงลัพธ์ที่กระทำกับเรือได้ ($R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$ โดยแรง P และ Q คือแรงที่นักเรียนทั้งสองคนกระทำกับเรือ R คือ แรงลัพธ์ที่กระทำกับเรือ) 14. นักเรียนคำนวณค่าจากตัวเลขที่ครูสมมติขึ้นเพื่อคำนวณหาแรงลัพธ์จากสมการวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน 15. ครูนำนักเรียนสรุปคำตอบและเชื่อมโยงความรู้ ด้วยคำถามดังนี้ 15.1 จากสถานการณ์ปัญหาเรื่องการลากเรือของนักเรียน นักเรียนสามารถใช้วิธีการใดบ้างในการหาแรงลัพธ์ ที่กระทำกับเรือ (การหาแรงลัพธ์โดยการคำนวณและการหาแรงลัพธ์โดยการวาดรูป)

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
	15.2 นักเรียนคิดว่า วิธีการหาแรงลัพธ์ทั้งสองวิธีให้ผลที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (วิธีการหาแรงลัพธ์ทั้งสองวิธีให้ผลที่แตกต่างกัน คือ การหาแรงลัพธ์ด้วยการวาดรูปจะไม่สามารถบอกขนาดของแรงลัพธ์ที่แน่นอนได้ แต่การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการคำนวณจะสามารถบอกได้ทั้งขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์จากสมการทางคณิตศาสตร์) 16. ครูยกตัวอย่างอื่น ๆ เพิ่มเติมเกี่ยวกับโจทย์ปัญหารูปแบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหาแรงลัพธ์ของแรงที่ทำมุมต่อกัน
3. ขั้นสรุป (30 นาที) 1. ครูใช้คำถามนำนักเรียนเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับ 1.1 ความหมายของแรงและแรงลัพธ์ โดยใช้คำถามดังนี้ 1) จากที่นักเรียนได้ศึกษามา นักเรียนคิดว่า แรงแรงลัพธ์และคืออะไร (แรง คือ ปริมาณที่พยายามทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ แรงลัพธ์ คือ ผลที่เกิดจากรวมแรงมากกว่าหนึ่งแรงที่มากระทำกับวัตถุ เสมือนว่ามีแรงเดียวกระทำต่อวัตถุ) 1.2 วิธีการหาแรงลัพธ์ด้วยการวาดรูปและการคำนวณ โดยใช้คำถามดังนี้ 1) หากมีแรงมากระทำกับวัตถุมากกว่า 1 แรง นักเรียนจะมาสามารถหาแรงลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร (ใช้การวาดรูปและการคำนวณ)	**3. ขั้นสรุป (25 นาที)** 1. ครูใช้คำถามนำนักเรียนเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับ 1.1 ความหมายของแรงและแรงลัพธ์ โดยใช้คำถามดังนี้ 1) จากที่นักเรียนได้ศึกษามา นักเรียนคิดว่า แรงแรงลัพธ์และคืออะไร (แรง คือ ปริมาณที่พยายามทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ แรงลัพธ์ คือ ผลที่เกิดจากรวมแรงมากกว่าหนึ่งแรงที่มากระทำกับวัตถุ เสมือนว่ามีแรงเดียวกระทำต่อวัตถุ) 1.2 วิธีการหาแรงลัพธ์ด้วยการวาดรูปและการคำนวณ โดยใช้คำถามดังนี้ 1) หากมีแรงมากระทำกับวัตถุมากกว่า 1 แรง นักเรียนจะมาสามารถหาแรงลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร (ใช้การวาดรูปและการคำนวณ)

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
2) การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการวาดรูปสามารถทำได้อย่างไร (นำหางลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่งแล้วลากเส้นจากหางลูกศรของแรงแรกไปยังหัวลูกศรของแรงที่สองจะได้แรงลัพธ์ และ ลากหางลูกศรของแรงทั้งสองออกจากจุดพิจารณา แล้วลากเส้นจากหัวลูกศรของแรงทั้งสองขนานกับแนวแรงอีกแรงหนึ่งได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน จากนั้นลากเส้นทแยงมุมจากหางลูกศรของแรงทั้งสองไปยังจุดที่มุมตรงข้าม จะได้แรงลัพธ์)	2) การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการวาดรูปสามารถทำได้อย่างไร (นำหางลูกศรของแรงหนึ่งไปต่อกับหัวลูกศรของอีกแรงหนึ่งแล้วลากเส้นจากหางลูกศรของแรงแรกไปยังหัวลูกศรของแรงที่สองจะได้แรงลัพธ์ และ ลากหางลูกศรของแรงทั้งสองออกจากจุดพิจารณา แล้วลากเส้นจากหัวลูกศรของแรงทั้งสองขนานกับแนวแรงอีกแรงหนึ่งได้เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน จากนั้นลากเส้นทแยงมุมจากหางลูกศรของแรงทั้งสองไปยังจุดที่มุมตรงข้าม จะได้แรงลัพธ์)
3) การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการคำนวณสามารถทำได้อย่างไร (ใช้สมการ $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$ ในการหาเวกเตอร์ลัพธ์)	3) การหาแรงลัพธ์ด้วยวิธีการคำนวณสามารถทำได้อย่างไร (ใช้สมการ $R = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$ ในการหาเวกเตอร์ลัพธ์)
1.3 การแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาแรงลัพธ์ระหว่างแรงสองแรง โดยใช้คำถามดังนี้	1.3 การแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาแรงลัพธ์ระหว่างแรงสองแรง โดยใช้คำถามดังนี้
1) ถ้านักเรียนต้องการแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแรงลัพธ์ นักเรียนจะสามารถใช้วิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหาได้บ้าง (ใช้การวาดรูปและการคำนวณ โดยการคำนวณจะสามารถหาขนาดของแรงลัพธ์ได้)	1) ถ้านักเรียนต้องการแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับแรงลัพธ์ นักเรียนจะสามารถใช้วิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหาได้บ้าง (ใช้การวาดรูปและการคำนวณ โดยการคำนวณจะสามารถหาขนาดของแรงลัพธ์ได้)
2. ครูนำนักเรียนอภิปรายเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับเรื่องแรงและการหาแรงลัพธ์ของแรงที่ทำมุมต่อกันไปสู่สถานการณ์ใหม่ และใช้คำถามดังนี้	2. ครูนำนักเรียนอภิปรายเชื่อมโยงความรู้เกี่ยวกับเรื่องแรงและการหาแรงลัพธ์ของแรงที่ทำมุมต่อกันไปสู่สถานการณ์ใหม่ และใช้คำถามดังนี้
2.1 ถ้านักเรียนเดินทางไปเที่ยวกับเพื่อน ๆ แล้วรถเกิดอุบัติเหตุน้ำมันหมดกลางทาง นักเรียนจะทำอย่างไร (เข็นรถไปที่ปั๊มน้ำมัน)	2.1 ถ้านักเรียนเดินทางไปเที่ยวกับเพื่อน ๆ แล้วรถเกิดอุบัติเหตุน้ำมันหมดกลางทาง นักเรียนจะทำอย่างไร (เข็นรถไปที่ปั๊มน้ำมัน)

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป	แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แนวทางการแก้ปัญหาเชิงมโนทัศน์
2.2 นักเรียนและเพื่อนจะมีวิธีการเข็นรถอย่างไร (นักเรียนและเพื่อนออกแรงดันที่ท้ายรถ) 2.2 นักเรียนทราบได้อย่างไร ว่านักเรียนและเพื่อนจะต้องช่วยกันออกแรงดันที่ท้ายรถ (เกิดการรวมแรงระหว่างแรงของนักเรียนและเพื่อน ส่งผลให้รถเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่ออกแรง) 3. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมเรื่องการหาแรงลัพธ์ของแรงที่ทำมุมต่อกัน	2.2 นักเรียนและเพื่อนจะมีวิธีการเข็นรถอย่างไร (นักเรียนและเพื่อนออกแรงดันที่ท้ายรถ) 2.3 นักเรียนทราบได้อย่างไร ว่านักเรียนและเพื่อนจะต้องช่วยกันออกแรงดันที่ท้ายรถ (เกิดการรวมแรงระหว่างแรงของนักเรียนและเพื่อน ส่งผลให้รถเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่ออกแรง) 3. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมเรื่องการหาแรงลัพธ์ของแรงที่ทำมุมต่อกัน

การประเมินผลการเรียนรู้

1. ประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
2. ประเมินความรู้ความเข้าใจ จากการตอบคำถามในชั้นเรียน
3. ประเมินการรับฟังความเห็นที่แตกต่าง และมีความมุ่งมั่นต่อการเรียน ด้วยการสังเกตพฤติกรรมในห้องเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

ภาคผนวก ง
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 20 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

ข้อ	เนื้อหา	ค่า (IOC)	ความหมาย
1	การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน	1	วัดได้สอดคล้อง
2	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	1	วัดได้สอดคล้อง
3	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	1	วัดได้สอดคล้อง
4	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	1	วัดได้สอดคล้อง
5	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	1	วัดได้สอดคล้อง
6	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	1	วัดได้สอดคล้อง
7	การหาขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวล	1	วัดได้สอดคล้อง
8	การหาความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลก	1	วัดได้สอดคล้อง
9	การหาขนาดและทิศทางของแรงเสียดทาน	1	วัดได้สอดคล้อง
10	การหาขนาดและทิศทางของแรงเสียดทาน	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 21 แสดงค่าระดับความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์

ข้อ	เนื้อหา	ค่าความยาก (p)	อำนาจจำแนก (r)
1	การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน	0.68	0.22
2	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	0.63	0.63
3	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	0.62	0.73
4	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	0.57	0.59
5	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	0.63	0.80
6	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	0.58	0.61
7	การหาขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวล	0.61	0.74
8	การหาความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากผิวโลก	0.60	0.75
9	การหาขนาดและทิศทางของแรงเสียดทาน	0.50	0.56
10	การหาขนาดและทิศทางของแรงเสียดทาน	0.61	0.50

ตารางที่ 22 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนเรียน

ข้อ	เนื้อหา	ค่า (IOC)	ความหมาย
1	มวล	1	วัดได้สอดคล้อง
2	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
4	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	1	วัดได้สอดคล้อง
6	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	1	วัดได้สอดคล้อง
7	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
8	น้ำหนักกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
9	น้ำหนักกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
10	แรงเสียดทาน	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 23 แสดงค่าระดับความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์ก่อนเรียน

ข้อ	เนื้อหา	ค่าความยาก (p)	อำนาจจำแนก (r)
1	มวล	0.74	0.37
2	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	0.80	0.51
3	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	0.65	0.50
4	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	0.74	0.44
5	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	0.44	0.43
6	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	0.79	0.50
7	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	0.53	0.26
8	น้ำหนักกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	0.47	0.42
9	น้ำหนักกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	0.41	0.47
10	แรงเสียดทาน	0.62	0.58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียน

ข้อ	เนื้อหา	ค่า (IOC)	ความหมาย
1	มวล	1	วัดได้สอดคล้อง
2	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	1	วัดได้สอดคล้อง
4	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	1	วัดได้สอดคล้อง
5	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	1	วัดได้สอดคล้อง
6	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
7	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	1	วัดได้สอดคล้อง
8	น้ำหนักกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
9	น้ำหนักกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
10	แรงเสียดทาน	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 25 แสดงค่าระดับความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) จำแนกเป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ฟิสิกส์หลังเรียน

ข้อ	เนื้อหา	ค่าความยาก (p)	อำนาจจำแนก (r)
1	มวล	0.80	0.40
2	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	0.75	0.23
3	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	0.44	0.38
4	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	0.69	0.23
5	กฎการเคลื่อนที่ของสองของนิวตัน	0.47	0.53
6	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	0.56	0.47
7	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน	0.41	0.54
8	น้ำหนักกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	0.41	0.53
9	น้ำหนักกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	0.50	0.42
10	แรงเสียดทาน	0.53	0.54

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพัณนิดา มิ่งมิตร เกิดวันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาจังหวัดระยอง สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ ในปีการศึกษา 2556 และเข้าศึกษาต่อในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับปริญญาโททางการศึกษา (ทุน Premium) หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University