ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นางสาวอรชา ชูเชื้อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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 Graduate School.

EFFECTS OF PHYSICS INSTRUCTION USING STRATEGIC KNOWLEDGE CONSTRUCTION ON PROBLEM SOLVING ABILITY AND CONCEPTS OF MOMENTUM AND IMPULSE OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Oracha chuchuer

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for the Degree of Master of Education Program in Science Education

Department of Curriculum and Instruction

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นางสาวอรชา ชูเชื้อ
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณะบดีคณะครุศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ลัดดา ภู่เกียรติ)

อรชา ชูเชื้อ: ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF PHYSICS INSTRUCTION USING STRATEGIC KNOWLEDGE CONSTRUCTION ON PROBLEM SOLVING ABILITY AND CONCEPTS OF MOMENTUM AND IMPULSE OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 152 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ (2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ (3) ศึกษามโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์และ (4) เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลระหว่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนปากคาดพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 36 คน เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ และกลุ่มควบคุมจำนวน 35 คนเรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ (1) แบบประเมินกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งมีค่าความตรงเท่ากับ 0.87 ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.89 และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งมีค่าความตรงเท่ากับ 0.82 ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.91 ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.30-0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.32-0.54 และ (2) แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล ซึ่งมีค่าความตรงเท่ากับ 0.84 ความเที่ยงเท่ากับ 0.82 ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.36-0.78 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.32-0.68 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาเท่ากับ 76.03 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลเท่ากับ 75.70 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาควิชา.....หลักสูตรและการสอน..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....การศึกษาวิทยาศาสตร์..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา...2554.....

5283465427: MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: STRATEGIC KNOWLEDGE CONSTRUCTION/ PROBLEM SOLVING ABILITY/ CONCEPTS OF MOMENTUM AND IMPULSE

ORACHA CHUCHUER: EFFECTS OF PHYSICS INSTRUCTION USING STRATEGIC KNOWLEDGE CONSTRUCTION ON PROBLEM SOLVING ABILITY AND CONCEPTS OF MOMENTUM AND IMPULSE OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASSOC.PROF.PIMPAN DACHAKUPT, Ph.D., 152 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this study were (1) to study ability in problem solving of an experimental group learned through instructional using strategic knowledge construction (2) to compare problem solving ability of students between group learned through instructional using strategic knowledge construction and group learned through conventional method, (3) to study concepts of momentum and impulse of an experimental group learned through instructional using strategic knowledge construction, and (4) to compare concepts of momentum and impulse between group learned through instructional using strategic knowledge construction and group learned through conventional method. The samples were 2 classrooms of mathayomsuksa 5 students of Pakkhat pittayacom school, Buengkan province, in the second semester of academic year 2011. The research instruments were (1) problem solving process evaluation form with validity at 0.87 and the reliability at 0.89, and the problem solving ability test with validity at 0.82, the reliability at 0.91, the level of difficulty between 0.30-0.80, and the level of discrimination between 0.32-0.54, and (2) test on concepts of momentum and impulse with validity at 0.84, the reliability at 0.82, the level of difficulty between 0.36-0.78, and the level of discrimination between 0.32-0.68. The collected data were analyzed by arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation and t-test.

The research findings were summarized as follows:

1. The experimental group had mean score on problem-solving ability at the percentage of 76.03 which were higher than criterion set.

2. The experimental group had mean score on problem-solving ability test higher then control group at 0.05 level of significance.

3. The experimental group had mean score on concepts of momentum and impulse at the percentage of 75.70 which were higher than criterion set.

4. The experimental group had mean score on concepts of momentum and impulse test higher then control group at 0.05 level of significance.

Department……Curriculum and Instruction…… Student's Signature…….....
Field of study……Science Education…….. Advisor's Signature……
Academic year…2011……...

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในการอบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย และการประกอบอาชีพครูในอนาคต ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาที่ได้รับ จึงขอกราบของพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ลัดดา ภู่เกียรติ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนปากคาดพิทยาคมและคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวมรวมข้อมูลวิจัย ความห่วงใย และความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำวิจัยตลอดจนขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 และ 5/2 ปีการศึกษา 2554 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณครูรัชฎาพร เชียงทอง และครูนิศาชล วุฒิสาร ที่ให้ความช่วยเหลือ กำลังใจและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ รวมถึงการติดต่อและประสานงานตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำกับผู้วิจัยมาโดยตลอด

เหนือสิ่งอื่นใดขอขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่านที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้ความรัก ความห่วงใย พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาและสนับสนุนในทุกๆ ด้านและขอขอบคุณน้องทั้งสองคนที่ให้ความรักและกำลังใจเสมอมา จนการวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญภาพ..... ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ..... 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
คำถามการวิจัย..... 7
วัตถุประสงค์การวิจัย..... 7
สมมติฐานการวิจัย..... 7
ขอบเขตการวิจัย..... 8
ข้อตกลงเบื้องต้น..... 9
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 12
ความสามารถในการแก้ปัญหา..... 13
ความหมายของปัญหาและการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์..... 13
ประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์..... 15
กระบวนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์..... 17
แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา..... 19
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 23
ความหมายและประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 23
ความสำคัญของมโนทัศน์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์..... 28
แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 29

บทที่ **หน้า**

การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์..... 31
ความเป็นมาของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์..... 32
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยการสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์... 34
ขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์..... 45
บทบาทครูและนักเรียนของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์..... 46
ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์..... 50
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล..... 51
3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 54
รูปแบบการวิจัย..... 54
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 55
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 57
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล..... 78
การวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 79
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 80
ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหา..... 81
ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล..... 83
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 86
สรุปผลการวิจัย..... 86
อภิปรายผลการวิจัย..... 87
ข้อเสนอแนะ..... 90
รายการอ้างอิง..... 92
ภาคผนวก..... 99
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ..... 100
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 102

บทที่ **หน้า**

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 121
ภาคผนวก ง คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 146
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 152

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกตามหัวข้อเรื่อง..... 25

2 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์..... 48

3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน 4 ห้องเรียน..... 56

4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรายคู่ของนักเรียน 4 ห้องเรียน..... 56

5 พฤติกรรมที่ต้องการวัดและรายการประเมินตามขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน..... 58

6 นิยามเชิงปฏิบัติการและเกณฑ์การประเมินตามรายการประเมินกระบวนการแก้ปัญหา..... 60

7 หลักฐานที่ใช้ในการประเมินตามรายการประเมิน..... 62

8 สาระที่คัดเลือกจำแนกตามหัวข้อเรื่อง..... 64

9 ตัวชี้วัดและพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์..... 65

10 ระดับคะแนนของตัวชี้วัด..... 66

11 ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัดและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกตามหัวข้อเรื่อง..... 69

12 จำนวนข้อและสัดส่วนน้ำหนักของมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกตามหัวข้อเรื่อง..... 71

13 จำนวนคาบและสาระตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้..... 74

14 เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับการเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ..... 75

15 เปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนการสอนของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับการเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ..... 76

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

16 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนเฉลี่ยกระบวนการแก้ปัญหาและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลอง..... 81
17 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม..... 81
18 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม..... 82
19 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์พื้นฐานและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม..... 83
20 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์พื้นฐานและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม..... 84
21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลตามหัวข้อเรื่องของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม..... 85
22 ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกตามหัวข้อเรื่อง..... 111
23 จำนวนข้อและสัดส่วนน้ำหนักของมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกตามหัวข้อเรื่อง..... 112
24 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมาย ระหว่างพฤติกรรมที่ต้องการวัดกับรายการประเมินของแบบประเมินกระบวนการแก้ปัญหา..... 147
25 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) จำแนกตามละดับข้อของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดล..... 148

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมายระหว่าง
ข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์
เรื่องโมเมนตัมและการดล..... 149
27 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) ตามลำดับข้อ
ของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล..... 151

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1 เปรียบเทียบอุปกรณ์ซอร์ฟแวร์ของคอมพิวเตอร์กับสมองของมนุษย์..... 38

2 กระบวนการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล..... 39

3 กระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล..... 42

4 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design..... 55

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การกำหนดกรอบทิศทางการศึกษาของประเทศไทยในช่วงการปฏิรูปการศึกษาทศวรรษที่ 2 (พ.ศ. 2552-2561) มุ่งเน้นการพัฒนาคนไทยยุคใหม่ให้มีนิสัยใฝ่เรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต โดยกำหนดเป้าหมาย 4 ประการ คือ (1) คนไทยและการศึกษาไทยมีคุณภาพและได้มาตรฐานในระดับสากล (2) คนไทยมีความใฝ่รู้ (3) คนไทยมีความใฝ่ดี และ (4) คนไทยคิดเป็นทำเป็นและแก้ปัญหาได้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554: 40-45) ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายแผนการศึกษาแห่งชาติฉบับปรับปรุง (พ.ศ. 2553-2559) ที่มุ่งพัฒนาคุณภาพการศึกษาในระดับสากลเพื่อรองรับการเป็นประชาคมอาเซียน และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของประเทศภายใต้กระแสโลกาภิวัฒน์ รวมถึงการพัฒนาประเทศให้เป็นศูนย์กลางการศึกษาวิจัยและพัฒนาและการฝึกอบรมนานาชาติในภูมิภาค (regional education hub) (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554: 53-55)

การขับเคลื่อนกระบวนการต่างๆ ให้บรรลุตามเป้าหมายของการปฏิรูปการศึกษารวมถึงนโยบายแผนการศึกษาแห่งชาติดังกล่าว จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการทางการศึกษาซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาคนซึ่งเป็นรากฐานของสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ก่อให้เกิดการคิดค้นนวัตกรรมและเทคโนโลยีอันเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต การพัฒนาประเทศ รวมทั้งมีบทบาทในการพัฒนาความคิดและศักยภาพของบุคคลในด้านความมีเหตุผล ความมีระบบและระเบียบ การสื่อสาร การเลือกสรรข้อมูลสารสนเทศและการกำหนดกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545:1) การนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาเป็นเป้าหมายของหลักสูตรวิทยาศาสตร์และการเรียนการสอนของทุกประเทศ (Jennifer, 2002: 1; Erdemir, 2009: 3) หน้าที่สำคัญของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาคือการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนทั้งในด้านมโนทัศน์ หลักการต่างๆ เพื่อเป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ใระดับอุดมศึกษาต่อไป (Portoles and Lopez: 2008: 106; Erdemir, 2009: 3)

การกำหนดเป้าหมายและนโยบายทางการศึกษาของประเทศไทยดังกล่าวนั้น เมื่อนำมาสู่การปฏิบัติพบว่า คุณภาพด้านการศึกษาของนักเรียนไทยไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ โดยในระดับนานาชาติพิจารณาจากสถานการณ์การศึกษาของประเทศไทยในเวทีอาเซียนและเวทีโลก ซึ่งจัดขึ้นโดยหน่วยงานต่างๆ อาทิเช่น (1) ผลการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันระดับนานาชาติโดยสถาบัน IMD (International Institute for Management Development) พบว่าในการจัดลำดับด้านการศึกษาในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยอยู่ลำดับที่ 51 จาก 59 ประเทศทั่วโลก โดยในระดับอาเซียนประเทศที่มีอันดับดีที่สุดคือ สิงคโปร์ ซึ่งอยู่ในลำดับที่ 10 รองลงมาคือ มาเลเซีย ลำดับที่ 35 (World Competitiveness Yearbook 2011: 30) และ (2) การจัดลำดับคะแนนเฉลี่ยทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจัดโดยโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (Trends in International Mathematics and Science Study) พบว่านักเรียนไทยส่วนใหญ่มีคะแนนทางวิทยาศาสตร์อยู่ในช่วง 400-475 คะแนน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 471คะแนนต่ำกว่ามัธยฐานนานาชาติซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 500 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2553: 5-6)

เมื่อพิจารณาในระดับชาติคุณภาพการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากผลการทดสอบได้แก่ 1) ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน หรือ O-NET (Ordinary National Educational Test) พบว่าคะแนนสอบของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 เฉลี่ยร้อยละทั่วประเทศประจำปีการศึกษา 2551, 2552 และ 2553 เท่ากับ 33.70, 29.05 และ 30.90 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 และพบว่าในทุกปีการศึกษาที่มีการจัดสอบ นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยทั่วประเทศต่ำกว่าร้อยละ 50 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554:33) และ 2) ผลการทดสอบความถนัดทางวิชาชีพและวิชาการ หรือ PAT (Professional and Academic Aptitude Test) ในส่วนของความถนัดทางด้านวิทยาศาสตร์ (PAT 2) พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายครั้งที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ครั้งที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2554 และครั้งที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2554 เท่ากับ 101.50, 93.75 และ 91.59 คะแนนตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 300 คะแนน ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 เช่นกัน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2554: ออนไลน์) ซึ่งผลการทดสอบทั้งในส่วนของ O-NET และ PAT 2 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มลงลงทุกปี และเมื่อพิจารณาเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 21 จังหวัดหนองคายและจังหวัดบึงกาฬ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

พบว่าปีการศึกษา 2552 นักเรียนในเขตพื้นที่ดังกล่าวมีคะแนนเฉลี่ยทางด้านวิทยาศาสตร์จากการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานเท่ากับ 28.94 คะแนนซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานคือร้อยละ 50 จัดอยู่ใน 15 ลำดับสุดท้ายของประเทศ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2553: 83)

ผลการประเมินคุณภาพด้านการศึกษาของนักเรียนไทยทั้งในระดับนานาชาติและระดับชาติสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ยังไม่ได้มาตรฐาน รวมถึงปัญหาในด้านการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยที่ไม่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุเป้าหมายทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554: 53) เมื่อพิจารณาในสาระฟิสิกส์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจทางฟิสิกส์อย่างแท้จริง การทำข้อสอบอาศัยวิธีการท่องจำสูตรและตัวอย่างโจทย์ปัญหา ซึ่งเห็นได้จากการนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับดี แต่กลับมีคะแนนผลการทดสอบในระดับชาติไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และส่งผลต่อพื้นฐานความรู้ในการศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัย (สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551: 19) สอดคล้องกับข้อสรุปจากการเสวนาทางวิชาการของนักการศึกษาทางฟิสิกส์ว่า ปัญหาการเรียนการสอนฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษาส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนมีพื้นฐานทางฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไม่เพียงพอทำให้ไม่สามารถติดตามและทำความเข้าใจเนื้อหาในระดับที่มีความซับซ้อนมากขึ้น (สมาคมฟิสิกส์ไทย, 2551: 24)

อย่างไรก็ตามปัญหาของนักเรียนในการเรียนรู้สาระฟิสิกส์ดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นกับนักเรียนไทยเท่านั้น จากรายงานปัญหาการเรียนรู้ฟิสิกส์ของนักการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่านักเรียนจำนวนมากไม่สามารถแก้ปัญหาโจทย์ทางฟิสิกส์ได้ทั้งนี้เนื่องมาจากการมีระดับความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา และกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ไม่เพียงพอทำให้ไม่สามารถประยุกต์มโนทัศน์ต่างๆ ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ (Chi, Feltovich and Glaser, 1981: 121; Heller and Reif, 1982: 2-16; Jennifer, 2002: 4) ปัญหาดังกล่าวนำไปสู่การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความรู้และกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหาของนักเรียนซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างนักเรียนกลุ่มเก่งกับนักเรียนกลุ่มอ่อน (Chi, Feltovich and Glaser, 1981: 121-152) จนได้ข้อค้นพบที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนการสอนฟิสิกส์ทั้งในส่วนของความแตกต่างด้านความรู้และวิธีการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์

จากการวิจัยพบว่าการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ต้องใช้ความรู้ 3 ประเภท โดยความรู้ประเภทแรกคือ ความรู้เชิงมโนทัศน์ (conceptual knowledge) ซึ่งเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งเป็นจริงเสมอและไม่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ข้อเท็จจริง หลักการ และมโนทัศน์ต่างๆ ทางฟิสิกส์ (Jong and Ferguson-Hessler, 1986: 279) โดยนักการศึกษาบางท่านเรียกความรู้ประเภทนี้ว่า Declarative knowledge (Shavelson, Ruiz-Primo and Wiley, 2005: 413; Pol et al., 2008: 410; Portoles and Lopez: 2008: 106; Pol, 2009: 11) หรือ Factual knowledge (Jong and Ferguson-Hessler, 1986: 279) ความรู้ที่จำเป็นประเภทที่ 2 คือความรู้เชิงกระบวนการ (procedural knowledge) ซึ่งเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับลำดับขั้นตอนและวิธีการนำข้อเท็จจริง หลักการ และมโนทัศน์ต่างๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหา (Jong and Ferguson-Hessler, 1986: 279; Shavelson, Ruiz-Primo and Wiley, 2005: 413; Pol et al., 2008: 410) และความรู้ประเภทที่ 3 คือ ความรู้เชิงกลยุทธ์ (strategic knowledge) ซึ่งเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์ในการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ สามารถเลือกใช้ความรู้และวิธีการได้อย่างเหมาะสม (Jong and Ferguson-Hessler, 1986: 279; Pol et al., 2008: 410; Pol, 2009: 17-20) โดยรู้ว่าควรใช้ความรู้ใดและใช้อย่างไรในสถานการณ์ต่างๆ ที่มีเงื่อนไขแตกต่างจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน (Shavelson, Ruiz-Primo and Wiley, 2005: 413; Portoles and Lopez: 2008: 106)

Chi, Feltovich and Glaser (1981: 121-152) และ Heller and Reif (1982: 177-216) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน พบว่านักเรียนกลุ่มอ่อนเริ่มแก้ปัญหาจากการกำหนดสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบของปัญหา ในขณะที่นักเรียนกลุ่มเก่งเริ่มแก้ปัญหาจากการสร้างตัวแทนของสถานการณ์ปัญหาด้วยแบบจำลองทางความคิดและใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ การสร้างแผนภาพเวกเตอร์เพื่อเชื่อมโยงไปสู่สมการทางคณิตศาสตร์โดยมีการวางแผนและดำเนินการอย่างเป็นระบบซึ่งกระบวนการดังกล่าวเกี่ยวข้องกับทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล โดยในนักเรียนกลุ่มเก่งเมื่อมีการรับข้อมูลผ่านประสาทสัมผัส จะมีการวิเคราะห์และจัดกระทำข้อมูลโดยอาศัยกลวิธีต่างๆ ในการจัดการ การวางแผน และดำเนินการอย่างเป็นระบบก่อนการจัดเก็บสะสมความรู้และข้อมูลต่างๆ ในหน่วยความจำ ทำให้การเรียกใช้ความรู้ของนักเรียนกลุ่มเก่งมีประสิทธิภาพ และเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้นักเรียนกลุ่มเก่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนกลุ่มอ่อน

ต่อมา Heller et al. (1992: 627-636) นักการศึกษาภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมินิโซตา ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำข้อค้นพบจากการวิจัยดังกล่าวมาใช้ในพัฒนาการเรียนการสอนและเรียกวิธีการดังกล่าวว่า การเรียนการสอนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือนักเรียนกลุ่มอ่อนซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับต่ำให้สามารถพัฒนาตนเองทั้งในด้านความรู้ และวิธีการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดย Pol (2009: 19-20) ให้ความเห็นว่าครูไม่สามารถสอนหรือถ่ายทอดความรู้เชิงกลยุทธ์ไปสู่นักเรียนได้โดยตรง แต่เป็นสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเองในระหว่างการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมที่ฝึกฝนให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา อภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เพื่อให้ทราบถึงความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา และนำไปสู่วิธีการใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่มีเงื่อนไขแตกต่างกัน ซึ่งต้องมีการวางแผน การลำดับขั้นตอนการใช้ความรู้ การดำเนินการ และการประเมินการแก้ปัญหา โดยมีการสะท้อนความคิดและตรวจสอบเกี่ยวกับความรู้และวิธีการใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ ของนักเรียนทั้งกับเพื่อนในกลุ่มและกับครู (Heller et al.,1992: 627; Pol, 2009: 20)

Heller et al. (1992: 627-636) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้ความรู้เชิงกลยุทธ์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นการเน้นปัญหา (focus the problem) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่หลากหลายและมีเงื่อนไขของสถานการณ์ที่แตกต่างกันกระตุ้นความสนใจ เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์ปัญหา ระบุคำถามสำคัญ และทบทวนข้อเท็จจริง หลักการ และมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานของการแก้ปัญหา (2) ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์ (describe the physics) เป็นการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ผ่านกิจกรรมการอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์จากสัมพันธ์ของ ตัวแปรต่างๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหา และนำเสนอความสัมพันธ์ดังกล่าวด้วยแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ (3) ขั้นการวางแผน (plan the solution) เป็นการอภิปรายเพื่อกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเพียงพอของข้อมูลในการแก้ปัญหา การลำดับขั้นตอนในการใช้ข้อมูลเพื่อสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา และการอภิปรายเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมกับสภาพปัญหา (4) ขั้นการดำเนินการตามแผน (execute the plan) เป็นการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของตัวแปรในสถานการณ์ต่างๆ และสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบของปัญหาในแต่ละสถานการณ์และ (5) ขั้นการประเมินคำตอบ

(evaluation the solution) เป็นการอภิปรายเพื่อตรวจสอบและประเมินเกี่ยวกับความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และการระบุหน่วยของตัวแปร

การพัฒนาความรู้เชิงกลยุทธ์ต้องอาศัยการฝึกฝนการแก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างสม่ำเสมอในสถานการณ์ที่หลากหลาย โดยอาศัยกระบวนการกลุ่มในการกระตุ้นให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันผ่านการอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการ และมโนทัศน์ต่างๆ ทางฟิสิกส์ และส่งเสริมบทบาทของนักเรียนในการแก้ปัญหา โดยกำหนดให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีหน้าที่อย่างชัดเจนในการแก้ปัญหา การวางแผนการดำเนินการ และการประเมินผลการแก้ปัญหา (Heller, at al., 1992: 627; Hollabaugh, 1995: 1-247; Huffman, 1997: 551-570; De Corte, 2004: 279; Gok and Silay, 2010: 9-10) โดยมีครูเป็นผู้จัดเตรียมสถานการณ์ปัญหาที่มีความท้าทายและสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน ให้ความช่วยเหลือเมื่อนักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้ เช่นการให้คำใบ้ (hints) และให้ผลย้อนกลับ (feedback) เกี่ยวกับความถูกต้องเหมาะสมของความรู้และวิธีการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาจนกระทั่งนักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองและไม่ต้องอาศัยความช่วยเหลือ (Huffman, 1997: 553; Pol, 2009: 19-20) โดยครูสามารถตรวจสอบความรู้เชิงกลยุทธ์ของนักเรียนได้จากการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลาย และมีเงื่อนไขของสถานการณ์แตกต่างกัน โดยนักการศึกษาให้เหตุผลว่าการที่นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องในสถานการณ์ที่หลากหลาย และแตกต่างจากประสบการณ์เดิมแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้เชิงกลยุทธ์กล่าวคือ นักเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้และวิธีการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่มีเงื่อนไขแตกต่างกันได้อย่างถูกต้อง (Posner and McLeod, 1982: 477; Jong and Ferguson-Hessler, 1996: 107; Pol, 2009: 64-68)

การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์เป็นวิธีสอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ของนักเรียน และเป็นที่มาของการนำการเรียนการสอนดังกล่าวมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ โดยคาดหวังว่าการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์เป็นกลวิธีสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลาย โดยอาศัยความรู้ทางฟิสิกส์ทั้งในส่วนของเนื้อหาและกระบวนการทางฟิสิกส์ และเป็น

แนวทางสำหรับครูในด้านการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการพัฒนาระดับความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ และวิธีการนำความรู้ดังกล่าวไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นเป้าหมายสูงสุดของการเรียนการสอนฟิสิกส์ทั้งในระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษา อีกทั้งยังเป็นเป้าหมายที่มีคุณค่าสูงสุดต่อสังคมโลก

คำถามการวิจัย

การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ส่งผลให้นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ ในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 21 จังหวัดหนองคายและจังหวัดบึงกาฬ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการมีความสามารถในการแก้ปัญหา และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลสูงขึ้นได้หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ
3. เพื่อศึกษามโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์
4. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลระหว่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

สมมติฐานการวิจัย

ผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายได้ ดังผลการวิจัยของ Huffman (1997: 551-570) ที่พบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้อง

กับงานวิจัยของ Gok และ Silay (2010) พบว่านักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และคะแนนเฉลี่ยทัศนคติต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และงานวิจัยของ Pol et al. (2008: 410-425) ที่พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มทดลองที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การศึกษางานวิจัยดังกล่าว ประกอบกับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของกรมวิชาการกำหนดช่วงคะแนนแสดงความสามารถระดับดีถึงดีมากคือร้อยละ 70 ขึ้นไป (กรมวิชาการ, 2535: 24) จึงได้ตั้งสมมติฐานดังนี้

1. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่าร้อยละ 70

2. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลสูงกว่าร้อยละ 70

4. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ ในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 21 จังหวัดหนองคายและจังหวัดบึงกาฬ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การเรียนการสอนฟิสิกส์ ได้แก่

2.1.1 การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

2.1.2 การเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหา

2.2.2 มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

2.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

2.3.1 เนื้อหาวิชาและจำนวนเรื่องที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นเนื้อหาเรื่องเดียวกัน คือเรื่องโมเมนตัมและการดล ซึ่งประกอบด้วย 5 หัวข้อเรื่องได้แก่ โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การดลและแรงดล การอนุรักษ์โมเมนตัม การชนและการระเบิดของวัตถุ

2.3.2 ผู้สอน โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.3.3 ระยะเวลาที่สอน โดยมีจำนวนคาบเรียนในการเรียนการสอนเท่ากันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ข้อตกลงเบื้องต้น

ช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการเรียนการสอนทั้ง 2 แบบ คือ (1) การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ และ (2) การเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ ไม่มีผลต่อคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา และคะแนนมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **ความรู้เชิงกลยุทธ์** หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์ในการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยสามารถเลือกใช้ความรู้และวิธีการได้อย่างเหมาะสม

2. **การเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์** หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาความรู้และวิธีการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ ตามแนวคิดของ Heller et al. (1992) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นการเน้นปัญหา (focus the problem) คือ การนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้กิจกรรมดังต่อนี้

(1.1) การยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่หลากหลายและมีเงื่อนไขของสถานการณ์ที่แตกต่างกันกระตุ้นความสนใจ เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์ปัญหา และระบุคำถามสำคัญของสถานการณ์ปัญหา

(1.2) การทบทวนข้อเท็จจริง หลักการ และมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานของการแก้ปัญหา

(2) ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์ (describe the physics) คือการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ผ่านกิจกรรม ดังนี้

(2.1) การอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนมัศน์จากสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหา และนำเสนอความสัมพันธ์ดังกล่าวด้วยแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์

(2.2) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรทางฟิสิกส์ที่ได้จากผลการอภิปรายไปสู่ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

(3) ขั้นการวางแผน (plan the solution) คือ การอภิปรายเพื่อกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ผ่านกิจกรรม ดังนี้

(3.1) การตรวจสอบความเพียงพอของข้อมูลในการแก้ปัญหา

(3.2) การลำดับขั้นตอนในการใช้ข้อมูลเพื่อสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา

(3.2) การอภิปรายเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมกับสภาพปัญหา

(4) ขั้นการดำเนินการตามแผน (execute the plan) คือ การปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังนี้

(4.1) การหาคำตอบของตัวแปรในสถานการณ์ต่าง ๆ

(4.2) การสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบของปัญหาในแต่ละสถานการณ์

(5) ขั้นการประเมินคำตอบ (evaluation.the.solution) คือ การอภิปรายเพื่อตรวจสอบและประเมินในประเด็น ดังนี้

(5.1) การประเมินความถูกต้องของคำตอบและหน่วย

(5.2) การประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบ

3. **การเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ** หมายถึง การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นนำ เป็นการกระตุ้นความสนใจและทบทวนประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความพร้อมก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน

(2) ขั้นกิจกรรม เป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายให้แก่นักเรียน เช่น การปฏิบัติการทดลอง การสืบค้นหาข้อมูล เป็นต้น

(3) ขั้นสรุป เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระที่ได้จากการสืบสอบไปสู่ข้อสรุปเป็นมโนทัศน์ที่สำคัญของบทเรียน และการนำความรู้ไปใช้ในการสถานการณ์ใหม่

4. **ความสามารถในการแก้ปัญหา** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Brackett, Larkin and Reif (1976) ได้แก่ (1) การบรรยายปัญหา (2) การวางแผน (3) การดำเนินการ และ (4) การตรวจสอบ โดยสามารถวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นแบบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5. **มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล** หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายเกี่ยวกับคำจำกัดความและความคิดสำคัญของเนื้อหาเรื่องโมเมนตัมและการดล ซึ่งวัดได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยปรับตามแนวคิดของ Odom and Kelly (2001) เป็นแบบปรนัยสองตอน ตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบในตอนที่ 1 โดยทั้งสองตอนประกอบด้วย 4 ตัวเลือก

6. **นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย** หมายถึง นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 21 จังหวัดหนองคายและจังหวัดบึงกาฬ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ ความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล โดยรายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อนำเสนอตามลำดับดังนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหา
   - 1.1 ปัญหาและการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
   - 1.2 ประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์
   - 1.3 กระบวนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์
   - 1.4 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
   - 2.1 ความหมายและประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
   - 2.2 ความสำคัญของมโนทัศน์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
   - 2.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

3. การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์
   - 3.1 ความเป็นมาของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์
   - 3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยการสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์
   - 3.3 ขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์
   - 3.4 บทบาทครูและนักเรียนของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์
   - 3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ ความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

1. ความสามารถในการแก้ปัญหา

ศาสตร์ทางด้านฟิสิกส์มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในโลก ซึ่งเต็มไปด้วยเหตุการณ์มากมายที่ก่อให้เกิดข้อสงสัย หรือคำถามต่างๆ เช่น การมองเห็นฟ้าแลบก่อนได้ยินเสียงฟ้าผ่า สีของรุ้ง เป็นต้น การตอบคำถามหรือข้อสงสัยดังกล่าวจึงเป็นการสะท้อนให้เห็นถึงการนำความรู้ทางฟิสิกส์ไปใช้ (Frencs, 1998: 1) การศึกษาทางด้านฟิสิกส์จึงเป็นการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจทั้งในส่วนของความรู้และความสามารถในการนำความรู้ไปใช้อธิบายเหตุการณ์และการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้ในสาระฟิสิกส์

1.1 ปัญหาและการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

1.1.1 ปัญหาทางฟิสิกส์

ปัญหาทางฟิสิกส์ล้วนมีความเกี่ยวข้องกับปรากกฏการณ์และเหตุการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน การให้ความหมายของปัญหาทางฟิสิกส์ของนักการศึกษามีทั้งส่วนที่สอดคล้องกันและส่วนที่แตกต่างกัน ในการศึกษาความหมายของปัญหาทางฟิสิกส์จึงได้นำเสนอความหมายของปัญหาทั่วไปมาประกอบ ดังต่อไปนี้

Nitko (2007: 208) กล่าวว่า “ปัญหาคือ สิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อมีการกำหนดผลลัพธ์ที่ต้องการหรือเป้าหมายแต่ไม่สามารถไปถึงเป้าหมายดังกล่าวได้”

Mayer and Wittrock (2006: 288) กล่าวว่า “ปัญหาคือสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีการกำหนดเป้าหมายแต่ไม่ทราบวิธีการไปถึงเป้าหมายนั้น รวมถึงการไม่สามารถใช้ข้อมูลที่กำหนดในสถานการณ์มาสร้างแนวทางการปฏิบัติเพื่อให้บรรลุเป้าหมายได้”

Gok and Silay (2008: 254) กล่าวว่า “ปัญหาคือสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีความสับสนหรือมีความยากลำบากในการหาคำตอบในขณะนั้น”

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 (2546: 687) ให้ความหมายของปัญหาว่า “ปัญหา คือ ข้อสังสัย ข้อขัดแย้ง คำถามที่ต้องพิจารณาแก้ไข”

การศึกษาความหมายของปัญหาโดยสรุป ปัญหา คือสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลไม่สามารถใช้ข้อมูลที่มีขณะนั้นในการบรรลุเป้าหมาย สำหรับปัญหาทางฟิสิกส์นักการศึกษาให้ความหมายไว้ดังนี้

Hollabaugh (1995: 47) กล่าวว่า “ปัญหาทางฟิสิกส์ คือสถานการณ์ที่ต้องการทราบคำตอบแต่ไม่สามารถใช้ข้อมูลจากสถานการณ์ในการหาคำตอบได้อย่างอัตโนมัติในขณะนั้น”

Pol (2009: 3) กล่าวว่า “ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ไม่สามารถใช้ประสบการณ์เดิมและข้อมูลต่างๆ ในการหาคำตอบได้”

การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความหมายของปัญหาและปัญหาทางฟิสิกส์โดยสรุป ปัญหาทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่อยู่ในรูปข้อคำถามที่ไม่สามารถใช้ใช้ประสบการณ์หรือข้อมูลที่กำหนดให้ในการหาคำตอบได้อย่างอัตโนมัติในขณะนั้น

1.1.2 การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

การแก้ปัญหาของบุคคลเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางปัญญาเพื่อหาแนวทางการปฏิบัติในสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล การให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ให้มีความครอบคลุมพฤติกรรม จึงได้นำเสนอความหมายของการแก้ปัญหาทั่วไปมาประกอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

Smith and Rager (2005: 218) กล่าวว่า “การแก้ปัญหาเป็นความสามารถในการเชื่อมโยงหลักการ วิธีการ ความรู้เชิงมโนทัศน์ และกลยุทธ์ทางปัญญา (cognitive strategies) ซึ่งได้เรียนรู้มาแล้วเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่”

Mayer and Wittrock (2006: 287) กล่าวว่า “การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการทางปัญญา (cognitive processing) เกี่ยวข้องกับการนำเสนอภาพความคิด การควบคุมการดำเนินการตามแผนและการกำกับตนเองในการเปลี่ยนผ่านข้อมูลที่กำหนดในสถานการณ์ไปสู่เป้าหมาย”

Gok and Silay (2008: 254) การแก้ปัญหาเป็นการค้นหาแนวทางปฏิบัติในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย และไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น โดยอาศัยกระบวนการทางสมอง ความสามารถส่วนบุคคล และกลยุทธ์ที่เหมาะสม

การศึกษาความหมายของการแก้ปัญหาโดยสรุป การแก้ปัญหาปัญหา คือ กระบวนการปฏิบัติในการบรรลุเป้าหมายโดยอาศัยการเชื่อมโยงความรู้และกลยุทธ์ต่างๆ สำหรับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ นักการศึกษาให้ความหมายไว้ดังนี้

Hollabaugh (1995: 4) กล่าวว่า “การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยลำดับขั้นตอนของการปฏิบัติในการค้นพบคำตอบ”

Jennifer (2002: 6-7) กล่าวว่า “การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์คือ กระบวนการในการค้นหาวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการบรรลุเป้าหมาย”

Pol (2009: 2) กล่าวว่า “การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นกระบวนการในการปฏิบัติโดยอาศัยการประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์”

การศึกษาความหมายของการแก้ปัญหาและการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยสรุป การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ในการวิจัยครั้งนี้ คือ กระบวนการทางปัญญาในการเชื่อมโยงและประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ในขั้นตอนของการปฏิบัติซึ่งต้องอาศัยกลวิธีต่างๆ มาช่วยในการวางแผนและการดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย

1.2 ประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์

นักการศึกษาทางฟิสิกส์ได้จำแนกประเภทของปัญหาโดยใช้เกณฑ์และวิธีการต่างๆ กัน เพื่อให้สามารถนำตัวอย่างปัญหาเหล่านั้นมาใช้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาจึงต้องเลือกปัญหาทางฟิสิกส์ที่ส่งเสริมความสามารถดังกล่าว โดยนักการศึกษาได้แบ่งประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์ ดังนี้

Stadler et al. (2000: 418) จำแนกประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) ปัญหาแบบมีโครงสร้าง (structured problems) เป็นปัญหาที่ปรากฏตัวแปรที่เกี่ยวข้องและตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบอย่างชัดเจน

(2) ปัญหาแบบกึ่งโครงสร้าง (semi - structured problems) เป็นปัญหาที่ปรากฏตัวแปรไม่ครบถ้วน การคำนวณตัวแปรเป้าหมายต้องวิเคราะห์สถานการณ์และคำนวณตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม และมีความเหมาะสมที่สุดในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา

(3) ปัญหาแบบไม่มีโครงสร้าง (unstructured problems) เป็นปัญหาที่ไม่มีขอบเขตของข้อมูลและจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหา นิยมใช้ในการทำโครงงานทางฟิสิกส์

Pol (2009: 7) จำแนกประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์โดยใช้ลักษณะโครงสร้างของปัญหาแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) ปัญหาแบบมีโครงสร้าง (structured.problems) เป็นปัญหาที่กำหนดข้อมูลของสถานการณ์มาให้ครบถ้วน โดยระบุตัวแปรที่ถามอย่างชัดเจน มีวิธีการเดียวในการค้นหาคำตอบและคำตอบที่ถูกต้องมีเพียงคำตอบเดียว นิยมใช้ปัญหาประเภทนี้ในการฝึกฝนการแก้ปัญหาในเบื้องต้น หรือใช้เพื่อยกตัวอย่างประกอบการอธิบายกฎ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์

(2) ปัญหาแบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structured.problems) เป็นปัญหาที่กำหนดข้อมูลของสถานการณ์ไม่ครบถ้วน มีความซับซ้อนต้องอาศัยการวิเคราะห์สถานการณ์ การค้นหาคำตอบทำได้หลายวิธีแต่คำตอบที่ถูกต้องมีเพียงคำตอบเดียว นิยมใช้ปัญหาประเภทนี้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

(3) ปัญหาแบบไม่มีโครงสร้าง (unstructured.problems) เป็นปัญหาที่ไม่มีการกำหนดข้อมูลและเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง นักเรียนเป็นผู้ค้นหาข้อมูลและแก้ปัญหาด้วยตนเอง วิธีการและคำตอบของปัญหามีความหลากหลาย นิยมใช้ปัญหาประเภทนี้ในการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการเผชิญปัญหาในสถานการณ์จริง

Gok and Silay (2008: 254) แบ่งปัญหาทางฟิสิกส์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) ปัญหาที่มีแบบแผน (routine problem) เป็นปัญหาที่พบทั่วไปในแบบเรียนฟิสิกส์มีโครงสร้างของปัญหาอย่างชัดเจน นิยมใช้สำหรับการยกตัวอย่างเพื่อแสดงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในเบื้องต้นที่ไม่ซับซ้อน

(2) ปัญหาที่ไม่มีแบบแผน (non-routine.problem) เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนต้องอาศัยการวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อจัดระบบข้อมูล จำแนกข้อมูล และหาความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยมีการปฏิบัติอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

การศึกษาประเภทของปัญหาทางฟิสิกส์โดยสรุป ปัญหาทางฟิสิกส์จำแนกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ (1) ปัญหาแบบมีโครงสร้าง ลักษณะสำคัญ คือ มีการกำหนดข้อมูลในการแก้ปัญหาอย่าง

ครบถ้วน กระบวนการแก้ปัญหาไม่ซับซ้อน และคำตอบมีเพียงคำตอบเดียวนิยมใช้ในการยกตัวอย่างประกอบการอธิบายกฎ หรือทฤษฎีทางฟิสิกส์ (2) ปัญหาแบบกึ่งโครงสร้างลักษณะสำคัญคือ กำหนดข้อมูลในการแก้ปัญหาไม่ครบถ้วน กระบวนการแก้ปัญหามีความซับซ้อนและคำตอบมีเพียงคำตอบเดียว นิยมใช้ในการฝึกฝนและพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนและ (3) ปัญหาแบบไม่มีโครงสร้าง ลักษณะสำคัญ คือ ไม่กำหนดข้อมูลในการแก้ปัญหากระบวนการและคำตอบมีได้หลากหลายขึ้นอยู่กับข้อมูลเพิ่มเติมที่นำมาประกอบในการแก้ปัญหา นิยมใช้ในการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการเผชิญปัญหาในสถานการณ์จริง และโครงงานทางฟิสิกส์

1.3 กระบวนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นกระบวนการทางปัญญาในการเชื่อมโยงและประยุกต์ความรู้ทางฟิสิกส์ในขั้นตอนการปฏิบัติโดยอาศัยกลวิธีต่างๆ มาช่วยในการวางแผน และการดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีหลักการและขั้นตอนที่แตกต่างกัน ในการแก้ปัญหาจึงต้องเลือกกระบวนการให้เหมาะสมกับปัญหา โดยนักการศึกษาเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังนี้

Brackett, Larkin and Reif (1976: 212-217) ศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์การสอนแก้ปัญหาของครู โดยพบว่าการสอนแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ครูควรมีการฝึกฝนนักเรียนอย่างเป็นขั้นตอนโดยได้เสนอขั้นตอนดังกล่าว 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) ขั้นการบรรยายปัญหา (description) เป็นการเขียนรายการข้อมูลทั้งหมดที่ปรากฏในโจทย์ปัญหา และการสร้างแผนภาพเวกเตอร์แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรของสถานการณ์ปัญหา

(2) ขั้นการวางแผน (planning) เป็นการวางแผนเพื่อกำหนดลำดับขั้นตอนในการใช้ข้อมูล

(3) ขั้นการดำเนินการ (implementation) เป็นการดำเนินการตามแผนที่วางไว้ การกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยสมการทางคณิตศาตร์ และการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา

(4) ขั้นการตรวจสอบ (checking) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบและหน่วย

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

(1) ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา (analyze the problem) เป็นการบรรยายความสัมพันธ์ของตัวแปรในสถานการณ์ปัญหา และตัวแปรเป้าหมายของการแก้ปัญหา

(2) ขั้นการสร้างคำตอบ (construction of a solution) เป็นการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ตัวแปรที่ไม่ทราบค่า และความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อนำไปสู่การคำนวณทางคณิตศาสตร์

(3) ขั้นการตรวจสอบ (check) เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างคำตอบกับเป้าหมายของการแก้ปัญหา

Bagno and Eylon (1997: 726) ศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาจากกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มเก่ง โดยพบว่าในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มดังกล่าวมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบและมีลำดับขั้นตอนซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) ขั้นการแก้ปัญหา (solve) เป็นขั้นการพิจาณาถึงปัญหาที่ต้องการ

(2) ขั้นการสะท้อนปัญหา (reflect) เป็นการระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ปรากฏการกำหนดสัญลักษณ์และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของตัวแปร

(3) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (conceptualize) เป็นขั้นการอธิบายมโนทัศน์ในการแก้ปัญหาและการแก้ไขมโนทัศน์ที่ผิดพลาด

(4) ขั้นการประยุกต์ความรู้ (apply) เป็นขั้นการนำความรู้เดิมไปใช้ในการสร้างความรู้ในสถานการณ์ใหม่

Loucks (2007, cited in Gok and Silay, 2010: 9) ศึกษาการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์พื้นฐานในระดับมหาวิทยาลัย โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันและมีความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยพบว่าขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้มี 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

(1) ขั้นการระบุประเภทของปัญหา (identify the type of problem) เช่น มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง คำสำคัญ และลักษณะสำคัญของปัญหา

(2) ขั้นการคัดเลือกข้อมูล (sort by interval and/or object) เป็นการเขียนรายการข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ และการเขียนแผนภาพ

(3) ขั้นการค้นหาสมการและตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (find the equation and unknows)

(4) ขั้นการวางแผน (outline solution or make a chain of rection) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาโดยอาจเขียนเป็นโครงร่างความสัมพันธ์ของตัวแปร

(5) ขั้นการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (do the mathematics)

Caliskan, Erol and Selcuk (2010: 25) ศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน แล้วสังเคราะห์กระบวนการดังกล่าวเพื่อนำมาฝึกฝนให้นักเรียนโดยมีขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (understanding the problem) เป็นการอ่านและศึกษารายละเอียดของปัญหาเพื่อค้นหาข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้

(2) ขั้นการวิเคราะห์ปัญหาเชิงคุณภาพ (qualitative analyzing of the problem) เป็นขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยอาศัยความรู้ในด้านเนื้อหาทางฟิสิกส์ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การแก้ปัญหาโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์

(3) ขั้นการวางแผนการแก้ปัญหา (solution plan for the problem) เป็นขั้นการลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติ

(4) ขั้นการดำเนินการตามแผน (apply the solution plan) เป็นขั้นการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้

(5) ขั้นการตรวจสอบคำตอบ (checking) เป็นขั้นการตรวจสอบคำตอบและหน่วย รวมถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

การศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์จากแนวคิดของนักการศึกษาโดยสรุปกระบวนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์เป็นกิจกรรมที่มีการปฏิบัติอย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยขั้นตอนสำคัญของการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ตามแนวคิดของนักการศึกษาที่สอดคล้องกัน ได้แก่ (1) การบรรยายปัญหาเป็นการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ความสัมพันธ์ของตัวแปร การนำเสนอปัญหาด้วยภาพความคิด เป็นต้น (2) การวางแผน เป็นการกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหา (3) การดำเนินการ เป็นการปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ และ (4) การตรวจสอบ เป็นการตรวจความถูกต้องของคำตอบและหน่วยของตัวแปร

1.4 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนสำคัญของการได้ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินนักเรียนต่อไป ซึ่งผลการประเมินดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาการ

เรียนการสอนที่ช่วยปรับระดับคุณภาพของนักเรียนในด้านต่างๆ โดยนักการศึกษาเสนอพฤติกรรมของนักเรียนที่บ่งชี้ถึงการมีความสามารถในการแก้ปัญหา และแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ดังนี้

Brackett, Larkin and Reif (1976: 212) เสนอพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ได้แก่

(1) ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

(2) แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยแผนภาพเวกเตอร์

(3) การกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร

(4) การลำดับขั้นตอนการคำนวณ

(5) การคำนวนตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

(6) การสรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร

Heller et al. (1992: 631) เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้แบบสอบอัตนัย กำหนดข้อคำถามที่อยู่ในรูปข้อความ โดยมีการกำหนดสถานการณ์ที่หลากหลายสอดคล้องกับเหตุการณ์จริง และกำหนดพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนในระหว่างการเรียนการสอน ดังนี้

(1) ระบุหลักฐานที่แสดงถึงความเข้าใจในมโนทัศน์ เช่น การเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่ปรากฏในปัญหา

(2) บรรยายสภาพปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ เช่น ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ความสัมพันธ์ของตัวแปรในการแก้ปัญหา

(3) เลือกสูตรหรือสมการที่สอดคล้องกับความรู้ทางฟิสิกส์

(4) แสดงการวางแผนการแก้ปัญหา การลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ

(5) ตรวจสอบคำตอบ ความสมเหตุสมผลของความรู้ทางฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์

Hollabaugh (1995: 75) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ของ Heller และคณะ แล้วเสนอการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์จากการเรียนการสอนดังกล่าวด้วยการทดสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัย โดยมีการสร้างเกณฑ์การประเมินคำตอบในด้านต่างๆ ดังนี้

(1) การสร้างคำบรรยายทางฟิสิกส์ เป็นการประเมินความรู้ความเข้าใจทางฟิสิกส์โดยพิจารณาจากการบรรยายสถานการณ์ปัญหา ได้แก่ การระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ตัวแปรเป้าหมาย

และความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ คุณภาพและความสมบูรณ์คำบรรยายทางฟิสิกส์

(2) การวางแผน เป็นการประเมินเกี่ยวกับขั้นตอนการเปลี่ยนคำบรรยายทางฟิสิกส์ไปสู่สมการทางคณิตศาสตร์ คุณภาพและความสมบูรณ์ของการวางแผนการแก้ปัญหา

(3) การดำเนินการตามแผน เป็นการประเมินหลักฐานหรือร่องรอยของการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา คุณภาพและความสมบูรณ์ของการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา

Huffman (1997: 559) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ของ Heller et al. แล้วเสนอการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์จากการเรียนการสอนดังกล่าวด้วยวิธีการทดสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัย กำหนดสถานการณ์ปัญหาในรูปข้อความเพื่อให้นักเรียนสร้างตัวแทนของปัญหาได้แก่ แบบจำลองทางความคิด และแผนภาพเวกเตอร์ และกำหนดเกณฑ์ในการประเมินคำตอบในด้านต่างๆ ดังนี้

(1) คุณภาพของการเป็นตัวแทนทางฟิสิกส์

(2) ความสมบูรณ์ของการเป็นตัวแทนทางฟิสิกส์

(3) ความสอดคล้องระหว่างความรู้ทางฟิสิกส์กับสมการทางคณิตศาสตร์

(4) การจัดระบบกระบวนการแก้ปัญหา

(5) การคำนวณทางคณิตศาสตร์

Jennifer (2002: 25) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ของ Heller และคณะ แล้วเสนอการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาฟิสิกส์จากการเรียนการสอนดังกล่าวด้วยวิธีการทดสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัย และกำหนดเกณฑ์ในการประเมินคำตอบ ดังนี้

(1) การแก้ปัญหาตามแนวทางฟิสิกส์ (physics approach) เป็นการประเมินความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับมโนทัศน์ ความเข้าใจในปัญหาโดยพิจาณาจากพฤติกรรม การเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยความรู้ทางฟิสิกส์

(2) การแปลงความรู้ทางฟิสิกส์ (translation of physics approach) เป็นการประเมินการเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์ไปสู่ความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปสมการทางคณิตศาสตร์

(3) การแก้ปัญหาตามแนวทางคณิตศาสตร์ (approach mathematic) เป็นการประเมินสมการและการคำนวณทางคณิตศาสตร์

(4) ความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา (logical progression) เป็นการประเมินความสมเหตุสมผลตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการปฏิบัติจนถึงขั้นการได้คำตอบของปัญหา

Caliskan, Erol and Selcuk (2010: 25) กำหนดพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหา 9 พฤติกรรม ดังนี้

(1) เขียนรายการของตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้

(2) ระบุคำถามที่โจทย์ต้องการทราบ

(3) สร้างแผนภาพเวกเตอร์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรทั้งหมด

(4) ระบุมโนทัศน์หลักทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหา

(5) ระบุแนวทางในการแก้ปัญหา

(6) ระบุสูตรหรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา และมโนทัศน์ทางฟิสิกส์

(7) เขียนลำดับขั้นตอนการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการค้นหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

(8) การแทนค่าตัวแปรตามขั้นตอนที่วางไว้

(9) การสรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร

สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ (2539: 66-74) เสนอเครื่องมือและวิธีการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

(1) วิธีการสังเกต ซึ่งทำได้ 2 วิธีคือ การสังเกตแบบไม่ตั้งใจซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา เช่น การสังเกตจากการตอบคำถาม และกระบวนการแก้ปัญหาในระหว่างการทำงาน โดยครูต้องบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนไว้เป็นข้อมูลในการพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหา ส่วนการสังเกตอีกประเภทหนึ่ง คือ การสังเกตแบบตั้งใจ เป็นการสังเกตและบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีการจัดทำรายการพฤติกรรมและแบบฟอร์มการสังเกตไว้ล่วงหน้า ซึ่งจะช่วยให้สังเกตได้ตรงตามรายการพฤติกรรมที่ต้องการวัด

(2) การประเมินตนเองโดยให้ผู้เรียนเป็นผู้ประเมินเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองโดยอาจเขียนความก้าวหน้าของตนเองในการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหาซึ่งการประเมินดังกล่าวจะสะท้อนให้เห็นพัฒนาการของนักเรียนแต่ละคน

(3) การประเมินจากการปฏิบัติโดยใช้แบบสำรวจรายการซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผู้สอนสร้างขึ้นเพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเก็บข้อมูลที่เป็นกระบวนการหรือวิธีการที่มีการแบ่งแยกการกระทำหรือการแสดงออกต่างๆ ไว้อย่างชัดเจนแบบ

สำรวจรายการนี้สามารถใช้ในการประเมินการแสดงออกของผู้เรียนในกระบวนการแก้ปัญหาเป็นอย่างดี

(4) วิธีการประเมินด้วยการทดสอบ โดยใช้แบบทดสอบอัตนัย การทดสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัยเป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ผู้สอนต้องกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละขั้นตอน

การศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาโดยสรุป การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สามารถทำได้ด้วยวิธีการทดสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัย โดยเมื่อพิจารณาเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนและตัวบ่งชี้ตามแนวคิดของนักการศึกษาพบว่าตัวบ่งชี้ความสามารถในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกันมี 7 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ (1) การสร้างแผนภาพเวกเตอร์ (2) การระบุตัวแปรตัวแปรที่เกี่ยวข้อง (3) การระบุตัวแปรที่ต้องการค้นหา (4) การกำหนดสมการแทนความสัมพันธ์ของตัวแปร (5) การกำหนดขั้นตอนการคำนวณ (6) การคำนวณค่าของตัวแปรและ (7) การสรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร

2. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีประเด็นที่นำเสนอดังนี้ 1) ความหมายและประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 2) ความสำคัญของมโนทัศน์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และ 3) แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายและประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2.1.1 ความหมายของมโนทัศน์และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

การศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่มีการบันทึกไว้อย่างเป็นระบบเกิดขึ้นครั้งแรกในสมัยของพลาโต โดยใช้ชื่อเรียกว่า “ความคิด” (ideas) แต่ในปัจจุบันคำว่า ความคิด และมโนทัศน์มีความแตกต่างกัน โดยมโนทัศน์มีความครอบคลุมทั้งในส่วนของคำจำกัดความและความคิด (Speiser, 2003: 483).เพื่อพิจารณาถึงคำศัพท์ มโนทัศน์ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “concept” มาจากรากศัพท์ของคำว่า “conceptus หรือ concipere” โดยนักการศึกษาให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ดังนี้

Good (1973: 124) กล่าวว่า “มโนทัศน์ คือ ความคิดของบุคคลในการจำแนกวัตถุ สถานการณ์หรือ กิจกรรมต่างๆ โดยใช้ลักษณะร่วมที่เหมือนกัน”

Nitko (2007: 209-212) กล่าวว่า “มโนทัศน์ คือ ความคิด (ideas) และความเป็นนามธรรม (abstractions) ในการจำแนกสิ่งต่างๆ ได้แก่ วัตถุ บุคคล เหตุการณ์ หรือความสัมพันธ์ โดยใช้ลักษณะร่วมที่เหมือนกันของสิ่งดังกล่าว

Woolfolk (1995: 286) กล่าวว่า “มโนทัศน์ คือ ลำดับกลุ่ม ประเภทของเหตุการณ์ ความคิด วัตถุ หรือบุคคล โดยใช้ลักษณะที่คล้ายคลึงกันเป็นเกณฑ์ในการจัดจำแนก”

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531:4) กล่าวว่า “มโนทัศน์ คือ ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งเหล่านั้น”

ธีระชัย ปูรณโชติ (2537: 40) ให้ความหมายว่า “มโนทัศน์คือ ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกต หรือประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น และนำลักษณะต่างๆ มาประมวลเป็นความคิดโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งนั้น”

พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตสถาน (2551: 83) ให้ความหมายว่า “มโนทัศน์ คือ ภาพหรือความคิดในสมองที่เป็นตัวแทนของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งประกอบด้วยคุณสมบัติร่วมที่เป็นลักษณะเฉพาะหรือลักษณะสำคัญของสิ่งนั้น”

การศึกษาความหมายของมโนทัศน์จากแนวคิดของนักการศึกษาโดยสรุป มโนทัศน์เป็นความคิดความเข้าใจโดยสรุปของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งมีลักษณะสำคัญที่คล้ายคลึงกันและมีลักษณะบางประการที่ทำให้แตกต่างจากสิ่งอื่น

สำหรับการศึกษาเรื่องโมเมนตัมและการดลเกิดขึ้นครั้งแรกในศตวรรษที่ 17 โดยมีพื้นฐานมาจากการศึกษาเกี่ยวกับการชนของวัตถุโดย เซอร์ ไอแซก นิวตัน (1642-1727) และเป็นที่มาของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมโดยพบว่า การชนของวัตถุทุกชนิด ผลรวมโมเมนตัมของวัตถุมีค่าคงที่เสมอ การค้นพบดังกล่าวนี้ยังนำไปสู่การสร้างกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุในปัจจุบัน (French, 1998: 2-3) สำหรับหลักสูตรการศึกษาของประเทศไทยจัดให้มีการเรียนการสอนเรื่องกฎการเคลื่อนที่เป็นรายวิชาพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ มาตรฐานข้อที่ 2 ส่วนเรื่องโมเมนตัมและการดลนั้นจัดเป็นรายวิชาเพิ่มเติม โดยมีนักการศึกษากล่าวถึงมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล ดังนี้

Graham and Berry (1996: 75) กล่าวว่า “มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับความหมาย ความสัมพันธ์ และความแตกต่าง เช่น ความหมายของโมเมนตัม ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัมกับความเร็วและมวลของวัตถุ ความแตกต่างของโมเมนตัมในหนึ่งมิติกับสองมิติ รวมถึงความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์โมเมนตัม”

McDermott and Lawson (1987: 811) กล่าวว่า “มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลเป็นความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับ คำจำจัดความ และความคิดสำคัญซึ่งอาจอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของตัวแปร ได้แก่ โมเมนตัม ความสัมพันธ์ระหว่างแรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม”

Singh and Rosengrant (2003: 607) กล่าวว่า “มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลเป็นความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับคำจำกัดความของโมเมนตัม ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัมและการดล การอนุรักษ์โมเมนตัม และการชน”

Sekercioglu and Kocakulah (2008: 47-59) กล่าวว่า “มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลเป็นความรู้เข้าใจเกี่ยวกับ ความหมายของโมเมนตัม การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การอนุรักษโมเมนตัม การดลและแรงดล และการชนของวัตถุ”

การให้ความหมายมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักการศึกษาฟิสิกส์โดยสรุปมโนทัศน์เป็นความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาซึ่งอาจอยู่ในรูปคำจำกัดความและความคิดสำคัญ จากผลการศึกษาดังกล่าวทั้งจากความหมายของมโนทัศน์ และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล สรุปความหมาย ได้ว่า “มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคำจำกัดความและความคิดสำคัญเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องโมเมนตัมและการดล” โดยเมื่อทำการวิเคราะห์เนื้อหาได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกแนกตามหัวข้อเรื่อง

หัวข้อเรื่อง	มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล
1. โมเมนตัม	1) คำจำกัดความโมเมนตัม 2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อโมเมนตัม
2. แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	1) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม 2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม

ตารางที่ 1 มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกแนกตามหัวข้อเรื่อง (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล
3. การดล และแรงดล	1) คำจำกัดความการดล 2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการดล 3) คำจำกัดความแรงดล 4) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อแรงดล
4. การอนุรักษ์โมเมนตัม	1) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการอนุรักษ์โมเมนตัม
5. การชน และการระเบิดของวัตถุ	1) คำจำกัดความการชนและการระเบิด 2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับประเภทการชน 3) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับลักษณะการชนแบบยืดหยุ่นหนึ่งมิติและสองมิติ 4) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับลักษณะการชนแบบไม่ยืดหยุ่นในหนึ่งมิติและสองมิติ 5) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการระเบิดของวัตถุ

ผลการศึกษาโดยสรุป มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลเป็นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคำจำกัดความและความคิดสำคัญเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องโมเมนตัมและการดล ซึ่งเนื้อหาดังกล่าวได้แก่ โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การดลและแรงดล การอนุรักษ์โมเมนตัม การชนและการระเบิดของวัตถุ ประกอบด้วยมโนทัศน์หลัก 14 มโนทัศน์ แบ่งเป็นมโนทัศน์ที่เป็นคำจำกัดความ 4 มโนทัศน์ และมโนทัศน์ที่เป็นความคิดสำคัญ 10 มโนทัศน์

2.1.2 ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาและนักจิตวิทยาแบ่งประเภทของมโนทัศน์แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกสามารถสรุปได้ดังนี้

Lowson et al. (2000: 1012) จำแนกประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์เกี่ยวกับคำหรือวลีที่ปรากฏในมโนทัศน์ได้ สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

(1) มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง สามารถรับรู้ได้จากแนวคิดทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับในขณะนั้น และสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุน เช่น มโนทัศน์เรื่องอะตอม อนุภาคโฟตอน อิเล็กตรอน ควาร์ก การเกิดปฏิกิริยาระหว่างอะตอมกับโมเลกุล เป็นต้น

(2) มโนทัศน์เชิงบรรยาย (descriptive concepts) เป็นมโนทัศน์ที่สามารถสังเกตได้โดยตรงจากวัตถุ หรือสถานการณ์ แล้วนำมาจัดกลุ่มของมโนทัศน์ เช่น มโนทัศน์ของเฟอร์นิเจอร์ สามารถสังเกตจากวัตถุ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ โซฟา แล้วนำลักษณะร่วมของวัตถุมาจัดกลุ่มเป็นมโนทัศน์ของเฟอร์นิเจอร์

(3) มโนทัศน์เชิงแทรกสอด (intermediate concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องเวลา สถานการณ์หรือเหตุการณ์เกิดขึ้นแล้วในอดีต เช่น มโนทัศน์เรื่องการกำเนิดไดโนเสาร์ การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา เป็นต้น

Smith and Ragan (2005: 80) แบ่งมโนทัศน์เป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) คือ สิ่งที่สามารถจำแนกหรือแบ่งประเภทได้จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพ การมองเห็น การได้ยิน การสัมผัส การได้กลิ่น และการรับรู้รส เช่น การแยกใบไม้ต่างชนิดกันออกจากกัน เป็นต้น

(2) มโนทัศน์เชิงคำนิยาม (defined concepts) คือ สิ่งที่จำแนกจากคำจำกัดความหรือลักษณะเฉพาะที่เหมือนกันของสิ่งนั้น เช่น ประชาธิปไตย ลัทธิ เป็นต้น

Nitko (2007: 209-210) จำแนกประเภทของมโนทัศน์โดยใช้เกณฑ์ประสาทสัมผัสสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

(1) มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) หมายถึง กลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพที่สามารถสัมผัสได้ผ่านประสาทสัมผัส เช่น รูปสามเหลี่ยม บ้าน สุนัข เป็นต้น

(2) มโนทัศน์เชิงคำนิยาม (defined concepts) หรือมโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (relational concepts) หมายถึง กลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพที่ไม่สามารถจับต้องได้ จึงต้องอาศัยการกำหนดคำจำกัดความ และความคิดเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่คล้ายคลึงกันนั้น เช่น ความเป็นเพื่อน น้า แม่ เป็นต้น

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531: 4-5) แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับการแบ่งประเภท เป็นการการกำหนดสมบัติร่วมของสิ่งต่างๆ เพื่อใช้ในการบรรยายถึงสิ่งนั้นๆ ให้เข้าใจตรงกัน

(2) มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ย่อยที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งช่วยให้สามารถพยากรณ์หรือคาดคะเนล่วงหน้าในเหตุการณ์นั้นได้

(3) มโนทัศน์ทางทฤษฎี เป็นการกำหนดสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ แต่สิ่งนั้นมีอยู่จริงและมีหลักฐานสนับสนุนว่าเป็นจริง มโนทัศน์ประเภทนี้นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นโดยอาศัยจินตนาการหรือนึกภาพขึ้นในสมองเพื่อกำหนดลักษณะของสิ่งนั้นขึ้น

การศึกษาประเภทของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยสรุปมโนทัศน์แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ (1) มโนทัศน์เชิงรูปธรรม คือ กลุ่มของสิ่งที่สามารถจำแนกลักษณะเฉพาะได้โดยใช้ประสาทสัมผัสและ (2) มโนทัศน์เชิงนิยาม คือ กลุ่มของสิ่งที่มีลักษณะทางกายภาพซึ่งไม่สามารถจำแนกได้โดยใช้ประสาทสัมผัสจึงต้องอาศัยการกำหนดคำจำกัดความ และความคิดเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่คล้ายคลึงกัน

2.2 ความสำคัญของมโนทัศน์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์เป็นเป้าหมายหนึ่งของการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่ที่เชื่อมโยงกันตลอดจนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา ดังที่นักการศึกษาได้กล่าวถึงความสำคัญของมโนทัศน์ และความสำคัญของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้ ดังนี้

Ausubel (1968: 505) กล่าวว่า “มโนทัศน์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตเนื่องจากพฤติกรรมต่างๆ ของมนุษย์ทั้งด้านความคิด การสื่อความหมาย การแก้ปัญหา หรือการตัดสินใจล้วนต้องอาศัยมโนทัศน์”

De Cecco (1986: 402-416) กล่าวถึงความสำคัญของมโนทัศน์ 5 ประการ ดังนี้

1) มโนทัศน์ช่วยลดความซับซ้อนของธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมและเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นโดยมนุษย์ใช้มโนทัศน์ในการจัดกลุ่มของสิ่งต่างๆ เพื่อให้สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจนมากขึ้น

2) มโนทัศน์ช่วยให้มนุษย์รู้จักสิ่งต่างๆ และสามารถแยกแยะได้ เช่น การรู้ว่า “เสียงที่ได้ยินเป็นเสียงของอะไร” เป็นต้น

3) มโนทัศน์เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ เช่นหลังการเรียนรู้เรื่องสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เมื่อพบสัตว์ชนิดเดียวกันก็สามารถแยกแยะได้

4) มโนทัศน์ช่วยในการแก้ปัญหาและเป็นพื้นฐานที่นำไปสู่การตัดสินใจ

5) มโนทัศน์ช่วยด้านการเรียนการสอนการจัดกลุ่มข้อมูลและสื่อความหมาย

สุรางค์ โค้วตระกูล (2533: 206) กล่าวถึงความสำคัญของมโนทัศน์ว่า “มโนทัศน์เป็นรากฐานของความคิด ช่วยในการตั้งกฎเกณฑ์ หลักการต่างๆ และมีความสามารถในการแก้ปัญหา นอกจากนี้มโนทัศน์ยังเป็นเครื่องมือในการสื่อความหมายที่ช่วยให้มนุษย์มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

การศึกษาความสำคัญของมโนทัศน์โดยสรุป มโนทัศน์ช่วยลดความซับซ้อนของสิ่งต่างๆ ทำให้สามารถแยกแยะและสื่อความหมายได้ชัดเจนขึ้น และเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป สำหรับความสำคัญของมโนทัศน์ต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของนักการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Singh and Rosengrant (2000) กล่าวว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอันเป็นพื้นฐานสำคัญของการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์”

Speiser (2002: 484) กล่าวว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ทุกแขนง”

Sekercioglu and Kocakulah (2008: 47-59) กล่าวว่า “การมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้ และเป็นพื้นฐานที่ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ได้อย่างถูกต้อง

การศึกษาความสำคัญของมโนทัศน์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยสรุป มโนทัศน์เป็นพื้นฐานสำคัญในการสร้างความรู้ใหม่ การแก้ปัญหา และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทุกแขนง สำหรับการเรียนรู้ฟิสิกส์นั้น การมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้องอันเป็นพื้นฐานสำคัญของการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์

2.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์

McDermott and Lawson (1986: 811-817) พัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง งานพลังงาน โมเมนตัมและการดล โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง โดยเริ่มจากการสาธิตการทดลองโดยใช้วัตถุ หรือการกำหนดสถานการณ์จริง แล้วใช้วิธีการสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล

Cruickshank et al. (1995: 308) เสนอแนวทางการวัดมโนทัศน์ โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ดังต่อนี้

(1) แบบวัดการสร้างคำตอบ (created response items) ได้แก่ แบบวัดอัตนัยโดยกำหนดให้นักเรียนเรียบเรียงและเขียนตอบเพื่อแสดงถึงระดับความรู้ของตนเอง

(2) แบบวัดเลือกตอบ (selected response item) ได้แก่ แบบจับคู่ เลือกตอบ ถูก-ผิด ซึ่งสามารถวัดเนื้อหาได้มากในระยะเวลาอันจำกัด และสามารถประเมินได้ตรงตามวัตถุประสงค์

Odom and Kelly (2001:616-635) ศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

(1) ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการทำแบบสอบหลายตัวเลือกที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกตอบ

(2) สร้างแบบสอบหลายตัวเลือก ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (two-tier multiple-choice format) คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1

(3) นำแบบวัดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

Nitko (2007: 201-205) เสนอแนวทางการวัดมโนทัศน์ ดังนี้

(1) การวัดมโนทัศน์ที่เป็นรูปธรรมมีกลวิธี ดังนี้

(1.1) ยกตัวอย่างของสิ่งที่ต้องการศึกษา แล้วกำหนดให้ตั้งชื่อมโนทัศน์โดยอาศัยการสังเกตจากลักษณะร่วมที่เหมือนกัน

(1.2) ให้ตัวอย่างเพิ่มเติมแล้วกำหนดให้แยกตัวอย่างที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

(1.3) ให้สร้างตัวอย่างใหม่ที่แตกต่างจากเดิม

(2) การวัดมโนทัศน์เชิงคำนิยามมีกลวิธี ดังนี้

(2.1) กำหนดให้สร้างคำจำกัดความของมโนทัศน์

(2.2) กำหนดให้ยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับคำจำกัดความ

(2.3) ให้ตัวอย่างแล้วกำหนดให้แยกตัวอย่างที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

(2.4) กำหนดให้ระบุองค์ประกอบและแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์

Kandil (2009: 1914-1915) ศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องโมเมนตัมและการดล โดยกำหนดแนวทางการวัดดังนี้

(1) วิเคราะห์เนื้อหาเรื่องโมเมนตัมและการดล ซึ่งประกอบด้วยโมเมนตัม การอนุรักษ์โมเมนตัม การดล และความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัมกับการดล

(2) กำหนดระดับพฤติกรรมการวัด โดยการวัดมโนทัศน์เป็นพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย สามารถวัดได้ในระดับ ความจำ ความเข้าใจ และการนำความรู้ไปใช้

(3) ดำเนินการสร้างแบบวัดมโนทัศน์โดยเป็นแบบปรนัยเลือกตอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาและระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด กำหนดตัวเลือก 5 ตัวเลือก

การศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการวัดมโนทัศน์โดยสรุป การวัดมโนทัศน์เป็นการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย ซึ่งสามารถวัดได้ในระดับความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวัดด้วยวิธีการสัมภาษณ์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ การวัดด้วยวิธีการทดสอบ โดยใช้แบบสอบซึ่งอาจเป็น แบบสอบปรนัย หรือ อัตนัย สำหรับการวัดมโนทัศน์ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการทดสอบโดยใช้แบบสอบปรนัยสองตอน โดยตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบในตอนที่ 1 ทั้งสองตอนประกอบด้วยตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก

3. การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์เป็นกลวิธีหนึ่งในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาทางฟิสิกส์เพื่อให้ทราบถึงความรู้และวิธีการใช้ความรู้ดังกล่าวในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน โดยมีการวางแผนและควบคุมกระบวนการแก้ปัญหาให้ดำเนินไปอย่างเป็นระบบ ซึ่งแตกต่างจากการแก้ปัญหาแบบเดิมที่มุ่งเน้นการคำนวณและการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ (Heller, Keith, and Anderson, 1992: 627; Hollabaugh, 1997: 50-53 and Huffman, 1997:552) โดยในการศึกษาวิธีการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวมีประเด็นที่นำเสนอ 5 ประเด็นได้แก่ 1) ความเป็นมาของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ 2) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยการสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ 3) ขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ 4) บทบาทครูและนักเรียนของการการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์และ 5) ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

3.1 ความเป็นมาของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ได้รับการพัฒนาโดย Heller et al. นักการศึกษาภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมินิโซตา ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีความมุ่งหมายที่จะพัฒนาความรู้และกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์โดย เป็นผลมาจากรายงานสภาพปัญหาในการเรียนรู้สาระฟิสิกส์ของนักการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งพบว่า นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถแก้ปัญหาโจทย์ทางฟิสิกส์ได้เนื่องจากมีระดับความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาและกระบวนการทางฟิสิกส์ไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถประยุกต์มโนทัศน์ต่างๆ ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ (Chi, Feltovich and Glaser, 1981: 121; Heller and Reif, 1982: 2-16; Jennifer, 2002: 4) จากสภาพและปัญหาของนักเรียนในการเรียนรู้สาระฟิสิกส์ดังกล่าวจึงนำไปสู่การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความรู้ และกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหาของนักเรียน ซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างนักเรียนกลุ่มเก่งกับนักเรียนกลุ่มอ่อน (Chi, Feltovich and Glaser, 1981: 121-152) จนได้ข้อค้นพบที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนการสอนฟิสิกส์ ทั้งในส่วนของความแตกต่างด้านความรู้ และวิธีการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์

จากการวิจัยพบว่าการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ต้องใช้ความรู้ 3 ประเภท โดยความรู้ประเภทแรกคือ ความรู้เชิงมโนทัศน์ (conceptual knowledge) ซึ่งเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ธรรมชาติซึ่งเป็นจริงเสมอและไม่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ข้อเท็จจริง หลักการ และมโนทัศน์ต่างๆ ทางฟิสิกส์ (Jong and Ferguson-Hessler, 1986: 279) โดยนักการศึกษาบางท่านเรียกความรู้ประเภทนี้ว่า Declarative knowledge (Shavelson, Ruiz-Primo and Wiley, 2005: 413; Pol et al., 2008: 410; Portoles and Lopez: 2008: 106; Pol, 2009: 11) หรือ Factual knowledge (Jong and Ferguson-Hessler, 1986: 279) ความรู้ที่จำเป็นประเภทที่ 2 คือ ความรู้เชิงกระบวนการ (procedural knowledge) ซึ่งเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับลำดับขั้นตอนและวิธีการนำข้อเท็จจริง หลักการ และมโนทัศน์ต่างๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหา (Jong and Ferguson-Hessler, 1986: 279; Shavelson, Ruiz-Primo and Wiley, 2005: 413; Pol et al., 2008: 410) และความรู้ประเภทที่ 3 คือ ความรู้เชิงกลยุทธ์ (strategic knowledge) ซึ่งเป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์ในการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ สามารถเลือกใช้ความรู้และวิธีการได้อย่างเหมาะสม (Jong and Ferguson-Hessler, 1986: 279; Pol et al., 2008: 410; Pol, 2009: 17-20) โดยรู้ว่าควรใช้ความรู้ใดและใช้อย่างไรในสถานการณ์ต่างๆ ที่มีเงื่อนไขแตกต่างจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน (Shavelson, Ruiz-Primo and Wiley, 2005: 413; Portoles and Lopez: 2008: 106)

Chi, Feltovich and Glaser (1981: 121-152) และ Heller and Reif (1982: 177-216) ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน พบว่านักเรียนกลุ่มอ่อนเริ่มแก้ปัญหาจากการกำหนดสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบของปัญหา ในขณะที่นักเรียนกลุ่มเก่งเริ่มแก้ปัญหาจากการสร้างตัวแทนของสถานการณ์ปัญหาด้วยแบบจำลองทางความคิดและใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ การสร้างแผนภาพเวกเตอร์เพื่อเชื่อมโยงไปสู่สมการทางคณิตศาสตร์โดยมีการวางแผนและดำเนินการอย่างเป็นระบบซึ่งกระบวนการดังกล่าวเกี่ยวข้องกับทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล โดยในนักเรียนกลุ่มเก่งเมื่อมีการรับข้อมูลผ่านประสาทสัมผัส จะมีการวิเคราะห์และจัดกระทำข้อมูลโดยอาศัยกลวิธีต่างๆ ในการจัดการ การวางแผน และดำเนินการอย่างเป็นระบบก่อนการจัดเก็บสะสมความรู้และข้อมูลต่างๆ ในหน่วยความจำ ทำให้การเรียกใช้ความรู้ของนักเรียนกลุ่มเก่งมีประสิทธิภาพ และเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้นักเรียนกลุ่มเก่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนกลุ่มอ่อน

ต่อมา Heller et al. (1992: 627-636) นักการศึกษาภาควิชาหลักสูตรและการสอนมหาวิทยาลัยมินิโซตา ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำข้อค้นพบจากการวิจัยดังกล่าวมาใช้ในพัฒนาการเรียนการสอนและเรียกวิธีการดังกล่าวว่า การเรียนการสอนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือนักเรียนกลุ่มอ่อนซึ่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับต่ำให้สามารถพัฒนาตนเองทั้งในด้านความรู้ และวิธีการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดย Pol (2009: 19-20) ให้ความเห็นว่าครูไม่สามารถสอนหรือถ่ายทอดความรู้เชิงกลยุทธ์ไปสู่นักเรียนได้โดยตรง แต่เป็นสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเองในระหว่างการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมที่ฝึกฝนให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา อภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์เพื่อให้ทราบถึงความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหา และนำไปสู่วิธีการใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่มีเงื่อนไขแตกต่างกัน ซึ่งต้องมีการวางแผน การลำดับขั้นตอนการใช้ความรู้ การดำเนินการ และการประเมินการแก้ปัญหา โดยมีการสะท้อนความคิดและตรวจสอบเกี่ยวกับความรู้และวิธีการใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ ของนักเรียนทั้งกับเพื่อนในกลุ่มและกับครู (Heller et al.,1992: 627; Pol, 2009: 20)

3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยการสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ได้รับอิทธพลมาจากทฤษฎีที่นำเสนอต่อไปนี้ คือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) และทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information processing theory) โดยมีรายละเอียดของทฤษฎี ดังนี้

3.2.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ Constructivism

1) แนวคิดพื้นฐาน

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มีความเชื่อพื้นฐานเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของนักเรียนในการสร้างความรู้ (Mchnerney and Mchnerney, 2002: 4) โดยมีความเชื่อว่าความรู้ไม่สามารถถ่ายทอดโดยตรงจากครูไปสู่นักเรียน แต่เป็นสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นเองโดยอาศัยการเชื่อมโยงความรู้หรือข้อมูลใหม่จากห้องเรียนกับประสบการณ์เดิม กระบวนการเรียนรู้จึงเป็นกระบวนการทางสติปัญญาที่นักเรียนต้องกำกับตนเองโดยมีกระบวนการทางสังคมเป็นสิ่งกระตุ้นให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และยังเชื่อว่า นักเรียนเข้ามาในห้องเรียนโดยมีความรู้เดิมซึ่งอาจเป็นมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง หากไม่ได้รับการกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ นักเรียนจะไม่สามารถสร้างมโนทัศน์ใหม่หรือเชื่อมโยงความรู้เดิมกับข้อมูลใหม่ที่ได้จากห้องเรียน (Llewellyn, 2005: 28) นอกจากนี้ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ยังให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ รวมทั้งโครงสร้างทางปัญญาและความเชื่อในการแปลความหมายเหตุการณ์หรือสิ่งต่างๆ นักทฤษฎีกลุ่มนี้มีความเห็นว่าสิ่งต่างๆ มีความหมายขึ้นมาจากการคิดของคนที่รับรู้สิ่งนั้น ดังนั้นทุกสิ่งในโลกจึงไม่มีความหมายที่ถูกต้องหรือเป็นจริงที่สุดแต่ขึ้นกับการให้ความหมายของบุคคล (Jonassen, 1992: 138-139)

2) การประยุกต์ทฤษฎีคอนสตัคติวิสต์ในการเรียนการสอน

ปัจจุบันทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ นิยมนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้และมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการเรียนการสอนที่ครูต้องมีความเข้าใจว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้ความเข้าใจ มโนทัศน์และประสบการณ์ที่แตกต่างนักเรียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ตามความสนใจและมีความพยายามที่จะค้นหาความรู้ใหม่โดยอาศัยการเชื่อมโยง

ความรู้เดิมกับข้อมูลสารสนเทศจากประสบการณ์ใหม่ ดังนั้นแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีดังกล่าวจึงสามารถทำได้หลากหลาย โดยนักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะสำคัญที่บ่งชี้การจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งนำเสนอตามลำดับดังนี้

Hendry (1996 cited in McInerney and McInerney, 2002: 5-6) สรุปลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ไว้ 7 ประการ ดังนี้

(1) ความรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นภายในสมองเท่านั้น

(2) การให้ความหมายหรือการตีความสิ่งต่าง ๆของบุคคลขึ้นอยู่กับความรู้ ดังนั้นการให้ความหมายของบุคคลในสิ่งเดียวกันอาจมีความแตกต่างกัน

(3) ความรู้ถูกสร้างขึ้นจากภายในบุคคลซึ่งมีความสัมพันธ์กับบริบทของโลกภายนอก ครูหรือวิธีการสอนไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความคิดของนักเรียนได้ แต่การเปลี่ยนความคิดและการสร้างความรู้จะเกิดขึ้นจากปัจจัยภายในของนักเรียนผ่านการปฏิสัมพันธ์กับโลกภายนอก

(4) ความรู้เป็นสิ่งที่ไม่คงที่ ดังนั้นจึงไม่มีความคิดใดถูกต้องหรือผิด มีเพียงสิ่งที่น่าจะถูกต้อง หรือไม่ถูกต้องมากที่สุดในสถานการณ์นั้น ๆ

(5) ความรู้โดยทั่วไปถูกขับเคลื่อนจากพัฒนาการและประสบการณ์หรือร่างกายซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของจักรวาล

(6) ความรู้ถูกสร้างขึ้นผ่านการรับรู้และการปฏิบัติ การเรียนรู้เกิดจากการอำนวยความสะดวกด้วยการปฏิบัติ การแก้ปัญหาและความขัดแย้ง

(7) การสร้างความรู้ต้องอาศัยพลังและระยะเวลาที่เกิดจากการกระตุ้นให้นักเรียนมีการอภิปราย การอธิบายและการประเมินผลในบทบททางสังคม

ทิศนา แขมมณี และคณะ (2545: 22-23) เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ดังนี้

(1) ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างตื่นตัว (active) กล่าวคือ เป็นผู้ที่มิใช้เพียงรับข้อมูลความรู้เท่านั้น แต่ต้องเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่างๆ และสร้างความหมายของสิ่งนั้นด้วยตนเอง

(2) ครูควรสร้างบรรยากาศทางสังคมจริยธรรม (sociomoral) ให้เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างความรู้ การร่วมมือ การแลกเปลี่ยนความรู้ความคิด และประสบการณ์ระหว่างนักเรียนและบุคคลอื่นจะช่วยให้การเรียนรู้ของนักเรียนกว้างขวางขึ้น

(3) ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำตนเอง และควบคุมตนเองในการเรียนรู้

(4) ครูจำเป็นต้องเปลี่ยนบทบาทของตนเองจากผู้ถ่ายทอดความรู้และควบคุมการเรียนรู้ไปเป็นผู้ช่วยเหลือนักเรียนในการเรียนรู้ ทำหน้าที่ช่วยสร้างแรงจูงใจภายในให้เกิดขึ้นกับนักเรียน จัดเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความสนใจและความต้องการของนักเรียน ให้คำปรึกษาแนะนำทั้งทางด้านวิชาการและด้านสังคม ให้ความช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหา และประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน

(5) ครูควรประเมินผลในลักษณะที่เป็น “goal free evaluation” กล่าวคือเป็นการประเมินตามจุดมุ่งหมายของนักเรียนแต่ละคนและการวัดผลควรใช้วิธีการหลากหลายโดยอาศัยบริบทจริง เนื่องจากการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ขึ้นอยู่กับความสนใจและการสร้างความหมายที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล

ผลการศึกษาโดยสรุป ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของเพียเจย์ ซึ่งอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างทางสติปัญญาของบุคคลที่เรียนรู้จากการนำประสบการณ์หรือสิ่งที่พบเห็นมาเชื่อมโยงกับโลกภายในของตนเองเพื่อเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญา ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลระหว่างประสบการณ์ใหม่และประสบการณ์เดิม บุคคลจึงต้องมีการปรับโครงสร้างทางปัญญาเพื่อให้อยู่ในสภาพสมดุลที่ช่วยให้การเรียนรู้ของนักเรียนมีความหมายต่อตนเอง โดยพัฒนาการดังกล่าวจะเป็นไปตามลำดับขั้นจากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมและสังคมโดยมีความเชื่อพื้นฐานว่าความรู้ไม่สามารถถ่ายทอดโดยตรงจากครูไปสู่นักเรียน แต่เป็นสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นเองโดยอาศัยการเชื่อมโยงความรู้หรือข้อมูลใหม่จากห้องเรียนกับประสบการณ์เดิมโดยมีกระบวนการทางสังคมเป็นสิ่งกระตุ้นให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมในกระบวนการเรียนรู้ โดยลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้และการเรียนการสอนตามแนวทางของทฤษฎีดังกล่าว สรุปได้ดังนี้

(1) ความรู้เป็นสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเอง โดยอาศัยการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับข้อมูลที่ได้รับจากประสบการณ์ใหม่

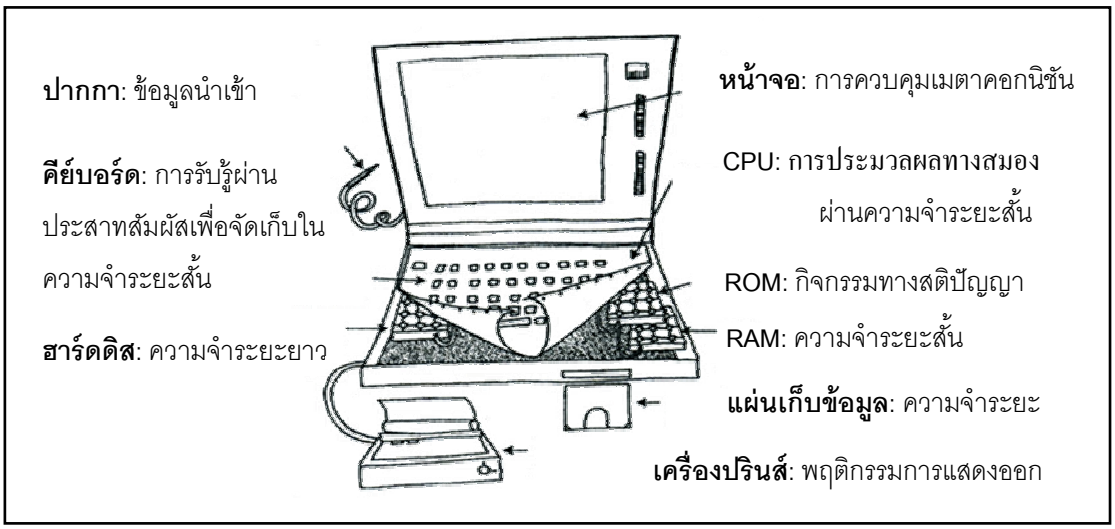
(2) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมองของนักเรียนซึ่งเป็นผู้ลงมือปฏิบัติจัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่างๆ และสร้างความหมายของสิ่งนั้นด้วยตนเอง และไม่สามารถถ่ายทอดโดยบุคคลอื่นได้

(3) ความรู้และความเชื่อในการแปลความหมาย เหตุการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ เกิดจากการคิดและการรับรู้ของบุคคล สิ่งต่าง ๆ ในโลกจึงไม่มีความหมายที่ถูกต้องหรือเป็นจริงที่สุดแต่ขึ้นกับการให้ความหมายของคนบนโลก

3.2.2 **ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล** (Information processing theory)

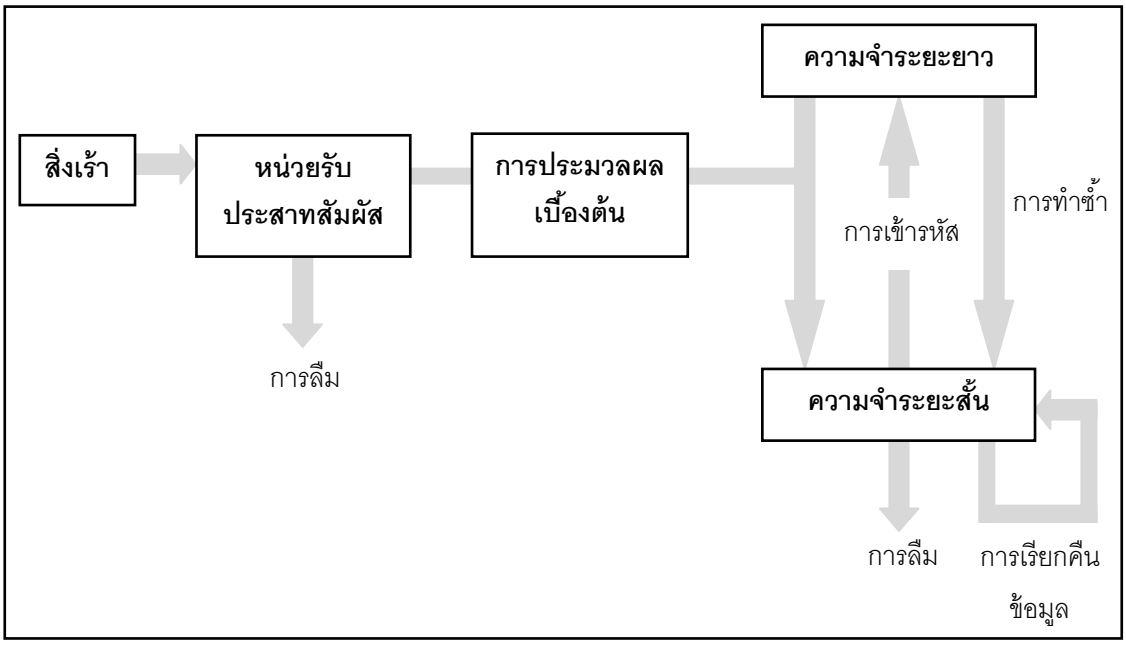
1) **แนวคิดพื้นฐาน**

ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจากกรอบแนวคิดของการพัฒนาทางสติปัญญาและการเรียนรู้ เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่พยายามพิจารณาความคิดภายในสมองของมนุษย์เกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อมนุษย์มีการเรียนรู้รวมถึงกิจกรรมทางสมองของมนุษย์ในการรับข้อมูล (receiving) การเก็บสะสมข้อมูล (storing)และการเรียกคืนความรู้ ข้อมูลสารสนเทศ (retrieving information) (Mclnerney and Mclnerney, 2002: 74) โดยมีแนวคิดว่าการทำงานของสมองมนุษย์มีความคล้ายคลึงกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ กระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลของมุนษย์มีหลักการทำงานคล้ายกับอุปกรณ์ซอฟแวร์ของคอมพิวเตอร์ โดย Mclnerney and Mclnerney (2002: 76) ได้เปรียบชิ้นส่วนดังกล่าวกับสมองของมนุษย์ไว้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบอุปกรณ์ซอร์ฟแวร์ของคอมพิวเตอร์กับสมองของมนุษย์ (ปรับจาก Mclnerney and Mclnerney, 2002: 76)

Klausmeier (1985 :52-108) อธิบายกระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ (ภาพที่ 2) ซึ่งเริ่มจากการรับสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้ามาผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 โดยมีการประมวลผลในเบื้องต้น (initial processing) เพื่อบันทึกข้อมูลในความจำระยะสั้น (working or short-term memory) ซึ่งมีขีดจำกัดเกี่ยวกับระยะเวลาในการเก็บสะสมข้อมูล ดังนั้นจึงต้องอาศัยกลวิธีการต่างๆ เพื่อป้องกันการลืม (forgotten) เช่น การนำเสนอภาพความคิด การจัดกลุ่มสิ่งเร้า การปฏิบัติซ้ำหลายครั้ง เป็นต้นเพื่อทำให้ข้อมูลเหล่านั้นมีความหมาย และเมื่อบุคคลคลมีความใส่ใจและเข้ารหัส (encoding) ข้อมูลก็จะได้รับการประมวลผลก็จะถูกเก็บไว้ในความจำระยะยาว (long-term memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่มีความคงที่ของความรู้ข้อมูลสารสนเทศ และสามารถเรียกคืน (repetition) ความรู้หรือข้อมูลต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความจุในการจักเก็บสะสมข้อมูลความรู้อย่างไม่จำกัด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้กระบวนการทำงานของสมองมนุษย์แตกต่างจากระบบจัดเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ซึ่งมีขีดจำกัดเกี่ยวกับความจุในการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 2 กระบวนการเรียนรู้ตามทางสมองในการประมวลข้อมูล (ปรับจาก Morris, 1993: 233)

Jonassen (2009: 19) ได้ขยายความเพิ่มเกี่ยวกับความรู้ที่ถูกเก็บไว้ในความจำระยะยาวของบุคคลโดยเชื่อว่าความจำระยะยาวของบุคคลจะเก็บสะสมความรู้ต่างๆ ไว้มากมาย โดยแบ่งประเภทของความรู้ที่เก็บไว้ในความจำระยะยาวออกเป็น 3 ประเภทดังรายละอียดต่อไปนี้

(1) ความรู้เชิงภววิทยา (ontological knowledge) ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของปรัชญาการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของความจริงและการเกิดขึ้น ประกอบด้วยความรู้ 3 ด้านดังต่อไปนี้

(1.1) ความรู้เชิงบรรยาย (declarative knowledge) เป็นความรู้ที่มีความคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ ข้อเท็จจริงและหลักการ

(1.2) ความรู้เชิงโครงสร้าง (structural knowledge) เป็นความรู้ที่เป็นสื่อกลางในการเปลี่ยนความรู้เชิงบรรยายให้เป็นความรู้ที่มีความหมาย

(1.3) ความรู้เชิงมโนทัศน์ (conceptual knowledge) เป็นการประยุกต์และบูรณาการความรู้เชิงบรรยายเพื่อเป็นฐานในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ การสร้างความเข้าใจในมโนทัศน์และความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์

(2) ความรู้เชิงญาณวิทยา (epistemological knowledge) เป็นสาขาหนึ่งของปรัชญาการศึกษาที่ศึกษาบ่อเกิด ลักษณะหน้าที่ ประเภท ระเบียบวิธี ข้อจำกัดและความสมเหตุ

สมผลของความรู้ความรู้นี้ได้มาระหว่างการศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์โดยพิจาณาจากภาระงานทางฟิสิกส์ ประกอบด้วยความรู้ 3 ด้านต่อไปนี้

(2.1) ความรู้เชิงกระบวนการ (procedural knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการปฏิบัติในระหว่างการทำภาระงาน

(2.2) ความรู้เชิงสถานการณ์ (situation knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่ปรากฏ เช่น เมื่อสถานการณ์เกี่ยวข้องกับกล่องที่วางบนพื้นเอียงที่มีความขรุขละการมีความรู้เชิงสถานการณ์ทำให้ทราบว่า “การที่พื้นเอียงขรุขระย่อมมีแรงเสียดทานกระทำในทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ”

(2.3) ความรู้เชิงกลยุทธ์ (strategic knowledge)เป็นความรู้ที่ประกอบด้วย 2 สองส่วนได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงและกระบวนการใช้ข้อเท็จจริงและความรู้เกี่ยวกับกลยุทธ์ในการวางแผน การกำกับการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหาและการประเมินผลโดย Jonassen เชื่อมโยงว่าความรู้เชิงกลยุทธ์หรือเรียกว่าความรู้เชิงเงื่อนไข (condition knowledge) เป็นการรู้และเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ที่ใช้ และกระบวนการในการใช้ความรู้

(3) ความรู้เชิงปรากฏการณ์วิทยา (phenomenological knowledge) เป็นสาขาหนึ่งของปรัชญาที่มีจุดเน้นในการหาความจริงด้วยประสบการณ์ และสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่างๆ ประกอบด้วความรู้ 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

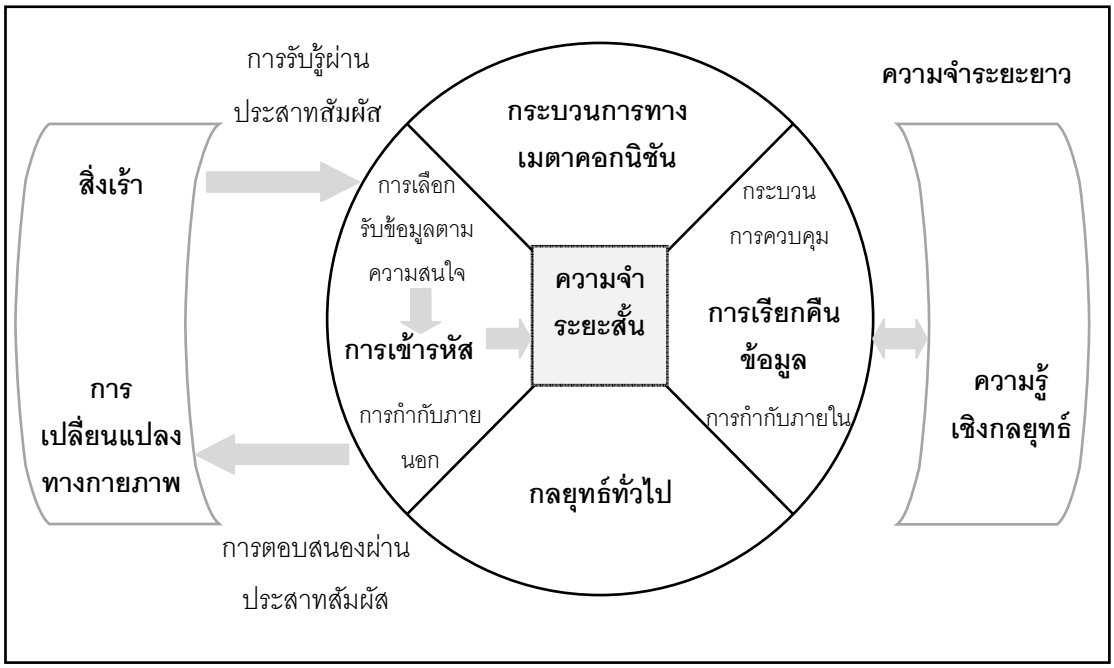
(3.1) ความรู้เชิงปรากฏ (tacit knowledge หรือ implicit knowledge) เป็นความรู้ที่เป็นจริงเกี่ยวกับปรากฏการณ์โดยไม่ต้องมีการบรรยาย โดยทั่วไปเป็นความรู้ที่ทุกคนทราบแต่ไม่สามารถเข้าถึงความจริงได้

(3.2) ความรู้เชิงสังคมวัฒนธรรม (sociocultural knowledge) เป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับมุมมองที่มีต่อโลก ความเชื่อ การแบ่งปันความรู้ระหว่างคนในสังคมซึ่งความรู้ประเภทนี้จะมีความแตกต่างกันตามการรับรู้ ความเข้าใจและประสบการณ์ของบุคคล และในแต่ละสังคมก็มีความแตกต่างกัน

(3.3) ความรู้เชิงประสบการณ์ (experiential knowledge หรือ episodic knowledge) เป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่เรียนรู้จากประสบการณ์ชีวิต ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกันเป็นเรื่องราว ความรู้ด้านนี้ช่วยให้บุคคลแก้ปัญหาหรือตัดสินใจ การวางแผน การประเมินสถานการณ์ รวมถึงการทำนายสิ่งต่าง ๆ ความรู้ด้านนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อบุคคลมีประสบการณ์ชีวิตมากขึ้น

ความจำระยะของมนุษย์ทำหน้าที่เก็บสะสมความรู้และข้อมูลต่างๆ ไว้มากมาย แต่กระบวนการทางสมองในการประมวลผลข้อมูลรวมถึงคุณลักษณะทางด้านปัญญาของบุคคลมีความแตกต่างกัน ในกลุ่มเก่ง (experts) จะมีความรู้เฉพาะด้านมากกว่ากลุ่มอ่อน (novices) สำหรับมโนทัศน์ของสิ่งเดียวกันกลุ่มเก่งจะมีระดับความรู้ที่ลึกซึ้งและมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความจำระยะยาว รวมถึงการมีกลยุทธ์ทางปัญญาในการจัดการการแก้ปัญหา การวางแผนและการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการประมวลผลข้อมูล การเก็บสะสมความรู้และการเรียกใช้ความรู้ของกลุ่มเก่งจึงมีประสิทธิภาพมากกว่ากลุ่ม และจากงานวิจัยของ Jong และ Ferguson-Hessler สนับสนุนว่าความรู้บางประเภทที่ถูกเก็บในความจำระยะยาวจะพบเฉพาะในกลุ่มเก่งเท่านั้นซึ่งความรู้ดังกล่าวได้แก่ความรู้เชิงกลยุทธ์ ซึ่งเป็นความรู้โดยตรงในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

นักการศึกษาของทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลเชื่อว่าการทำงานของสมองในการเก็บสะสมข้อมูลในความจำระยะยาวไม่มีขีดจำกัดในด้านความจุของข้อมูลและมีความถาวรในการจัดเก็บความรู้หรือข้อมูล (Mclnerney and Mclnerney, 2002: 77) ทั้งนี้กระบวนการในการรับและจัดเก็บข้อมูลของสมองมนุษย์จะได้รับการควบคุมอีกชั้นหนึ่งด้วยกระบวนการรู้คิดหรือ “Metacognition” ซึ่งเป็นการตระหนักรู้เกี่ยวกับความรู้ความสามารถของตนเองเพื่อให้สามารถใช้ความรู้นั้นในการควบคุมกระบวนการคิด กระบวนการทำงานหรือกลวิธีต่างๆ ไปสู่ความคาดหวังที่กำหนดไว้ อันจะช่วยให้การเรียนรู้หรือการทำงานประสบความสำเร็จตามความต้องการ (ทิศนา แขมมณี 2551: 82) โดยกระบวนการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมทางเมตาคอกนิชัน จะเริ่มจากความใส่ใจในการรับรู้ข้อมูลผ่านประสาทสัมผัส (ภาพที่ 3) หากให้ความใส่ใจในสิ่งที่ครูสอนก็จะมีการเข้ารหัสเพื่อเก็บสะสมในหน่วยความจำ การรู้คิดประการต่อไปคือการรับรู้เช่น การที่นักเรียนตระหนักรู้ว่าการรับรู้ของตนอาจผิดพลาดได้ จะยังไม่ตัดสินใจจนกว่าจะได้ข้อมูลที่เพียงพอแสดงให้เห็นว่าการรู้คิดสามารถควบคุมการกระทำได้ การรู้คิดอีกประการหนึ่งคือ กลวิธีต่างๆ เช่น การที่นักเรียนตระหนักรู้ได้ว่าตนไม่สามารถจดจำสิ่งที่ครูสอนได้ การตระหนักรู้ดังกล่าวนำไปสู่การคิดหากลวิธีต่างๆ ที่จะมาช่วยให้ตนจดจำสิ่งที่ครูสอนได้ เช่น การท่องจำ การจดบันทึกและการใช้เทคนิคช่วยจำอื่นๆ เช่น การผูกเรื่องที่ต้องจำเป็นกลอน การจำตัวย่อ การทำรหัส การเชื่อมโยงในสิ่งที่สัมพันธ์กัน เป็นต้น (ทิศนา แขมมณี, 2551: 82-83)



ภาพที่ 3 กระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (ปรับจาก Mclnerney และ Mclnerney, 2002: 77)

การที่นักเรียนสามารถรู้คิดได้นั้นจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการกำกับกระบวนการทางปัญญารวมถึงวิธีการเรียนรู้หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือการมีความรู้ในเชิงเมตาคอกนิชัน (metacognitive knowledge) โดย Mclnerney and Mclnerney (2002: 113) ได้กล่าวถึงความรู้ในเชิงเมตาคอกนิชันซึ่งประกอบด้วย (1) ความรู้เชิงบรรยาย เป็นความรู้เกี่ยวกับความจำและข้อเท็จจริง นิยามต่างๆ (2) ความรู้เชิงกระบวนการ เป็นความรู้เกี่ยวกับทักษะทางปัญญากระ บวนการในการพัฒนาแผนดำเนินการเพื่อไปสู่เป้าหมายและ (3) ความรู้เชิงเงื่อนไข เป็นความรู้เกี่ยวกับความรู้และการใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งต้องอาศัยทักษะทางปัญญาอย่างหลากหลายในสถานการณ์ที่มีเงื่อนไขแตกต่างกัน นอกจากนี้ เมตาคอกนิชันยังเป็นกุญแจสำคัญของการสร้างความรู้ที่ให้นักเรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมทางเมตาคอกนิชัน ได้แก่การวางแผน การเลือกกลยุทธ์ต่างๆ การประเมินการเรียนรู้ (Hacker, Dunlosky and Graesser, 2009: 108-109)

2) การประยุกต์ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลในการเรียนการสอน

นักเรียนที่ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลต้องสามารถสะท้อนวิธีคิดและวิธีการเรียนรู้ของตนเองได้ มีศักยภาพในการเลือกใช้กลยุทธ์ต่างๆ อย่างเหมาะสม รวมทั้งมีวิธีการในการกำกับควบคุมกระบวนการต่างๆ ให้ดำเนินไปสู่เป้าหมาย โดยสามารถสร้างทางเลือกที่หลากหลาย (McInerney and McInerney 2002: 76) ดังนั้นเพื่อให้การจัดการเรียนการเรียนการสอนเป็นไปตามแนวคิดดังกล่าว ครูควรมีวิธีในการดำเนินการ ดังที่นักจิตวิทยาและนักการศึกษาเสนอไว้ ดังต่อไปนี้

ทิศนา แขมมณี (2552: 84) เสนอการประยุกต์ใช้ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล ดังนี้

(1) การนำเสนอสิ่งเร้าที่นักเรียนรู้จัก หรือมีข้อมูลอยู่แล้วจะสามารถช่วยให้ผู้เรียนหันมาใส่ใจซึ่งผู้สอนสามารถเชื่อมโยงไปถึงสิ่งใหม่ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งนั้นได้

(2) การจัดสิ่งเร้าในการเรียนรู้ควรจัดให้ตรงกับความสนใจของนักเรียนเพราะจะช่วยให้นักเรียนใส่ใจ (attention) และรับรู้สิ่งนั้น และนำไปเก็บบันทึกไว้ในความจำระยะสั้นต่อไป

(3) เนื่องจากข้อมูลที่ผ่านการรับรู้แล้วจะถูกนำไปเก็บในหน่วยความจำระยะสั้นซึ่งจะคงอยู่ในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นหากต้องการที่จำจำสิ่งนั้น ๆ ให้นานมากขึ้นก็ต้องใช้วิธีการต่าง ๆ ช่วย ได้แก่ การท่องซ้ำหลายครั้ง หรือการจัดสิ่งที่จำให้เป็นหมวดหมู่ เป็นต้น

(4) หากต้องการให้นักเรียนจดจำเนื้อหาสาระใด ๆ ได้เป็นระยะเวลานาน ๆ สาระนั้นจะต้องได้รับการเข้ารหัส (encoding) เพื่อนำไปเข้าหน่วยความจำระยะยาว วิธีการเข้ารหัสทำได้หลายวิธี เช่น การทบทวน การใช้กระบวนการขยายความคิดซึ่งได้แก่ การเรียบเรียง ผสมผสานขยายความ และการสัมพันธ์ความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

(5) ข้อมูลที่ถูกนำไปเก็บในหน่วยความจำระยะสั้นหรือระยะยาวแล้ว สามารถเรียกออกมาใช้งานได้โดยผ่าน “effector” ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นพฤติกรรมทางวาจาหรือการกระทำซึ่งทำให้บุคคลแสดงความคิดภายในออกมาเป็นพฤติกรรมที่สังเกตเห็นได้ การที่บุคคลไม่สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่เก็บไว้ได้อาจเป็นเพราะไม่สามารถเรียกข้อมูลให้ขึ้นถึงระดับจิตสำนึกได้ (conscious level) หรือเกิดการลืมขึ้น

(6) เนื่องจากกระบวนการต่าง ๆ ของสมองได้รับการควบคุมโดยหน่วยบริหารควบคุมอีกชั้น (executive control of information processing) หนึ่งซึ่งเปรียบได้กับโปรแกรมสั่งงานซึ่งเป็น “software” ของคอมพิวเตอร์ ดังนั้น การที่นักเรียนรู้ตัวและรู้จักการบริหารควบคุมกระบวนการทางปัญญาหรือกระบวนการคิดของตนก็จะทำให้สามารถสั่งการให้สมองกระทำการ

ต่าง ๆ อันจำทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ได้ เช่น หากนักเรียนรู้ตัวว่า เรียนวิชาใดวิชาหนึ่งไม่ดี เพราะไม่ชอบครูที่สอนวิชานั้น นักเรียนก็อาจหาทางแก้ปัญหานั้น โดยอาจสร้างแรงจูงใจให้ตนเอง หรือใช้เทคนิคกลวิธีต่าง ๆ เข้าช่วย

McInerney and McInerney (2002: 90) เสนอบทบาทของครูในการจัดการเรียนการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล ดังต่อไปนี้

(1) เน้นการสร้างความรู้ของนักเรียนโดยจัดให้มีการปฏิสัมพันธ์

(2) จัดการเรียนการสอนเป็นกลุ่มที่คละความสามารถของนักเรียนและจัดเตรียมคำแนะนำหรือการรสะท้อนผลให้นักเรียนเป็นรายบุคคล

(3) จัดให้นักเรียนเป็นผู้ควบคุมกระบวนการแก้ปัญหาและตวรจสอบความก้าวหน้าของตนเอง

(4) ติดตามกระบวนการของนักเรียนในการสร้างความรู้ให้เป็นสิ่งที่มีความหมายต่อนักเรียน สร้างโอกาสให้นักเรียนผ่านการเขียน การพูดและการแก้ปัญหา

(5) กระตุ้นให้นักเรียนประยุกต์ความรู้ในสถานการณ์ใหม่

(6) ยอมรับความแตกต่างของนักเรียน และให้การสนับสนุนที่เหมาะสมกับระดับของนักเรียน

(7) เป็นต้นแบบหรือให้คำอธิบายเพื่อให้นักเรียนติดตาม

(8) เน้นการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจ

ผลการศึกษาโดยสรุป ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลมีแนวคิดเกี่ยวกับการประมวลข้อมูลทางสมองของมนุษย์ที่คล้ายกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยเชื่อว่าบุคคลมีการสร้างความรู้จากการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมเพื่อรับข้อมูลทางกายภาพผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 ได้แก่ หู ตา จมูก ปาก และผิวหนัง มาประมวลผลในเบื้องต้นเพื่อบันทึกในความจำระยะสั้น และหากมีความใส่ใจในข้อมูลดังกล่าว มีการจัดกระทำ รวมทั้งการขยายความคิดข้อมูลดังกล่าวจะได้รับการเข้ารหัส เก็บไว้ในความจำระยะยาว” ซึ่งมีความพิเศษมากกว่าความจำของคอมพิวเตอร์เนื่องจากสามารถบรรจุข้อมูลได้โดยไม่มีขีดจำกัด และทำหน้าที่เก็บความรู้ประเภทต่างๆ ไว้อย่างถาวร แต่ระดับความรู้อาจมีความแตกต่างกัน เนื่องจากโดยทั่วไปกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลของนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนมีความแตกต่างกัน โดยในนักเรียนกลุ่มเก่งเมื่อมีการรับข้อมูลผ่านประสาทสัมผัสจะมีการจัดกระทำข้อมูลเหล่านั้นก่อนการเข้ารหัส สามารถสะท้อนวิธีคิดและวิธีการเรียนรู้ของตนเองได้ มีศักยภาพในการเลือกใช้กลยุทธ์ต่างๆ อย่าง

เหมาะสม รวมทั้งมีวิธีการในการกำกับควบคุมกระบวนการต่างๆ ให้ดำเนินไปสู่เป้าหมาย จากการสร้างทางเลือกที่หลากหลาย ดังนั้นความรู้บางประเภทที่ถูกเก็บในความจำระยะยาวจะพบเฉพาะในกลุ่มเก่งเท่านั้นซึ่งความรู้ดังกล่าวได้แก่ ความรู้เชิงกลยุทธ์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความรู้เชิงเมตาคอกนิชันที่เกี่ยวข้องกับการตระหนักรู้เกี่ยวกับความรู้ความสามารถของตนเองเพื่อให้สามารถใช้ความรู้นั้นในการควบคุมกระบวนการคิด กระบวนการทำงานหรือกลวิธีต่างๆ ไปสู่ความคาดหวังที่กำหนดไว้อันจะช่วยให้การเรียนรู้หรือการทำงานประสบความสำเร็จตามความต้องการ

3.3 ขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ต้องมีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนฝึกฝนการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อให้ทราบถึงความรู้ทางฟิสิกส์ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาผ่านการอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ โดยมีการตรวจสอบความรู้ระหว่างนักเรียนภายในกลุ่ม และการตรวจสอบกับครูผู้สอน (Heller et al.,1992: 627; Huffman, 1997: 553) ดังนั้นเมื่อผ่านขั้นตอนดังกล่าวนักเรียนจะมีความรู้ที่ถูกต้อง และนำไปสู่กระบวนการใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่ต่างๆ ผ่านกิจกรรมที่ฝึกฝนให้นักเรียนมีการวางแผน การลำดับขั้นตอนการใช้ความรู้ การดำเนินการ การตรวจสอบ การประเมินการผลการแก้ปัญหา และมีการสะท้อนความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับความรู้และวิธีการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่มีเงื่อนไขแตกต่างกัน (Heller et al., 1992: 627; Pol, 2009: 20) โดยขั้นตอนการเรียนการสอนประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นการเน้นปัญหา (focus the problem) คือ การนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้กิจกรรมดังนี้

(1.1) การยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่หลากหลายและมีเงื่อนไขของสถานการณ์ที่แตกต่างกันกระตุ้นความสนใจ เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์ปัญหา และระบุคำถามสำคัญของสถานการณ์ปัญหา

(1.2) การทบทวนข้อเท็จจริง หลักการ และมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานของการแก้ปัญหา

(2) ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์ (describe the physics) คือการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ผ่านกิจกรรม ดังนี้

(2.1) การอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนมัศน์จากสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหา และนำเสนอความสัมพันธ์ดังกล่าวด้วยแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์

(2.2) การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรทางฟิสิกส์ที่ได้จากผลการอภิปรายไปสู่ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

(3) ขั้นการวางแผน (plan the solution) คือ การอภิปรายเพื่อกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ผ่านกิจกรรม ดังนี้

(3.1) การตรวจสอบความเพียงพอของข้อมูลในการแก้ปัญหา

(3.2) การลำดับขั้นตอนในการใช้ข้อมูลเพื่อสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา

(3.2) การอภิปรายเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมกับสภาพปัญหา

(4) ขั้นการดำเนินการตามแผน (execute the plan) คือ การปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังนี้

(4.1) การหาคำตอบของตัวแปรในสถานการณ์ต่าง ๆ

(4.2) การสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบของปัญหาในแต่ละสถานการณ์

(5) ขั้นการประเมินคำตอบ (evaluation the solution) คือ การอภิปรายเพื่อตรวจสอบและประเมินในประเด็น ดังนี้

(5.1) การประเมินความถูกต้องของคำตอบและหน่วย

(5.2) การประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบ

3.4 บทบาทครูและนักเรียนของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดของบทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) ขั้นการเน้นปัญหา (focus the problem) เป็นขั้นตอนการนำเข้าสู่บทเรียนโดยกำหนดสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่สอดคล้องกับสภาพจริง บทบาทของครูจึงเป็นผู้นำเสนอปัญหาทางฟิสิกส์ ใช้เทคนิคการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อเป็นตัวแทนของสถานการณ์ การระบุคำถามสำคัญของปัญหา และการทบทวนข้อเท็จจริง หลักการ และมโนทัศน์ที่เป็นพื้นฐาน

(2) **ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์** (describe the physics) เป็นการอภิปรายของนักเรียนเกี่ยวกับ มโนทัศน์ หลักการ และข้อเท็จจริงทางฟิสิกส์ในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อนำไปสู่การสร้างแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์ที่แสดงสถานการณ์ด้วยสัญลักษณ์ทางฟิสิกส์ ดังนั้นหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมในขั้นนี้นักเรียนทุกกลุ่มต้องมีแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์ที่ได้จากการอภิปรายโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์เปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้เป็นสถานการณ์ทางฟิสิกส์ที่แสดงตัวแปรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องและตัวแปรเป้าหมาย สำหรับบทบาทของครูในขั้นนี้จะเป็นผู้ให้คำแนะนำ และตรวจสอบความถูกต้องของแผนภาพเวกเตอร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น

(3) **ขั้นการวางแผน** (plan the solution) สำหรับการเรียนการสอนขั้นนี้นักเรียนในกลุ่มต้องอาศัยข้อมูลจากแผนภาพเวกเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อร่วมกันอภิปรายความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรที่ปรากฏ รวมทั้งการตรวจสอบความเพียงพอของข้อมูลในการแก้ปัญหาเพื่อนำมาสร้างทางเลือกที่หลากหลายในการแก้ปัญหาและร่วมกันอภิปรายเพื่อเลือกวิธีการที่มีความเหมาะสมกับสภาพปัญหามากที่สุด สำหรับบทบาทของครูในขั้นนี้จะเป็นผู้ให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนเกิดปัญหา รวมทั้งการตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสมของกระบวนการที่นักเรียนเลือกใช้ในการแก้ปัญหา

(4) **ขั้นการดำเนินการตามแผน** (execute the plan) ในขั้นนี้นักเรียนเริ่มแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอนที่วางแผนไว้อย่างเป็นระบบ โดยการแทนค่าของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบ ของตัวแปรในสถานการณ์ต่าง ๆ และสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบของปัญหาในแต่ละสถานการณ์

(5) **ขั้นการประเมินคำตอบ** (evaluate the solution) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตรวจสอบคำตอบเกี่ยวกับความเป็นไปได้ และความสมเหตุสมผลของคำตอบ รวมทั้งความถูกต้องการระบุหน่วยของตัวแปรทุกตัวที่ปรากฏในสถานการณ์ โดยครูต้องตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบและความเหมาะสมการนำคำตอบมาอธิบายสถานการณ์ปัญหา

บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ สรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 บทบาทของครูและบทบาทนักเรียนในขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

ขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
(1) ขั้นการเน้นปัญหา คือ การระบุปัญหาเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางความคิดและการทบทวนมโนทัศน์ หลักการ และข้อเท็จจริงทางฟิสิกส์	(1) กระตุ้นความสนใจด้วยสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับสภาพจริง (2) เชื่อมโยงประสบการณ์หรือความรู้เดิมกับสภาพปัญหา (3) ระบุภาระงานให้กับนักเรียน	(1) ศึกษาสภาพปัญหาทางฟิสิกส์ที่ครูกำหนด (2) สร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อเป็นตัวแทนสถานการณ์ปัญหา (3) ระบุมโนทัศน์ หลักการ หรือข้อเท็จจริงที่เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา
(2) ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์ คือ การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์และนำเสนอความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยแผนภาพเวกเตอร์เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์	(1) เป็นผู้จัดเตรียมอุปกรณ์ให้กับนักเรียน (2) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแผนภาพเวกเตอร์และตรวจสอบความถูกต้องของแผนภาพเวกเตอร์ (3) แก้ไขมโนทัศน์ หลักการ หรือข้อเท็จจริงที่ไม่ถูกต้องของนักเรียน	(1) วิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ (2) สร้างแผนภาพเวกเตอร์แสดงสถานการณ์ปัญหา (3) ระบุตัวแปรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา (4) ระบุตัวแปรเป้าหมายของการแก้ปัญหา

ตารางที่ 2 บทบาทของครูและบทบาทนักเรียนในขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
(3) **ขั้นการวางแผน** คือ การกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ การตรวจสอบความเพียงพอของข้อมูลและลำดับขั้นตอนในการใช้ข้อมูลในการแก้ปัญหา	(1) ให้คำแนะนำ คำใบ้ ในการวางแผนการทำงานของนักเรียน (2) ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของกระบวนการที่นักเรียนเลือกใช้ในการแก้ปัญหา	(1) อภิปรายความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ปรากฏในแผนภาพเวกเตอร์ (2) กำหนดสูตรหรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความสัมพันธ์ของตัวแปร
(4) **ขั้นการดำเนินการตามแผน** คือ การปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของตัวแปรในสถานการณ์ ต่างๆ และสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบของปัญหาในแต่ละสถานการณ์	(1) ดูแลให้นักเรียนปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ (2) ให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนไม่สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนได้	(1) ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางไว้ (2) แทนค่าตัวแปรหรือสมการ (3) สรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบของปัญหาในแต่ละสถานการณ์
(5) **ขั้นการประเมินคำตอบ** คือ การอภิปรายเพื่อตรวจสอบและประเมินเกี่ยวกับความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และการระบุหน่วยของตัวแปร	(1) ใช้คำถามเพื่อนำอภิปรายเกี่ยวกับความสมเหตุสมผลของคำตอบ (2) ใช้คำถามเพื่อนำอภิปรายเกี่ยวกับความถูกต้องของคำตอบและหน่วยของตัวแปร (3) ใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน	(1) ตรวจสอบคำตอบและหน่วย (2) ร่วมกันอภิปรายความสมเหตุสมผลของคำตอบ (3) สรุปคำตอบที่สมบูรณ์ของปัญหา

3.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

นักการศึกษากล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

Jong and Ferguson-Hessler (1996: 105-113) การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์จะช่วยให้นักเรียนสามารถจัดระบบการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา การค้นหาความรู้หรือปัจจัยที่เกี่ยวข้อง การควบคุมกระบวนการแก้ปัญหา ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์จึงเป็นกลวิธีหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

Mathan and Koedinger (2005: 257); Taconis (2001: 442) กล่าวเกี่ยวกับความรู้เชิงกลยุทธ์ว่า “การที่นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้ สาเหตุไม่ได้เกิดจากการที่นักเรียนขาดความรู้ด้านเนื้อหา (content knowledge) แต่เป็นเพราะนักเรียนขาดความรู้เชิงกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทำให้ไม่ทราบว่าควรประยุกต์ความรู้ใดทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน” การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้จึงเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Shavelson, Ruiz-Primo and Wiley (2005: 413) กล่าวว่า “การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ช่วยให้นักเรียนทราบได้อย่างอัตโนมัติเกี่ยวกับขอบเขตและวิธีการใช้ความรู้นั้นในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ”

Pol et al. (2008: 410) กล่าวว่า “การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ความรู้เชิงกลยุทธ์เป็นกลวิธีที่ช่วยให้นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงกระบวนการในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ทั้งนี้การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีดังกล่าวครูต้องมีความเข้าใจในการคัดเลือกเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับการเรียนการสอนดังกล่าว เนื่องจากมีความจำเพาะสำหรับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางฟิสิกส์และการคำนวณทางคณิตศาสตร์”

การศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ตามแนวคิดของนักการศึกษาโดยสรุป การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ช่วยให้นักเรียนทราบถึงความรู้และวิธีการใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่มีเงื่อนไขแตกต่างกันและการ

วิเคราะห์สถานการเพื่อประยุกต์ความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงกระบวนการในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ในขณะเดียวกันก็มีข้อจำกัดในด้านเนื้อหาที่นำมาใช้กับการเรียนการสอน เนื่องจากต้องเป็นเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาและต้องมีการแก้โจทย์ปัญหาที่มีสมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นเนื้อหาในส่วนที่เป็นการบรรยายจึงไม่เหมาะสมกับกับวิธีการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหา และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

การนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหา และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยที่ศึกษาผลการของเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล ดังต่อไปนี้

Heller et al. (1992) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยมินิโซตา ที่ลงเรียนรายวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน โดยจัดให้แก้ปัญหาเป็นกลุ่มแบบร่วมมือกับการแก้ปัญหารายบุคคล พบว่านักศึกษาที่เรียนเป็นกลุ่มแบบร่วมมือมีความสามารถในการแก้ปัญหาดีกว่านักเรียนกลุ่มที่แก้ปัญหารายบุคคลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

Huffman (1997) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ตามแนวทางของ Heller และคณะเปรียบเทียบกับวิธีการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและ มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ดีกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้วิธีแก้ปัญหาในหนังสือเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับมโนทัศน์ทางฟิสิกส์พบว่า คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Pol et al. (2008) ศึกษาผลของการให้คำแนะนำและรูปแบบคำตอบในการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนซึ่งมีค่าความเที่ยง 0.76 และ 0.69 พบว่า

โปรแกรมดังกล่าวช่วยให้นักเรียนมีความรู้เชิงกลยุทธ์ซึ่งทำให้นักเรียนกลุ่มนี้มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และเมื่อวิเคราห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) โดยใช้คะแนนก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วมพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Gok and Silay (2010) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ตามแนวทางของ Heller และคณะกับการเรียนการสอนแบบปกติที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติของนักเรียน โดยใช้เครื่องมือ 2 ชุดคือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความเที่ยง 0.92 และแบบวัดทัศนคติต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ซึ่งมีค่าความเที่ยง 0.82 ผลการวิจัยพบว่า พบว่า “นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนเฉลี่ยทัศนคติต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ ความสามารถในการแก้ปัญหา และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล โดยสรุป การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน และในด้านอื่นๆ ได้แก่ การพัฒนาทัศนคติต่อการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ มโนทัศน์ และผลสัมฤทธิ์ทางด้านการเรียนของนักเรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างความรู้ผ่านกระบวนการคิดโดยมีการจัดสภาพการณ์ให้บุคคลเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น ซึ่งเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม บุคคลต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมและสร้างเป็นความรู้ใหม่

ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล

ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล มีแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองในการรับข้อมูลความรู้จากสิ่งเร้าภายนอกโดยมีการประมวลผลในเบื้องต้นเพื่อจัดเก็บในความจำระยะสั้นซึ่งมีขีดจำกัดเกี่ยวกับระยะเวลาและความจุในการเก็บสะสมข้อมูลความรู้ จึงต้องอาศัยกลวิธีต่างๆ เพื่อทำให้ข้อมูลมีความหมาย และเข้ารหัสเพื่อจัดเก็บความรู้ในความจำระยาวซึ่งเป็นหน่วยความจำที่มีความคงทนของความรู้โดยความจุอย่างไม่จำกัด และสามารถเรียกคืนข้อมูลความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในภายหลัง

การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาความรู้ และวิธีการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ตามแนวคิดของ Heller et al. (1992) ดังนี้

(1) **ขั้นการเน้นปัญหา** (focus the problem) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่มีเงื่อนไขแตกต่างกัน กระตุ้นความสนใจ เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดระบุคำถามสำคัญและทบทวนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์ทางฟิสิกส์

(2) **ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์** (describe the physics) เป็นการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ผ่านกิจกรรมการอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์จากความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ และนำเสนอด้วยแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

(3) **ขั้นการวางแผน** (plan the solution) เป็นการอภิปรายเพื่อกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ การตรวจสอบความเพียงพอของข้อมูล การลำดับขั้นตอนในการใช้ข้อมูลเพื่อสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาและการอภิปรายเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมกับสภาพปัญหา

(4) **ขั้นการดำเนินการตามแผน** (execute the plan) เป็นการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของตัวแปรในสถานการณ์ต่างๆและสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบของปัญหาในแต่ละสถานการณ์

(5) **ขั้นการประเมินคำตอบ** (evaluation the solution) เป็นการอภิปรายเพื่อตรวจสอบและประเมินเกี่ยวกับความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบและการระบุหน่วยของตัวแปร

ความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Brackett, Larkin และ Reif (1976) ดังนี้

(1) ขั้นการบรรยายปัญหา (description)
(2) ขั้นการวางแผน (planning)
(3) ขั้นการดำเนินการ (implementation)
(4) ขั้นการตรวจสอบ (checking)

มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

ความรู้ความเข้าใจของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายเกี่ยวกับคำจำกัดความและความคิดสำคัญของเนื้อหาเรื่องโมเมนตัมและการดล

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

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

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ และกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติโดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสองกลุ่มก่อนและหลังการทดลอง ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design

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

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการทดลองด้วยแบบวัดมโนทัศน์พื้นฐาน

X หมายถึง การเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

~X หมายถึง การเรียนการสอนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติ

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการทดลองด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 21 จังหวัดหนองคายและจังหวัดบึงกาฬ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งกำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของโรงเรียนปากคาดพิทยาคม เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 21 จังหวัดหนองคายและจังหวัดบึงกาฬ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

โรงเรียนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ โรงเรียนปากคาดพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ ซึ่งผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) เนื่องจากเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ที่เปิดสอนทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย มีจำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมากเพียงพอต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล และเป็นโรงเรียนที่ให้การสนับสนุนและความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งกำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของโรงเรียนปากคาดพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ โดยใช้วิธีการเลือกแบบหลายขั้นตอน มีรายละเอียดการดำเนินการ ดังนี้

(1) เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โปรแกรมการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์โดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง เนื่องจากเป็นระดับชั้นที่เรียนเนื้อหาเรื่องโมเมนตัมและการดลในภาคเรียนดังกล่าว ซึ่งมีจำนวน 4 ห้องเรียน จากนั้นดำเนินการทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลองด้วยการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

(1.1) นำค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ซึ่งมีคะแนนเต็ม 100 คะแนนของนักเรียนทั้ง 4 ห้องมาทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน 4 ห้องเรียน

ห้องเรียน	$\bar{x}$	S.D.	F
5/1	78.49	8.20	28.78*
5/2	75.72	8.95	
5/3	62.71	8.89	
5/4	63.69	9.64	

*P < 0.05 (two-tailed independent F-test)

จากตารางที่ 3 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

(1.2) ทำการทดสอบภายหลัง (post hoc test) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ของแต่ละห้องเรียน โดยการเปรียบเทียบรายคู่ (pairwise comparisons) ใช้สถิติทดสอบของ Bonferroni เนื่องจากความแปรปรวนของกลุ่มเท่ากัน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรายคู่ของนักเรียน 4 ห้องเรียน

ห้องเรียน	$\bar{x}$	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรายคู่			
		5/1	5/2	5/3	5/4
5/1	78.49	_	2.76	15.78*	14.8*
5/2	75.72	_	_	13.02*	12.04*
5/3	62.71	_	_	_	-0.97
5/4	63.69	_	_	_	_

จากตารางที่ 4 แสดงว่าห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ไม่แตกต่างกันมี 2 คู่คือ ห้อง 5/1 กับ 5/2 และ ห้อง 5/3 กับ 5/4

(2) เลือกห้องเรียนคู่ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลากผลปรากฏว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 และ 5/2 เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

(3) เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลากผลปรากฏว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 36 คนเป็นกลุ่มทดลองและนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 35 คนเป็นกลุ่มควบคุม

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่
    - 1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
    - 1.2 แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ ซึ่งมี 2 แบบ ดังนี้
    - 2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์
    - 2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติ

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบข้อมูลคือ (1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาประกอบด้วยเครื่องมือ 2 ชุด ได้แก่ แบบประเมินกระบวนการแก้ปัญหา และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดลและ (2) แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวัด 2 ฉบับได้แก่ (1) ประเมินกระบวนการแก้ปัญหาและ (2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยเครื่องมือแต่ละฉบับมีรายละเอียดการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี

1.1.1 แบบประเมินกระบวนการแก้ปัญหา

แบบประเมินกระบวนการแก้ปัญหา คือ แบบประเมินพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ระหว่างเรียน ใช้วิธีประเมินจากร่องรอยพฤติกรรมระหว่างการเรียนการสอนโดยมีรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

(1) ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวกับแนวทางการประเมินกระบวนการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

(2) กำหนดพฤติกรรมการวัดและรายการประเมินให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 พฤติกรรมที่ต้องการวัดและรายการประเมินตามขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	รายการประเมิน
1. ขั้นการเน้นปัญหา การระบุปัญหาเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางความคิดและการทบทวนมโนทัศน์ หลักการ และข้อเท็จจริงทางฟิสิกส์	อภิปรายเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องและคำถามของปัญหา	(1) แบบจำลองทางความคิด (2) การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา (3) การระบุคำถามของปัญหา
2. ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์ การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์และนำเสนอความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยแผนภาพเวกเตอร์เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์	อภิปรายและวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรการสร้างแผนภาพเวกเตอร์และการเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์ไปสู่ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์	(1) การกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร (2) แผนภาพเวกเตอร์ (3) ความสอดคล้องระหว่างความสัมพันธ์ของตัวแปรกับสมการทางคณิตศาสตร์

ตาราง 5 พฤติกรรมที่ต้องการวัดและรายการประเมินตามขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	รายการประเมิน
3. ขั้นการวางแผน การกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์การตรวจสอบข้อมูลและลำดับขั้นตอนในการใช้ข้อมูลในการแก้ปัญหา	อภิปรายเพื่อตรวจสอบข้อมูลการลำดับขั้นตอนการใช้ข้อมูลในการแก้ปัญหา	(1) ขั้นตอนการแก้ปัญหา
4. ขั้นการดำเนินการตามแผน การปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของตัวแปรในสถานการณ์ต่างๆ และสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบของปัญหาในแต่ละสถานการณ์	ดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้	(1) การปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา (2) การสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบ
5. ขั้นการประเมินคำตอบ การอภิปรายเพื่อตรวจสอบและประเมินเกี่ยวกับความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบและการระบุหน่วยของตัวแปร	อภิปรายเพื่อประเมินการแก้ปัญหา	(1) ความสมเหตุสมผลและความถูกต้องของคำตอบและหน่วยของตัวแปร

(3) ศึกษานิยามเชิงปฏิบัติการของรายการประเมินที่กำหนดขึ้น เพื่อนำไปสู่การกำหนดเกณฑ์การประเมินที่ครอบคลุมกับนิยามและสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยศึกษานิยามเชิงปฏิบัติการจากรายการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ตามแนวคิดของ Heller et al. (1992) ผลการศึกษา ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 นิยามเชิงปฏิบัติการและเกณฑ์การประเมินตามรายการประเมินกระบวนการแก้ปัญหา

รายการประเมินกระบวนการแก้ปัญหา	**นิยามเชิงปฏิบัติการ**	**เกณฑ์การประเมิน**
1. แบบจำลองทางความคิด	ภาพวาดที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์ปัญหาทางฟิสิกส์	สร้างแผนภาพที่เป็นตัวแทนของเหตุการณ์ได้เหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์
2. การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา	การเขียนรายการตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา	ระบุรายการตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องและครบถ้วนและ
3. การระบุคำถามสำคัญของปัญหา	การเขียนคำถามสำคัญของปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ	ระบุคำถามของปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน
4. การกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร	การเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปร	กำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้องและครบถ้วน
5. แผนภาพเวกเตอร์	แผนภาพทางฟิสิกส์ที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งขนาดและทิศทาง	สร้างแผนภาพเวกเตอร์ที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้องและครบถ้วน
6. ความสอดคล้องระหว่างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับสมการทางคณิตศาสตร์	การระบุสมการทางคณิตศาสตร์ตามความสัมพันธ์ของตัวแปร	ระบุสมการทางคณิตศาสตร์มีความถูกต้องและสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของตัวแปร
7. ขั้นตอนการแก้ปัญหา	การเขียนขั้นตอนการใช้ข้อมูลในการแก้ปัญหา	แสดงการลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
8. การปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา	การปฏิบัติขั้นตอนที่กำหนด	แสดงรายละเอียดหรือร่องรอยของการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา
9. การสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบ	การสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบในแต่ละสถานการณ์ปัญหา	สรุปความรู้ได้ถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์

ตารางที่ 6 นิยามเชิงปฏิบัติการและเกณฑ์การประเมินตามรายการประเมินกระบวนการแก้ปัญหา (ต่อ)

รายการประเมินกระบวนการแก้ปัญหา	นิยามเชิงปฏิบัติการ	เกณฑ์การประเมิน
10. ความสมเหตุสมผลและความถูกต้องของคำตอบ และหน่วยของตัวแปร	การตรวจสอบความสมเหตุสมผลและของคำตอบและหน่วยของตัวแปร	คำตอบและหน่วยของตัวแปรถูกต้องและมีความสมเหตุสมผล

(4) นำเกณฑ์การประเมินที่กำหนดมาสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ 3 ระดับและจากรายการประเมิน 10 รายการและระดับคะแนนที่กำหนด ทำให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ระหว่าง 10 - 30 คะแนน

(5) ดำเนินการสร้างแบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา จากนั้นนำแบบประเมินที่สร้างเสร็จให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมของรายการประเมินและภาษาที่ใช้ รวมถึงความครอบคลุมของเกณฑ์การประเมินตามนิยามเชิงปฏิบัติการของรายการประเมิน แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(6) นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ด้วยการพิจาณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมิน รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนของการใช้ภาษาและความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมิน จากนั้นคัดเลือกรายการประเมินที่มีดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงในศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) แล้วปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) รายการประเมินกระบวนการแก้ปัญหาทั้ง 10 รายการ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินมากกว่า 0.5 ทุกรายการ

2) นิยามเชิงปฏิบัติในรายการที่ 10 ควรระบุใช้ชัดเจนว่าพฤติกรรมใดที่แสดงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

(7) ปรับปรุงรายการประเมินและกำหนดหลักฐานที่ใช้ในการประเมินที่แสดงถึงร่องรอย

ของพฤติกรรม 4 รายการ ดังนี้

1) แผนภาพแบบจำลองทางความคิด คือ แผนภาพที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนสร้างขึ้นระหว่างการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์

2) แผนภาพเวกเตอร์ คือ แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา

3) รายงานผลการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา คือ เอกสารที่ครูจัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนใช้ในการบันทึกคำถามสำคัญของสถานการณ์ปัญหา และความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นข้อสรุปจากผลการอภิปราย การลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาและการสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบในแต่ละสถานการณ์ปัญหา

4) รายงานผลการประเมินคำตอบ คือ เอกสารที่ครูจัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบและหน่วยของตัวแปร

การกำหนดหลักฐานในการประเมินร่องรอยพฤติกรรมของนักเรียนตามรายการประเมินสรุปได้ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 หลักฐานที่ใช้ในการประเมินตามรายการประเมิน

รายการประเมิน	หลักฐานที่ใช้ในการประเมิน
1. แบบจำลองทางความคิด	แผนภาพแบบจำลองทางความคิด
2. การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา	รายงานผลการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา
3. การระบุคำถามสำคัญของปัญหา	
4. การกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร	
5. แผนภาพเวกเตอร์	แผนภาพเวกเตอร์
6. ความสอดคล้องระหว่างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับสมการทางคณิตศาสตร์	รายงานผลการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา
7. ขั้นตอนการแก้ปัญหา	
8. การปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา	
9. การสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบ	

ตารางที่ 7 หลักฐานที่ใช้ในการประเมินตามรายการประเมิน (ต่อ)

รายการประเมิน	หลักฐานที่ใช้ในการประเมิน
10. ความสมเหตุสมผลและความถูกต้องของคำตอบและหน่วยของตัวแปร	รายงานผลการประเมินคำตอบ

(8) นำแบบประเมินที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการอนุรักษ์โมเมนตัมเพื่อตรวจสอบค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (inter-rater reliability) แล้วนำผลคะแนนที่ได้จากการประเมินกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนซึ่งผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนจำนวน 1 ท่าน รวม 2 คน มาหาค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01 ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.89

(9) นำแบบประเมินกระบวนการแก้ปัญหาไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มทดลองเพื่อเก็บข้อมูลระหว่างการทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่องการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น

1.1.2 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดล คือแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาส่วนที่เป็นผลการแก้ปัญหาของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบอัตนัย และใช้สาระฟิสิกส์เรื่องโมเมนตัมและการดลเป็นเนื้อหาในการวัด โดยมีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังต่อไปนี้

(1) ศึกษาและวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของรายวิชา ว 30203 ฟิสิกส์ 3 จากหลักสูตรของโรงเรียนปากคาดพิทยาคม พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดกรอบของสาระที่ใช้ในการออกข้อสอบให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รวมทั้งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และการกำหนดสถานการณ์ปัญหาในแบบวัดโดยอ้างอิงตามแนวคิดของ Pol et al. (2009: 7)

(2) กำหนดโครงสร้างของแบบวัดและออกแบบตามกรอบเนื้อหาที่สอน โดยมีข้อสอบจำนวน 10 ข้อ และกำหนดเวลาในการสอบ 2 ชั่วโมง สำหรับการคัดเลือกสาระในการออกข้อสอบสรุปได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 สาระที่คัดเลือกจำแนกตามหัวข้อเรื่อง

หัวข้อเรื่อง	สาระที่คัดเลือก
1. โมเมนตัม 2. แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	1. การหาขนาดและทิศทางของโมเมนตัม 2. การหาขนาดและทิศทางของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัม 3. การหาขนาดและทิศทางของแรงในการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ
3. การดลและแรงดล	1. การหาขนาดและทิศทางของแรงดล 2. การหาขนาดและทิศทางของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการดลและแรงดล
4. การอนุรักษ์โมเมนตัม 5. การชนและการระเบิดของวัตถุ	การหาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ 1. การชนแบบยืดหยุ่นในหนึ่งมิติ 2. การชนแบบยืดหยุ่นในสองมิติ 3. การชนแบบไม่ยืดหยุ่นในหนึ่งมิติ 4. การชนแบบไม่ยืดหยุ่นในสองมิติ 5. การระเบิดของวัตถุ

(3) ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดล ให้สอดคล้องกับสาระที่คัดเลือก และ สร้างเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนโดยอ้างอิงตามกรอบแนวคิดของ Brackett, Larkin and Reif (1976: 212) ที่ระบุถึงความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ทางฟิสิกส์ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน คือ (1) การบรรยายปัญหา (2) การวางแผน (3) การดำเนินการและ (4) การตรวจสอบ

(4) ศึกษาขั้นตอนการแก้ปัญหา และพฤติกรรมที่ต้องการวัดเพื่อนำไปสู่การกำหนดเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนน ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตัวชี้วัดและพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์

ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	ตัวชี้วัด
1. **การบรรยายปัญหา**	การบรรยายความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยอาศัยการสร้างแผนภาพเวกเตอร์ และการระบุตัวแปร	1. สร้างแผนภาพเวกเตอร์ 2. ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 3. ระบุตัวแปรที่ต้องการค้นหา
2. **การวางแผน**	การกำหนดสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการลำดับขั้นตอนการคำนวณ	4. กำหนดลำดับขั้นตอนการคำนวณ
3. **การดำเนินการ**	การคำนวณตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้	5. กำหนดสมการแทนความ สัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 6. คำนวณค่าของตัวแปร
4. **การตรวจสอบ**	การสรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร	7. สรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร

(5) นำตัวชี้วัดมากำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนน โดยมีระดับคะแนน 4 ระดับ คือ 0, 1, 2 และ 3 คะแนน จากตัวชี้วัด 7 รายการทำให้ระดับคะแนนในแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0-21 คะแนน ดังนั้นแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาจำนวน 10 ข้อมีคะแนนรวมอยู่ในช่วง 0–210 คะแนน ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ระดับคะแนนของตัวชี้วัด

ตัวชี้วัด	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
1. สร้างแผนภาพเวกเตอร์	แผนภาพเวกเตอร์แสดงขนาดทิศทางและความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูก ต้องและครบถ้วน	แผนภาพเวกเตอร์แสดงขนาดทิศทางและความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	แผนภาพเวกเตอร์แสดงขนาด ทิศทางและความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการสร้างแผนภาพเวกเตอร์
2. ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	ระบุตัวแปรที่เกี่ยว ข้องได้ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุตัวแปรที่เกี่ยว ข้องได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ระบุตัวแปรที่เกี่ยว ข้องได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
3. ระบุตัวแปรที่ต้องการค้นหา	ระบุตัวแปรที่ต้อง การค้นหาได้ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุตัวแปรที่ต้อง การค้นหาได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ระบุตัวแปรที่ต้อง การค้นหาได้ไม่ถูก ต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
4. การกำหนดสมการแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรถูกต้องและครบถ้วน	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร

ตารางที่ 10 ระดับคะแนนของตัวชี้วัด (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
5. กำหนดลำดับขั้นตอนการคำนวณ	ลำดับการตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน	ลำดับการตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ลำดับการตอนการแก้ปัญหาได้ไม่ถูก ต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการลำดับขั้น ตอนของการแก้ ปัญหา
6. คำนวณค่าของตัวแปร	คำนวณขนาดของตัวแปรที่ต้องการค้นหาได้ถูกต้องและครบถ้วน	คำนวณขนาดของตัวแปรที่ต้องการค้นหาได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	คำนวณขนาดของตัวแปรที่ต้องการค้นหาได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการคำนวณขนาดของตัวแปรที่ต้องการค้นหา
7. สรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร	สรุปคำตอบและระบุหน่วยได้ถูกต้อง	สรุปคำตอบและระบุหน่วยได้ถูกต้อง	สรุปคำตอบและระบุหน่วยได้ไม่ถูกต้อง	ไม่มีการสรุปคำ ตอบและการระบุหน่วยของคำตอบ

(6) สร้างแบบเฉลยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดล

(7) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดล แบบเฉลยและเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนที่สร้างเสร็จแล้วมาให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องความสอดคล้องของแบบสอบ แบบเฉลยและแบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจสอบภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(8) นำแบบวัดที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ด้วยการพิจาณาความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อคำถามรวมทั้งให้ ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความ

สอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่า หรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli และ Hambleton, 1977 อ้างถึงในศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) ข้อคำถามทั้ง 10 รายการมีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

2) การออกแบบการเฉลยแบบสอบความสามารถในการแก้ปัญหาอาจทำได้โดยการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาเป็นแผนผังเพื่อให้ทราบถึงกระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน นอกจากนี้ข้อสอบบางข้อจำเป็นต้องหาขนาดของตัวแปรอื่น ๆ มาประกอบการหาตัวแปรเป้าหมายซึ่งนักเรียนแต่ละคนอาจสลับขั้นตอนในการค้นหาตัวเหล่านั้น ดังนั้นการเฉลยข้อสอบควรครอบคลุมทุกวิธีการในหาคำตอบ

3) การกำหนดตัวเลขในสถานการณ์ปัญหาแต่ละข้อควรสอดคล้องกับเหตุการณ์จริงเช่น การขว้างลูกเทนนิสให้เคลื่อนที่ของด้วยอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาที ในชีวิตประจำวันไม่สามารถขว้างให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วดังกล่าวได้ นอกจากนี้คำตอบของการแก้ปัญหาควรเป็นตัวเลขที่ลงตัว หรือทศนิยมที่ลงตัว

4) การกำหนดเวลาในการทำข้อสอบ 2 ชั่วโมงโดยมีข้อสอบจำนวน 10 แต่ให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีคิดอย่างละเอียดควรมีการตรวจสอบเวลาที่ใช้จริงก่อนการนำไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

(9) นำแบบวัดที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อ ด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.20-0.80 (Carey, 1988: 254) และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 (Ebel, 1986: 399) ขึ้นไป โดยผลการตรวจสอบคุณภาพข้อสอบรายข้อได้ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.30-0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32-0.54 และตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของครอนบาร์ค ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.91

(10) นำแบบประเมินกระบวนการแก้ปัญหาไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อเก็บข้อมูลหลังการทดลองในส่วนของความสามารถในการแก้ปัญหา

2.2 แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล คือ แบบสอบมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นแบบสอบปรนัยสองตอนจำนวน 20 ใช้ทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการเรียน โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

(1) ศึกษาและวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรฟิสิกส์ และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของรายวิชา ว 30203 ฟิสิกส์ 3 จากหลักสูตรของโรงเรียนปากคาดพิทยาคม พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดกรอบของสาระที่ใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด

(2) สร้างตารางวิเคราะห์ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งหมด 3 ด้าน ตามแนวคิดของ Kandil (2009: 1914-1915) คือ ความรู้ความจำความเข้าใจ และการนำความรู้ไปใช้ สำหรับการคัดเลือกมโนทัศน์ในการออกข้อสอบ สรุปได้ดังตารางที่ 11 และตารางที่ 12

ตารางที่ 11 ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกตามหัวข้อเรื่อง

หัวข้อเรื่อง	**มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล**	**ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด**		
		ความรู้ความจำ	**ความเข้าใจ**	**การนำไปใช้**
1.โมเมนตัม	(1) คำจำกัดความโมเมนตัม		3	1
	(2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อโมเมนตัม			
2.แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	(3) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม			3
	(4) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม			

ตารางที่ 11 ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกตามหัวข้อเรื่อง (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล	ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด		
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้
3.การดลและแรงดล	(5) คำจำกัดความการดล (6) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการดล (7) คำจำกัดความแรงดล (8) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อแรงดล			3
4.กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	(9) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการอนุรักษ์โมเมนตัม	1	1	3
5.การชนและการระเบิดของวัตถุ	(10) คำจำกัดความการชนและการระเบิด (11) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับประเภทของการชน (12) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับลักษณะการชนแบบยืดหยุ่นในหนึ่งมิติและสองมิติ (13) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับลักษณะการชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ในสองมิติ (14) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการระเบิดของวัตถุ		4	1
	รวม	1	8	11

ตารางที่ 12 จำนวนข้อและสัดส่วนน้ำหนักของมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกตามหัวข้อเรื่อง

หัวข้อเรื่อง	**มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล**	**จำนวนข้อ**	**สัดส่วนน้ำหนัก (ร้อยละ)**
1.โมเมนตัม	(1) คำจำกัดความโมเมนตัม (2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อโมเมนตัม	4	20
2.แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	(3) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม (4) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	3	15
3.การดลและแรงดล	(5) คำจำกัดความการดล (6) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการดล (7) คำจำกัดความแรงดล (8) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อแรงดล	3	15
4.กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	(9) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการอนุรักษ์โมเมนตัม	5	25
5.การชนและการระเบิดของวัตถุ	(10) คำจำกัดความการชนและการระเบิด (11) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการชนและการระเบิด (12) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ในหนึ่งมิติ (13) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ในสองมิติ (14) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ในหนึ่งมิติและสองมิติ	5	25
	รวมทั้งหมด	**20**	**100**

(3) สร้างแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์เนื้อหาและระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ จำนวน 20 ข้อ เป็นข้อสอบแบบปรนัยสองตอน (two-tier multiple-choice format) โดยตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา (content question) ตอนที่สองเป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง โดยทั้งสองตอนประกอบด้วยตัวเลือก 4 ตัวเลือก ตามแนวคิดของ Odom and Kelly (2001:616-635)

(4) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลที่สร้างเสร็จแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด รวมทั้งตรวจสอบภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(7) นำแบบสอบที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยพิจาณาความสอดคล้องระหว่างมโนทัศน์ที่ต้องการวัด กับข้อคำถามและระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัดรวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาสมของภาษาที่ใช้ แล้วคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่า หรือเท่ากับ 0.5 และตัดข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 ทิ้ง จากนั้นปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) การปรับการใช้ภาษา การใช้คำถามควรปรับภาษาให้สั้นและกระชับ เช่น คำว่า “วัตถุมีโมเมนตัมเท่ากันทั้งขนาดและทิศทาง” ให้แก้ไขเป็น “วัตถุมีโมเมนตัมเท่ากัน” เนื่องจากโมเมนตัมเป็นปริมาณเวกเตอร์ การเท่ากันของโมเมนตัมจึงเป็นการเท่ากันทั้งขนาดและทิศทางโดยไม่ต้องอธิบาย และให้ตรวจสอบการใช้ภาษาเช่น คำว่า “โมเมนตัม” เป็นปริมาณเวกเตอร์ สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ $\vec{p}$ แต่คำว่า “ขนาดโมเมนตัม” เป็นปริมาณสเกลาร์ดังนั้นสัญลักษณ์ที่ใช้คือ p และแก้ไขคำว่า “ค่าคงที่” เป็น “ค่าคงตัว”

2) การปรับสถานการณ์ หรือ กำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมในข้อสอบบางข้อ เช่น กรณีตัวอย่างการโยนช่อดอกไม้ให้เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ให้เปลี่ยนเป็นลูกเทนนิสเนื่องจากช่อดอกไม้มีกิ่งก้านแผ่กระจายโดยรอบ ผลของแรงต้านอากาศอาจทำให้ช้อดอกไม้หมุน ผลที่เกิดขึ้นจึงอาจไม่สอดคล้องกับตัวเลือกที่กำหนด หรือกรณีโจทย์ข้อ 8 กรณีรถบรรทุกสองคันให้ระบุเงื่อนไขเพิ่มเติมว่า “ภายหลังการชนกองฟาง และการชนกำแพงรถบรรทุกทั้งสองคันมีการเคลื่อนที่อย่างไร”

3) การปรับตัวลวงที่เป็นเหตุผลบางข้อ เนื่องจากเหตุผลเป็นสิ่งที่สนับสนุนให้เกิดสถานการณ์ต่างๆ เช่นหากนักเรียนเลือกคำตอบ “การเคลื่อนที่ของปลาหมึกขณะพ่นน้ำออกมา”

นักเรียนก็จะเลือกเหตุผลว่า “ปลาหมึกและน้ำที่พ่นออกมามีมวลต่างกันทำให้มีโมเมนตัมไม่คงที่” ดังนั้นการกำหนดคำตอบและเหตุผลจึงไม่ควรเป็นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง

(8) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากคาดพิทยาคมซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง แล้วนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบ ด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.36-0.78 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.32-0.68 และตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α- Coefficient) ของครอนบาร์ค ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.82

(9) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อเก็บข้อมูลหลังการทดลองในส่วนของมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ซึ่งมี 2 แบบ ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองและ (2) แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติสำหรับนักเรียนกลุ่มควบคุม โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบครอบคลุมทั้งสาระ จำนวนแผน และจำนวนคาบเรียนที่เท่ากันมีขั้นตอนในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพดังนี้

(1) ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์และการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ รวมถึงศึกษาและวิเคราะห์สาระฟิสิกส์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนคือเรื่องโมเมนตัมและการดล ประกอบด้วย โมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม การดลและแรงดล กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชนและการและการระเบิดของวัตถุ โดยเป็นสาระที่หลักสูตรของโรงเรียนปากคาดพิทยาคม พุทธศักราช 2551 ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ได้กำหนดไว้

(2) จัดสาระเพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 8 แผน จำนวน 24 คาบ สรุปได้ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 จำนวนคาบและสาระตามลำดับแผนการจัดการเรียนรู้

ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้	สาระ	จำนวนคาบ
1	ความหมาย ขนาดและทิศทางของโมเมนตัม	3
2	แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	3
3	การอนุรักษ์โมเมนตัม	3
4	ความหมาย ขนาดและทิศทางของการดล	3
5	ความหมาย ขนาดและทิศทางของแรงดล	3
6	ความหมายและประเภทของการชน	3
7	การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น	3
8	การระเบิดของวัตถุ	3
	รวม	**24**

(3) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามสาระและจำนวนคาบที่กำหนด โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมเพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนการสอนที่เลือกใช้ในแต่ละกลุ่ม ซึ่งกิจกรรมการเรียนการสอนที่แตกต่างกันนี้มาจากผลการเปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ กับการเรียนการสอนฟิสิกส์ด้วยวิธีสอนแบบปกติ สรุปได้ดังตารางที่ 14 และตารางที่ 15

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับการเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์	**การเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ**
1. **ขั้นการเน้นปัญหา** (focus the problem) คือ การกระตุ้นความสนใจโดยใช้สถานการณ์ปัญหาทางฟิสิกส์เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เป็นตัวแทนของปัญหา การระบุคำถามสำคัญ และการทบทวนมโนทัศน์ หลักการ ข้อเท็จจริงทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง	1. **ขั้นนำ** คือการกระตุ้นความสนใจและตรวจ สอบประสบการณ์เดิมของนักเรียน
2. **ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์** (describe the physics) คือ การวิเคราะห์ปัญหาทางฟิกส์ผ่านกิจกรรมการอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อเท็จจริง หลักการและมโนทัศน์เพื่อนำไปสู่การสร้างแผนภาพเวกเตอร์และเชื่อมโยงไปสู่ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ 3. **ขั้นการวางแผน** (plan the solution) คือ การอภิปรายเพื่อกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาการตรวจสอบและลำดับขั้นตอนการใช้ข้อมูลการสร้างทางเลือก ในการแก้ปัญหาและการอภิปรายเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมกับสภาพปัญหา	2. **ขั้นกิจกรรม** คือ การจัดประสบการณ์เรียนรู้แก่นักเรียนโดยใช้การบรรยายการปฏิบัติการทดลองหรือการสืบค้นข้อมูล
4. **ขั้นการดำเนินการตามแผน** (execute the plan) คือ การปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของตัวแปรในสถานการณ์ต่าง ๆ และสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบของปัญหาในแต่ละสถานการณ์ 5. **การประเมินคำตอบ** (evaluate the solution) คือ การอภิปรายเพื่อตรวจสอบและประเมินเกี่ยวกับความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบ และการระบุหน่วยของตัวแปร	3. **ขั้นสรุป** คือ การให้ขั้นนักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาสาระที่ได้จากการสืบสอบไปสู่ข้อสรุปเป็นมโนทัศน์ที่สำคัญของบทเรียน และการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนการสอนของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับการเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์	**การเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ**
1. **ขั้นการเน้นปัญหา** (focus the problem) 1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์ปัญหาหรือเหตุการณ์ต่างๆ ร่วมกับการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน 1.2 นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อเป็นตัวแทนของสถานการณ์ปัญหา พร้อมทั้งระบุคำถามสำคัญของปัญหา 1.3 ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนทบทวนหลักการหรือข้อเท็จจริงทางฟิสิกส์ที่เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา	1. **ขั้นนำ** 1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามหรือยกตัวอย่างเหตุการณ์เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน 1.2 ครูทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนที่ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้
2. **ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์** (describe the physics) 2.1 นักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนมโนทัศน์ หลักการ และข้อเท็จจริงทางฟิสิกส์ที่สอดคล้องกับเหตุการณ์ที่ปรากฏในแบบจำลองทางความคิดเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร 2.2 นักเรียนสร้างแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์ตามความสัมพันธ์ของตัวแปร 2.3 นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์ไปสู่สมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์	2. **ขั้นกิจกรรม** 2.1 ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายก่อนการทำกิจกรรม 2.2 ครูใช้เพื่อให้นักเรียนออกแบบการเก็บรวมรวมข้อมูล หรือการทดลองในกิจกรรมต่าง ๆ 2.3 นักเรียนดำเนินการทำกิจกรรมหรือการทดลองต่าง ๆ

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนการสอนของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับการเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ (ต่อ)

การเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์	**การเรียนการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติ**
3. **ขั้นการวางแผน** (plan the solution) 3.1 นักเรียนตรวจสอบข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหาพร้อมทั้งลำดับขั้นตอนในการใช้ข้อมูล 3.2 นักเรียนร่วมกันอภิปรายแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกวิธีการที่มีความเหมาะสมกับสภาพปัญหามากที่สุด 3.3 ครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน	
4. **ขั้นการดำเนินการตามแผน** (execute the plan) 4.1 นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่วางไว้ รวมทั้งการแทนค่าและการคำนวณตัวแปรต่าง ๆ 4.2 นักเรียนสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบในแต่ละสถานการณ์ปัญหา 5. **การประเมินคำตอบ** (evaluate the solution) 5.1 ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความสมเหตุสมผลและความถูกต้องของคำตอบและการระบุหน่วยของตัวแปร 5.2 นักเรียนตรวจสอบความเรียบร้อยของภาระงานที่ได้รับมอบหมาย	3. **ขั้นสรุป** 3.1 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนด้วยการอภิปรายและใช้คำถาม การเขียนผังมโนทัศน์ 3.2 นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ 3.3 ครูมอบหมายให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในหนังสือเรียน

(4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความเหมาะสมของความชัดเจนของภาษาที่ใช้ตามองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และสื่อการเรียนรู้ รวมทั้ง

พิจารณาความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้กับรูปแบบการเรียนการสอนที่กำหนด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งมีประสบการณ์สอนฟิสิกส์ซึ่งมีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์จำนวน 3 ท่าน (รายนามดังภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณารายละเอียดต่าง ๆ เช่นเดียวกับการตรวจพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษา

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ดังนี้

(1) ปรับการเขียนวัตถุประสงค์ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์โดยให้กำหนดเป็นลักษณะเฉพาะที่เกิดขึ้นในแผนการจัดการเรียนรู้นั้น

(2) ปรับการใช้ภาษาและตรวจสอบให้มีความคงที่ของคำศัพท์ที่ใช้ให้สอดคล้องกันในทุกแผนการจัดการเรียนรู้

(3) ปรับการใช้คำถามให้มีความกระชับ และคำนึงถึงลำดับของการใช้คำถาม โดยคำถามที่ต้องการให้นักเรียนสังเกตควรมาก่อนคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ข้อมูลจากการสังเกตมาเป็นส่วนหนึ่งของการตอบคำถาม

(4) ปรับสื่อรู้ในบางกิจกรรมให้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา อุปกรณ์ที่มีขั้นตอนการใช้ที่ซับซ้อนควรอธิบายวิธีใช้และคำนึงถึงความปลอดภัยของนักเรียน

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยเตรียมนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนการทดลองสอน โดยมีการทดสอบมโนทัศน์พื้นฐานก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ใช้เวลา 2 คาบเรียน จากนั้นแนะนำวิชาเรียน ชี้แจงจุดประสงค์ วิธีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ใน 2 ประเด็น คือ (1) ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์และ (2) บทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอน

4.2 การดำเนินการทดลองสอนและการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์และดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบ โดยดำเนินการทดลองตั้งแต่วันที่ 6 กรกฎาคม 2554 ถึง วันที่ 8 กันยายน 2554 เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์รวมทั้งสิ้น 24 คาบ คาบละ 50 นาที โดยระหว่างการดำเนินการทดลองสอน ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเรียนเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในส่วนของกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองในคาบที่ 21 แผนการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 7 เรื่องการชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

หลังการดำเนินการทดลองครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองกับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ด้วยการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าสถิติสำเร็จรูปดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

(1) หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละเลขคณิต ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบสอบความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

(1) หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละเลขคณิต ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนมโนทัศน์พื้นฐาน และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอนตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหา

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหา

การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจาก 2 แหล่งคือ (1) การประเมินกระบวนการแก้ปัญหาและ (2) การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) **การประเมินกระบวนการแก้ปัญหา** เป็นการสังเกตจากพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลอง ในการเรียนคาบที่ 21 เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น ซึ่งมีคะแนนเต็ม 30 คะแนน ผลแสดงดังตารางที่ 16

(2) **การวัดความสามารถในการแก้ปัญหา** เป็นการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมภายหลังเสร็จสิ้นการทดลอง ด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดล ซึ่งเป็นแบบสอบอัตนัยจำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 210 คะแนน จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ได้ผลแสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนเฉลี่ยกระบวนการแก้ปัญหาและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลอง

คะแนน	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$
กระบวนการแก้ปัญหา	23.78	2.71	79.27
ความสามารถในการแก้ปัญหา	159.67	20.54	76.03

จากตารางที่ 16 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยกระบวนการแก้ปัญหาเท่ากับ 23.78 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 79.27 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเท่ากับ 159.67 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 76.03

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา		t
	$\bar{x}$	S.D.	
กลุ่มทดลอง	159.67	20.54	1.91*
กลุ่มควบคุม	141.69	19.08	

*P < .05 (one-tailed Independent t-test)

จากตารางที่ 17 แสดงว่าภายหลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยพิจารณาในแต่ละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การบรรยายปัญหา (2) การวางแผน (3) การดำเนินการ และ (4) การตรวจสอบ ซึ่งมีคะแนนเต็มเท่ากับ 90, 30, 60 และ 30 คะแนนตามลำดับ ได้ผลการเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ขั้นตอนการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		t
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
1. การบรรยายปัญหา	70.25	8.45	59.66	10.07	2.40*
2. การวางแผน	23.28	3.45	20.68	2.43	1.81*
3. การดำเนินการ	44.97	6.19	42.71	5.50	0.81
4. การตรวจสอบ	21.22	3.83	18.32	2.69	1.82*

*P < 0.05 (one-tailed Independent t-test)

จากตารางที่ 18 แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการบรรยายปัญหา การวางแผน และการตรวจสอบสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ในด้านการดำเนินการนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

การวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล เป็นการทดสอบมโนทัศน์ของนักเรียนทุกคนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล ซึ่งมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน โดยมีการทดสอบมโนทัศน์พื้นฐานของการเรียนรู้เรื่องโมเมนตัมและการดลก่อนการทดลอง และทดสอบมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลหลังเสร็จสิ้นการทดลองได้ผลดังตารางที่ 19-21

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนมโนทัศน์พื้นฐานและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

คะแนน	กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม		
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.
มโนทัศน์พื้นฐาน	9.53	1.44	47.65	9.47	1.36	47.35
มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล	15.14	1.25	75.70	14.03	1.29	70.15

จากตารางที่ 19 แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์พื้นฐานเท่ากับ 9.53 และ 9.47 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 47.65 และ 47.35 ตามลำดับ และมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลเท่ากับ 15.14 และ 14.13 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.70 และ 70.15 ตามลำดับ

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนมโนทัศน์พื้นฐานและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

คะแนน	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		t
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
มโนทัศน์พื้นฐาน	9.53	1.44	9.47	1.36	0.13
มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล	15.14	1.25	14.03	1.29	1.84*

*P < 0.05 (one-tailed Independent t-test)

จากตารางที่ 20 แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์พื้นฐานไม่แตกต่างกัน และมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เรื่องเมนตัมและการดลในแต่ละหัวข้อเรื่องระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมได้แก่ (1) โมเมนตัม (2) แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม (3) การดลและแรงดล (4) การอนุรักษ์โมเมนตัมและ (5) การชนและการระเบิดของวัตถุ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 4, 3, 3, 5 และ 5 คะแนนตามลำดับ ได้ผลดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t) ของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลตามหัวข้อเรื่องระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

หัวข้อเรื่อง มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม		t
	$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D	
1. โมเมนตัม	2.92	0.55	2.63	0.60	1.05*
2. แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	2.36	0.54	2.23	0.43	0.57
3. การดลและแรงดล	2.22	0.49	1.94	0.42	1.30*
4. การอนุรักษ์โมเมนตัม	3.72	0.74	3.34	0.69	1.12*
5. การชนและการระเบิดของวัตถุ	3.92	0.70	3.89	0.47	0.11

*P < 0.05 (one-tailed Independent t-test)

จากตารางที่ 21 แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลในหัวข้อเรื่อง โมเมนตัม การดลและแรงดล และการอนุรักษ์โมเมนตัมสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ในหัวข้อเรื่อง แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม และการชนและการระเบิดของวัตถุ นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ (2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ (3) ศึกษามโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์และ (4) เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลระหว่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์กับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนปากคาดพิทยาคม จังหวัดบึงกาฬ ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ (1) แบบประเมินกระบวนการแก้ปัญหา และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและ (2) แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล ระยะเวลาในการทดลอง 10 สัปดาห์รวม 24 คาบ คาบละ 50 นาที โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้คือ (1) การวัดโนทัศน์พื้นฐานก่อนการทดลอง (2) การประเมินกระบวน การแก้ปัญหาระหว่างการทดลองและ (3) การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาเท่ากับ 76.03 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลเท่ากับ 75.70 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4. นักเรียนที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่าการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ การนำเสนอผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ผลของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและ 2) ผลของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

1. ผลของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาเท่ากับ 76.03 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Huffman (1997) และงานวิจัยของ Gok และ Silay (2010) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

(1) นักเรียนมีการฝึกฝนการแก้ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ โดยมีครูเป็นผู้ช่วยในการให้คำแนะนำเกี่ยวกับความถูกต้องเหมาะสมของความรู้ และกระบวนการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนทราบข้อดีและข้อจำกัดของตนเองที่นำไปสู่การพัฒนาการแก้ปัญหาในครั้งต่อไป และมีประสบการณ์ในการวิเคราะห์ปัญหาอันเกิดจากการฝึกฝนทำให้ทราบถึงความรู้และ

กระบวนการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนักการศึกษาที่ว่า การจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์เป็นกลวิธีที่ดีที่สุดในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียน และวิธีการดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อนักเรียนได้รับการฝึกฝนการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลาย (De Corte, 2004: 279; Pol et al., 2008: 410) โดยมีการดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การวิเคราะห์ข้อมูล การวางแผน การดำเนินการแก้ปัญหาและการตรวจสอบการแก้ปัญหาเพื่อให้ทราบถึงความรู้และวิธีการใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่มีความซับซ้อน หรือมีเงื่อนไขแตกต่างจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน (Pol et al. 2008: 410)

(2) ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ทำให้นักเรียนทุกคนทราบถึงความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ โดยในระหว่างการเรียนการสอนนักเรียนมีการอภิปรายตรวจสอบความรู้เพื่อนในกลุ่มและการตรวจสอบกับครูผู้สอนเพื่อให้มีความรู้ (Heller et al., 1992: 627) นำไปสู่กระบวนการใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ ผ่านกิจกรรมที่ฝึกฝนให้นักเรียนมีการวางแผน การลำดับขั้นตอนการใช้ความรู้ การดำเนินการ การตรวจสอบ และการประเมินการแก้ปัญหา ดังนั้นเมื่อผ่านขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ดังกล่าวนักเรียนทุกคนจะทราบถึงความรู้และกระบวนการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ในสถานการณ์ต่างๆ ที่มีเงื่อนไขแตกต่างได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับข้อค้นพบจากงานวิจัยของนักการศึกษาซึ่งพบว่า นักเรียนที่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ต้องมีความรู้ทางฟิสิกส์และสามารถนำความรู้ดังกล่าวในใช้สถานการณ์ใหม่ได้ (Chi, Feltovich and Glaser, 1981: 121; Portoles and Lopez: 2008: 106)

(3) การจัดกิจกรรมในระหว่างการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้การแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลาย มีความท้าทายและสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งมีส่วนช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจ และมีความใส่ใจในการจัดกระทำและนำเสนอสถานการณ์ปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การสร้างแบบจำลองทางความคิด การสร้างแผนภาพเวกเตอร์ และนำไปสู่การวางแผนและการดำเนินการอย่างเป็นระบบ ข้อมูลต่างๆ ที่นักเรียนรับมาจึงได้รับการจัดกระทำก่อนการจัดเก็บในหน่วยความจำทำให้การเรียกใช้ความรู้และข้อมูลต่างๆ ในภายหลังของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีประสิทธิภาพและมีความคงทนของความรู้มากขึ้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎี

กระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล ที่เน้นสร้างความรู้จากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมภายนอกกับความใส่ใจของบุคคลในการเลือกรับข้อมูลในการสร้างความรู้ โดยเมื่อบุคคลรับสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้ามาผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 จะมีการประมวลผลในเบื้องต้นเพื่อบันทึกข้อมูลในความจำระยะสั้น และอาศัยกลวิธีต่างๆ เพื่อทำให้ข้อมูลเหล่านั้นมีความหมาย และเมื่อบุคคลคลมีความใส่ใจและเข้ารหัสข้อมูลก็จะได้รับการประมวลผลก็จะถูกเก็บไว้ในความจำระยะยาว ซึ่งเป็นความจำที่มีความคงทนของความรู้และการเรียกใช้ความรู้ในภายหลัง (Klausmeier, 1985 :52-108; Huffman, 1997: 552-554; Jonessen, 2009: 19)

2. ผลของการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลเท่ากับ 75.70 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 แต่ผลการวิจัยดังกล่าวไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Huffman (1997) คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

(1) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ มีขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความรู้ความเข้าใจทางฟิสิกส์ โดยในระหว่างการเรียนการสอนนักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ในเนื้อหาทางฟิสิกส์ ทั้งในส่วนของข้อเท็จจริงทางฟิสิกส์ หลักการ และมโนทัศน์ ช่วยให้เกิดการสะท้อนความคิดและทราบได้ถึงระดับความรู้ของตนเอง นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบความรู้ดังกล่าวระหว่างนักเรียนและกับครู ทำให้นักเรียนที่อ่อนสามารถปรับระดับความรู้ของตนเอง ขณะเดียวกันหากนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องก็จะนำไปสู่การศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมและการอภิปรายเพื่อให้ได้ของสรุปที่ถูกต้อง ดังนั้นในแต่ละขั้นตอนการเรียนการสอนนักเรียนทุกคนจึงมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางฟิสิกส์

(2) กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกฝนการใช้มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ในสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลายและมีเงื่อนไขที่แตกต่างกัน เพื่อนำไปสู่การอภิปรายตรวจสอบความรู้เดิม และเชื่อมโยงความรู้ดังกล่าวกับความรู้ที่ได้รับจากการจัดประสบการณ์ในห้องเรียนซึ่งอาจไม่สอดคล้องกัน ทำให้นักเรียนต้องปรับความรู้ดังกล่าวเพื่อสรุปเป็นมโนทัศน์ที่มีความถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ซึ่งมีแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างความรู้ผ่านกระบวนการคิดโดยมีการจัดสภาพการณ์ให้บุคคลเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น ซึ่งเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม บุคคลต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมและสร้างเป็นความรู้ใหม่

ข้อเสนอแนะ

จากการนำรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ไปทดลองใช้ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. **ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้**

การเรียนการสอนโดยใช้ความรู้เชิงกลยุทธ์เป็นกลวิธีที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ ครูวิทยาศาสตร์สามารถนำการเรียนการสอนดังกล่าวไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยควรมีการเตรียมตัวในด้านต่างๆ ได้แก่ การเตรียมเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับการเรียนการสอน การเตรียมสถานการณ์ปัญหาที่มีความหลากหลายในรูปข้อความเพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยอาจจัดเตรียมเป็นเอกสารประกอบการเรียนรู้ และการเตรียมคำถามในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคำตอบในแต่ละสถานการณ์เพื่อสรุปเป็นความรู้ใหม่ เป็นต้น นอกจากนี้ในการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านการตรวจสอบการแก้ปัญหาของนักเรียนมีคะแนนต่ำที่สุด ดังนั้นในระหว่างการเรียนการสอนครูควรตรวจสอบในขั้นตอนดังกล่าวของนักเรียนมากขึ้นและอาจนำกลวิธีต่างๆ มาประกอบเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถตรวจสอบการแก้ปัญหาของตนเองได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในระหว่างขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์ นักเรียนมีการฝึกฝนการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้กลวิธีต่างๆ มาช่วยในการสื่อสารสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปข้อความให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น ได้แก่ การสร้างแบบจำลองทางความคิด แผนภาพเวกเตอร์ รวมถึงการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้และกระบวนการทางฟิสิกส์ แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้ อันได้แก่ ความมีเหตุผล ทักษะกระบวนการ เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาตัวแปรดังกล่าว เพื่อให้ครอบคลุมเป้าหมายของการเรียนการสอนสาระวิทยาศาสตร์

2.2 ข้อค้นพบประการหนึ่งจากการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนที่ไม่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จะไม่มีการปฏิบัติในขั้นการดำเนินการแก้ปัญหาซึ่งประกอบด้วยการเขียนสูตรหรือสมการ และการแทนค่าตัวแปรซึ่งทำให้นักเรียนได้รับคะแนนในส่วนนี้น้อย พิจารณาได้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในด้านการดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนที่เรียนโดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์มีคะแนนในด้านนี้ไม่แตกต่างกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเกี่ยวกับสาเหตุที่นักเรียนไม่สามารถปฏิบัติในขั้นตอนดังกล่าวได้ เพื่อนำไปสู่การหาแนวทางในการช่วยเหลือนักเรียนให้สอดคล้องกับปัญหาของนักเรียนแต่ละคน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, สถาบัน. (2554). **ผลการสอบวัดคุณภาพระดับชาติ**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.niets.or.th/ [30 มกราคม 2555]

ทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, สถาบัน. (2553). **วิกฤตการศึกษาไทย**. กรุงเทพ: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. (2545). **กระบวนการเรียนรู้: ความหมาย แนวทางการพัฒนาและปัญหาข้องใจ**. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ทิศนา แขมมณี. (2552). **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรชัย ปูรณโชติ. (2537). **ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. (2546). กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์.

พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ อักษร A-Lฉบับราชบัณฑิตยสถาน. (2551). กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ยินดีสุข. (2548) **วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป**. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ฟิสิกส์ไทย, สมาคม. (2551). เวลาเปลี่ยน..คะแนนฟิสิกส์เธอเปลี่ยน..ช่างกระไร ใครหนอใครทำ? (ผลการเรียนฟิสิกส์ระดับมหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 ในช่วงการเปลี่ยนแปลงระบบการรับเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย). **วารสารฟิสิกส์ไทย** 25 (กันยายน-พฤศจิกายน 2551): 19-24.

เลขาธิการสภาการศึกษา, สำนักงาน. (2554). **ทิศทางการศึกษาไทยในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน**.[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.suratham.ac.th/pdf_file/ASEAN%202015_ONEC.pdf [30 มกราคม 2555]

เลขาธิการสภาการศึกษา, สำนักงาน. (2552). **สภาวการณ์การศึกษาไทยในเวทีโลก พ.ศ. 2550**. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

เลขาธิการสภาการศึกษา, สำนักงาน. (2553). **สมรรถนะการศึกษาไทยในเวทีสากล พ.ศ. 2552**. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). **การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ**. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วิชาการ, กรม. (2539). **การพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ**. กรุงเทพ: สำนักทดสอบทางการศึกษา.

วิชาการ, กรม. (2545). **แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียน ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544**. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

วีรชาติ สวนไพรินทร์. (2531). **การสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิธร วิทยะสิรินันท์, ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). ทฤษฎีและแนวคิดร่วมสมัยเกี่ยวกับการคิดจากประเทศซีกโลกตะวันตก. ใน ทิศนา แขมมณีและคณะ, **วิทยาการด้านการคิด**, หน้า 26-71. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). **ทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2545). **มาตรฐานครูวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2544). **จิตวิทยาการศึกษา**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., and Pelletier, R. (1995). Cognitive Tutors: Lessons Learned. **The Journal of the Learning Sciences** 4: 167-207.

Ausubel,D. P. (1968). **Educational psychology: A cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Bagno, E., and Eylon. (1997). From Problem solving to a Knowledge Structure: An Example from The Domain of electromagnetism, **American Journal of Physics** 65: 726-739.

Brackett, G.C., Larkin, J., and Reif, F. (1976). Teaching General Learning and Problem Solving Skills. **American Journal of Physics** 44: 212-217.

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

Carey, L.M. (1988). **Measuring and Evaluating School Learning**. Massachusetts: Allyn and Bacon.

Charles, G.M. (1993). **Psychology: An Introduction**. 8th ed. New Jersey: Prentic-Hall.

Chi, M.T.H., Feltovich, P.J. and Glasner, R. (1981). Categorization and Representation of Physics Problem by Expert and Novices. **Cognitive Science** 5: 121-152.

Cruickshank, D.R. et al. (1995). **The Act of Teaching**. 5th ed. New York: McGraw-Hill.

De Cecco,J.P. (1986). **The Psychology of Learning and Instruction: Education Psychology**. New Jersey: Prentice Hall.

De Corte, E. (2004). Mainstreams and Perspectives in Research on Learning (Mathematics) from Instruction. **Applied Psychology: An International Review** 53: 279-310.

De Jong, T., and Ferguson-Hessler, M.G.M. (1986). Cognitive Structures of Good and Poor novice Problem Solvers in Physics. **Journal of Education Psychology** 78: 279-288.

De Jong, T., and Ferguson-Hessler, M.G.M. (1990). Studying Physics Texts: Differences in Study Process Between Good and Poor Performers. **Cognition and Instruction** 7: 41-54.

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

Ebel, R.L. (1986). **Essential of Education Measurement**. 2nd ed. New Jersey: Prentic-Hall.

Erdemir, N. (2009). Determining Students' Attitude Towards Physics Through Problem Solving Strategy. **Science Learning and Teaching** 10: 1-20.

French, A.P. (1998). **The Nature of Physics**. Cambridge, MA: Harvard University Press.

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

Gok, T. (2010). **Problem Solving Strategies**. [Online]. Available from: http://pdfcatch.net/ebook/ problem+physics/ [July 24, 2010]

Goldstein, J.J. (1949). "Thinking can be learn". **Education Leadership** 6: 233-239.

Good, C.V. (1973). **Dictionary of Education**. New York: Mc Graw-Hill.

Graham, T. and Berry, J. (1996). A Hierarchical Model of The Development of Student Understanding of Momentum. **International Journal of Science Education** 18: 75-89.

Hacker, D.J., Dunlosky, J., and Graesser, A.C. (2009). **Handbook of Metacognition in Education**. New York: Routledge.

Heller, P., and Reif, F. (1982). Preccribing Effective Human Problem-solving processes: Problem descriptions in Physics. **Cognition and Instruction** 1: 177-216.

Heller, P. et al. (1992). Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 1: Group versus Individual Problem Solving. **American Journal of Physics** 60: 627-636.

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

Hollabaugh, M. (1997). **Physics Problem Solving in Cooperative Learning Groups**. Unpublished doctor's thesis. University of Minnessota.

Huffman, D. (1997). Effect of Explicit Problem Solving Instruction on High School Students' Problem Solving Performance and Conceptual Understanding of Physics. **Journal of Research in science teaching** 34: 551-570.

International Institute for Management Development. (2011). **World Competitiveness Yearbook 2011**. Switzerland: Lausanne.

Jacobson, D. et al. (1985). **Methods for Teaching: A Skill Approach**. 2nd ed. Ohio: Merrill

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

Jonassen, D.H. (1992). Evaluating Constructivist Learning. In J.H. Duffy (ed.), **Constructivism and the Technology of Instruction,** pp.137-147. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Jonassen, D.H. (2009). **What do Humans Learn**. New Jersey: Prentice Hall.

Kandil, I.S. (2009) Analysing Concept Maps as an Assessment Tool in Teaching Physics and Comparision with the Achievement Tests. **International Journal of Science Education** 14: 1897-1915.

Klausmeier, H.J. (1985) . **Edccational Psychology**. 5thed. New York: Harper and Row.

Krulik, S. and Rudnick, J.A. (1996**). The New Sourcebook for Teaching Reasoning and Problem Solving in Junior and Senior High School**. Boston: Allyn and Bacon.

Larkin, J.H. and Reif, F. (1979). Understanding and Teaching Problem Solving in Physics. **Eurpean Journal of science Education** 1: 191-203.

Lawson, A.E. et al. (2000). What Kinds of Scientific Concepts Exist? Concept Construction and intellectual development in college biology. **Journal of Research in Science Teaching** 9: 996-1018.

Llewellyn, D. (2005). **Teaching Hight School Science Through Inquiry: A Case Study Approach.** California: Corwin Press.

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

Mayer,R.E. and Wittrock, M.C. (2006). Problem Solving. In P.A. Alexander and P.H. Winne (Eds.), **Handbook of Educational Psychology**, pp. 287-294. New Jersey: Prentice Hall.

Mayer, R. E. (2008). **Learning and Instruction**. New Jersey: Prentice Hall.

McDermott, L. and Lawson, R. (1987). Student Understanding of the Work-Energy and Inpulse-Momentum Theorems. **American Journal of physics** 55: 811-817.

Mclnerney, D.M. and Mclnerney, V. (2002). **Education Psychology: Constructing Learning**. 3rd ed, Australia: Peason Education Australia.

Morgan, A. (1978). **Empowering Parents and Teachers: working for Children**. London: University of London Press.

Newell, A. (1990). **Unified Theories of Cognition**. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Nitko, J.A. (2007). **Educational Assessment of Students.** 5thed. New Jersey: Pearson Merrill Prentice Hall.

Odum, A.L. and Kelly, P.V. (2001). Integrating Concept Mapping and The Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concept to High School Biology Student. **Science Education** 85: 615-635.

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

Pol, H. et al. (2008). The Effect of Hints and Model Answers in a Student-Controlled Problem-Solving Program for Secondary Physics Education.**Journal of Science Education and Technology** 17: 410-425.

Pol, H., Harskamp, E., and Suhre, C. (2005). The Solving of physics Problems: Computer Assisted Instruction. **International Journal of Science Education** 27: 451-469.

Portoles, J.J.S. and Lopez, V.S. (2008). Types of Knowledge and their Relation to Problem Solving in Science: Direction for Practice. **Education Science Journal** 6: 105-112.

Posner, M.I. and McLeod, P. (1982). Informatiom Processing Models in Search of Elementary Operations. **Annual Review of Psychology** 33: 477-514.

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

Sekercioglu, A.G. and Kocakulah, M.S. (2008). Grade 10 Students' Misconceptions about Impulse and Momentum. **Journal of Turkish Science Education** 5: 47-60.

Shavelson. R.J., Ruiz-Primo, M.A., Wiley, E.W. (2005). Window into The Mind. **Higher Education** 49: 413-430.

Singh, C., and Rosengrant, D. (2003). Multiple-Choice Test of Energy and Momentum Concepts. **American Journal of physics** 71: 607-617.

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

Speiser, D. (2003). **The Importance of Concepts for Science**. Meccanica, 38, 483-492.

Stadler, H. et al. (2000). Do Boys and Girls Understand Physics Differently? **Physics Education** 35: 417-422.

Sternburg, R.J. (1986). Problem solving: The Process Games in Science Teaching. **Science Teacher** 23: 41-78.

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

Woodfolk, A.E. (1995**). Education psychology**. 6th ed. Ohio: A Simon and Schuster.

Zoher, A., and Peled, B. (2008). The explicit teaching of metastrategic knowledge on low and high achieving student. **International Journal of Science Education** 18: 337-353.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ศรีสอาด	อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ สุรสิงห์ นิรชร	อาจารย์โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
3. ครูสมพร วัฒนเวคิน	ครูโรงเรียนหอวัง

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

1. อาจารย์ ดร.สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ ดร.บุรินทร์ อัศวภิภพ	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ครูสุมิตร สวนสุข	ครูโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นคร ไพศาสกิติสกุล	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ ดร.นฤมล สุวรรณจันทร์ดี	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ครูวิเชียร วัฒนวิกรรม	ครูโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
   1.1 แบบประเมินกระบวนการแก้ปัญหา
   1.2 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดล
2. แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

แบบประเมินกระบวนการแก้ปัญหา

วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การชนของวัตถุแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554
วันที่ประเมิน.....

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไป
ชื่อ-นามสกุล ผู้ได้รับการประเมิน.....

<u>ส่วนที่ 2</u> ประเมินกระบวนการแก้ปัญหาจากการสังเกตระหว่างพฤติกรรมระหว่างเรียน
โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องคะแนน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			สรุปคะแนน	หมายเหตุ
	3	2	1		
1. แบบจำลองทางความคิด					
2. การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา					
3. การระบุคำถามของปัญหา					
4. การกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร					
5. แผนภาพเวกเตอร์					
6. ความสอดคล้องระหว่างความสัมพันธ์ของตัวแปรกับสมการทางคณิตศาสตร์					
7. ขั้นตอนการแก้ปัญหา					
8. การปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด					
9. การสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบ					
10. ความสมเหตุสมผลและความถูกต้องของคำตอบและหน่วยของตัวแปร					

คะแนนเต็ม 30 คะแนน
รวม_____คะแนน คิดเป็นร้อยละ_____

เกณฑ์การประเมินกระบวนการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. แบบจำลองทางความคิด	สร้างแผนภาพที่เป็นตัวแทนสถานการณ์ได้และสอดคล้องกับเหตุการณ์	สร้างแผนภาพที่เป็นตัวแทนสถานการณ์แต่ไม่สอดคล้องกับเหตุการณ์	ไม่มีการสร้างแผนภาพที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์
2. ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	ระบุรายการตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุรายการตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องหรือครบถ้วน อย่างใดอย่างหนึ่ง	ไม่มีการระบุรายการตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
3. ระบุคำถามของปัญหา	ระบุคำถามของปัญหาได้ถูกต้อง	ระบุคำถามของปัญหาได้ไม่ถูกต้อง	ไม่มีการระบุคำถามของปัญหา
4. กำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร	กำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้องและครบถ้วน	กำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ไม่มีการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร
5. สร้างแผนภาพเวกเตอร์	สร้างแผนภาพเวกเตอร์ที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้องและครบถ้วน	สร้างแผนภาพเวกเตอร์ที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ไม่มีการสร้างแผนภาพเวกเตอร์

เกณฑ์การประเมินกระบวนการแก้ปัญหา (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ระดับคะแนน		
	3	2	1
6. ระบุสมการทางคณิตศาสตร์	ระบุสูตรหรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความถูกต้องและสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของตัวแปร	ระบุสูตรหรือสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความถูกต้องหรือสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของตัวแปร	ไม่มีการระบุสูตรหรือสมการทางคณิตศาสตร์
7. ลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา	แสดงการลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาครบถ้วน	มีลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาแต่ไม่ครบถ้วน	ไม่มีลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
8. ปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา	แสดงรายละเอียดหรือร่องรอยของการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา	แสดงรายละเอียดหรือร่องรอยของการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหาแต่ไม่ครบถ้วน	ไม่มีรายละเอียด หรือร่องรอยของการปฏิบัติตามขั้นตอนการแก้ปัญหา
9. การสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบ	สรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบได้อย่างถูกต้อง	สรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบได้ไม่ถูกต้อง	ไม่มีการสรุปความรู้จากการเชื่อมโยงคำตอบ
10. ความสมเหตุสมผลและความถูกต้องของคำตอบและหน่วยของตัวแปร	คำตอบและหน่วยของตัวแปรมีความถูกต้องและสมเหตุสมผล	คำตอบและหน่วยของตัวแปรมีความถูกต้องหรือสมเหตุสมผลอย่างใดอย่างหนึ่ง	ไม่มีการแสดงคำตอบและหน่วยของตัวแปร

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดล

หน้าที่ 1

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดชุดนี้มี ทั้งหมด 11 หน้า จำนวนข้อสอบ 10 ข้อ
คะแนนเต็ม 210 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 120 นาที

2. ข้อสอบทุกข้อเป็น<u>แบบอัตนัย</u> ให้นักเรียนอ่านคำถามแล้วแสดงวิธีทำอย่างละเอียดดังนี้

1) สร้างแผนภาพเวกเตอร์ที่แสดงสถานการณ์ปัญหาพร้อมทั้งระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องและตัวแปรที่ต้องการหาคำตอบ
2) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ลำดับขั้นตอนการการแก้ปัญหา
3) ดำเนินการแก้ปัญหา การกำหนดสมการและการคำนวณคำตอบ
4) สรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร

3. ให้นักเรียนส่งข้อสอบและกระดาษคำตอบเมื่อหมดเวลา

ตัวอย่างสถานการณ์

1. **จงพิจารณาสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้**

วิศวกรประจำสวนสนุกแห่งหนึ่งออกแบบเครื่องเล่นรถไฟ และรางรถไฟ โดยรางทำจากวัสดุสเตนเลสที่สามารถทนต่อแรงเฉลี่ยของรถไฟได้สูงสุดไม่เกิน 60 นิวตัน และตัวรถไฟมีมวล 3,400 กิโลกรัม ในแต่ละรอบของการแสดงรถไฟใช้เวลา 3 นาที และถูกขับเคลื่อนให้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็ว 2 เมตรต่อวินาที

จากการออกแบบของวิศกรท่านนี้ ให้นักเรียนพิจารณาว่าการแสดงในแต่ละรอบโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้เล่น รถไฟสามารถรับผู้โดยสารได้สูงสุดกี่กิโลกรัม

2. **จงพิจารณาสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้**

ในการประกอบของเล่นชนิดหนึ่งซึ่งทำจากไม้เนื้อแข็ง 2 ชิ้นที่มีแรงต้านเฉลี่ยและความหนาเท่ากันคือ 1,000 นิวตัน 0.4 เซนติเมตร โดยช่างไม้ต้องประกบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันและต้องตอกตะปูให้ลึกลงในเนื้อไม้อย่างน้อยที่สุด 0.6 เซนติเมตร จะประกอบชิ้นส่วนของเล่นได้สำเร็จโดย เขาเลือกใช้ค้อนและตะปูซึ่งมีมวล 200 กรัม และ 2 กรัม ตามลำดับ โดยตอกตะปูลงในเนื้อไม้ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาทีและหลังการตอกค้อนไม่กระดอนออกจากตะปู

จากการประกอบของเล่นชนิดนี้ ให้นักเรียนพิจารณาช่างไม้ประกอบของเล่นได้สำเร็จหรือไม่ อย่างไร

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดล

ตัวชี้วัด		ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1.	สร้างแผนภาพเวกเตอร์	แผนภาพเวกเตอร์แสดงขนาด ทิศทางและความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้องและครบถ้วน	แผนภาพเวกเตอร์แสดงขนาด ทิศทางและความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	แผนภาพเวกเตอร์แสดงขนาด ทิศทางและความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการสร้างแผนภาพเวกเตอร์
2.	ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
3.	ระบุตัวแปรที่ต้องการค้นหา	ระบุตัวแปรที่ต้องการค้นหาได้ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุตัวแปรที่ต้องการค้นหาได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ระบุตัวแปรที่ต้องการค้นหาได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
4.	การกำหนดสมการแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรถูกต้องและครบถ้วน	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัม และการดล (ต่อ)

ตัวชี้วัด		ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
5.	กำหนดลำดับขั้นตอนการคำนวณ	ลำดับการตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน	ลำดับการตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	ลำดับการตอนการแก้ปัญหาได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหา
6.	คำนวณค่าของตัวแปร	คำนวณขนาดของตัวแปรที่ต้องการค้นหาได้ถูกต้องและครบถ้วน	คำนวณขนาดของตัวแปรที่ต้องการค้นหาได้ถูกต้องหรือครบถ้วนอย่างใดอย่างหนึ่ง	คำนวณขนาดของตัวแปรที่ต้องการค้นหาได้ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	ไม่มีการคำนวณขนาดของตัวแปรที่ต้องการค้นหา
7.	สรุปคำตอบและหน่วยของตัวแปร	สรุปคำตอบและระบุหน่วยได้ถูกต้อง	สรุปคำตอบและระบุหน่วยได้ถูกต้อง	สรุปคำตอบและระบุหน่วยได้ไม่ถูกต้อง	ไม่มีการสรุปคำตอบและการระบุหน่วยของคำตอบ

ตารางที่ 22 ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด และมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกตามหัวข้อเรื่อง

หัวข้อเรื่อง	มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล	ระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด		
		ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้
1.โมเมนตัม	(1) คำจำกัดความโมเมนตัม		3	1
	(2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อโมเมนตัม			
2.แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	(3) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม			3
	(4) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม			
3.การดลและแรงดล	(5) คำจำกัดความการดล			3
	(6) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการดล			
	(7) คำจำกัดความแรงดล			
	(8) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อแรงดล			
4.การอนุรักษ์โมเมนตัม	(9) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการอนุรักษ์โมเมนตัม	1	1	3
5.การชนและการระเบิดของวัตถุ	(10) คำจำกัดความการชนและการระเบิด		4	1
	(11) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับประเภทของการชน			
	(12) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับลักษณะการชนแบบยืดหยุ่นในหนึ่งมิติและสองมิติ			
	(13) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับลักษณะการชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ในสองมิติ			
	(14) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการระเบิดของวัตถุ			
	รวม	1	8	11

ตารางที่ 23 จำนวนข้อและสัดส่วนน้ำหนักของมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดลจำแนกตามหัวข้อเรื่อง

หัวข้อเรื่อง	มโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล	จำนวนข้อ	สัดส่วนน้ำหนัก (ร้อยละ)
1.โมเมนตัม	(1) คำจำกัดความโมเมนตัม (2) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อโมเมนตัม	4	20
2.แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	(3) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม (4) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	3	15
3.การดลและแรงดล	(5) คำจำกัดความการดล (6) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการดล (7) คำจำกัดความแรงดล (8) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อแรงดล	3	15
4.กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	(9) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการอนุรักษ์โมเมนตัม	5	25
5.การชนและการระเบิดของวัตถุ	(10) คำจำกัดความการชนและการระเบิด (11) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการชนและการระเบิด (12) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ในหนึ่งมิติ (13) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ในสองมิติ (14) ความคิดสำคัญเกี่ยวกับการชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ในหนึ่งมิติและสองมิติ	5	25
	รวมทั้งหมด	**20**	**100**

แบบวัดมโนทัศน์ เรื่องโมเมนตัมและการดล

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดชุดนี้มี ทั้งหมด 21 หน้า จำนวนข้อสอบ 20 ข้อ
คะแนนเต็ม 20 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 50 นาที
2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบปรนัยสองตอน (two-tier multiple-choice format) โดยตอนแรกเป็นคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่สองเป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง
3. ให้นักเรียนอ่านข้อคำถามแล้วเลือกคำตอบข้อที่ถูกต้องที่สุด โดยกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ
4. หากนักเรียนต้องการแก้ไขคำตอบให้ทำเครื่องหมาย (X) แล้วกากบาท (X) ในช่องคำตอบที่ถูกต้อง

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

5. ให้นักเรียนส่งข้อสอบและกระดาษคำตอบเมื่อหมดเวลา

ตัวอย่างแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

1. ลูกโบว์ลิง ลูกเทนนิส และลูกปิงปองกำลังเคลื่อนที่โดยวัตถุทั้งสามมีโมเมนตัมเท่ากัน จงพิจารณาว่าข้อใดต่อไปนี้**ไม่ถูกต้อง** เกี่ยววัตถุทั้งสาม

(a) ลูกปิงปองมีความเร็วมากที่สุด

(b) วัตถุทั้งสามเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน

(c) ในการหยุดการเคลื่อนที่ของลูกโบว์ลิงต้องใช้แรงมากกว่าลูกปิงปอง

ก. (a) เท่านั้น

ข. (b) เท่านั้น

ค. (c) เท่านั้น

ง. (b) และ (c)

เหตุผล

1. เป็นวัตถุที่มีมวลน้อยที่สุด
2. วัตถุมีโมเมนตัมเท่ากันแต่อาจเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกันได้
3. วัตถุมีโมเมนตัมเท่ากันจึงต้องออกแรงในการหยุดการเคลื่อนที่เท่ากัน
4. เหตุผลตามข้อ 2. และข้อ 3

2. เหตุการณ์ในข้อใดที่วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมในทิศตรงข้ามกับทิศของความเร็วเดิม

ก. การเคลื่อนที่ของลูกตุ้มนาฬิกา

ข. ผลไม้สุกขณะร่วงลงมาถึงกลางลำต้น

ค. รถยนต์ชะลอความเร็วเมื่อใกล้ถึงทางแยก

ง. การออกแรกผลักรถจักยานที่กำลังเคลื่อนที่ให้เคลื่อนที่เร็วขึ้น

เหตุผล

1. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง
2. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่
3. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วลดลง
4. วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น

3. ทิศทางการดลของวัตถุในข้อใด <u>แตกต่าง</u> จากข้ออื่น

ก. ขว้างก้อนหินลงสู่พื้นในแนวดิ่งแล้วก้อนหินหยุดนิ่ง

ข. เครื่องบินบังคับเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่งแล้วชนเพดานห้อง

ค. ขีปนาวุธขณะเคลื่อนที่ขึ้นในแนวดิ่งด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น

ง. ปล่อยเทนนิสลงสู่พื้นในแนวดิ่งแล้วสะท้อนกลับในทิศทางเดิม

<u>เหตุผล</u>

1. การดลมีทิศเข้าสู่จุดศูนย์กลางโลก
2. การดลมีทิศออกจากจุดศูนย์กลางโลก
3. การดลมีทิศทางเดียวกับทิศของความเร็วเดิม
4. การดลมีทิศทางเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ

4. จากเหตุการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ *"รถบรรทุกสองคันมีมวลเท่ากัน เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากันในแนวเส้นตรง คันแรกเข้าชนกองฟางแล้วเคลื่อนที่ต่อในแนวเดิม และคันที่สองเคลื่อนที่เข้าชนกำแพงแล้วหยุดนิ่ง"* ข้อใด **<u>ไม่ถูกต้อง</u>** เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

ก. ขนาดการดลของรถคันแรกมากกว่าคันที่สอง

ข. ช่วงเวลาในการเข้าชนกองฟางมากกว่ากำแพง

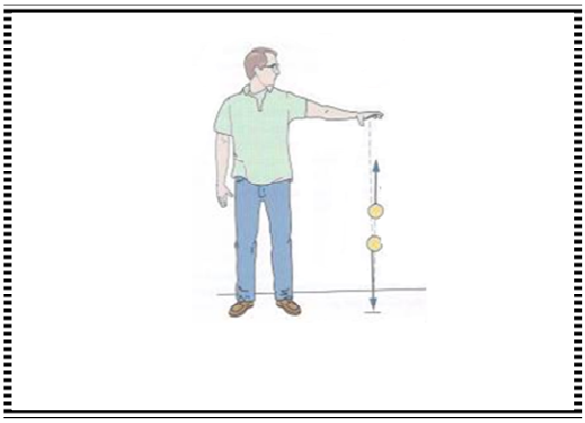
ค. แรงดลที่กระทำต่อรถคันแรกน้อยกว่ารถคันที่สอง

ง. รถทั้งสองคันมีการเปลี่ยนโมเมนตัมในทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่เดิม

<u>เหตุผล</u>

1. ช่วงเวลาเท่ากันเนื่องจากเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน
2. ขนาดการดลคันที่สองมากกว่าเพราะมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วมากกว่า
3. แรงดลที่กระทำต่อรถคันแรกมากกว่าเพราะกองฟางมีความหนามากกว่ากำแพง
4. รถคันที่สองเท่านั้นที่มีการเปลี่ยนโมเมนตัมในทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่เดิม

5. ชายคนหนึ่งปล่อยลูกเทนนิสในแนวดิ่งกระทบพื้นแล้วสะท้อนกลับในแนวเดิม ดังภาพข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น



ก. ลูกเทนนิสไม่เกิดการดล

ข. แรงดลที่พื้นกระทำต่อลูกเทนนิสมีค่าไม่คงตัว

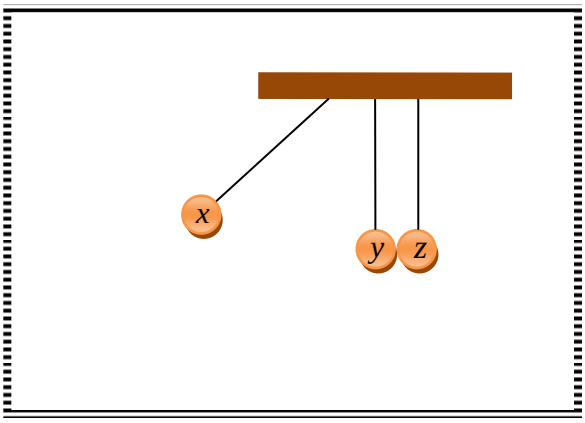
ค. ความเร็วของลูกเทนนิสก่อนและหลังการสะท้อนมีขนาดเท่ากัน

ง. ไม่สามารถวัดขนาดแรงดลที่แน่นอนในช่วงเวลาที่ลูกเทนนิสกระทบพื้นแล้วสะท้อนกลับ

เหตุผล

1. แรงดลที่พื้นมีค่าคงตัวเสมอ
2. ความเร็วหลังการสะท้อนมากกว่า
3. ลูกเทนนิสมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว
4. สามารถวัดได้จากอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม

6. ชุดสาธิตการคงตัวของโมเมนตัมประกอบด้วยวัตถุทรงกลม x , y และ z ที่ทำด้วยวัสดุอย่างเดียวกันมีขนาดเท่ากัน แขวนไว้ในแนวดิ่ง เมื่อดึงวัตถุ x ออกไปข้าง ๆ ดังรูปแล้วปล่อยให้เคลื่อนที่ข้อใดอธิบายการเคลื่อนที่ของทรงกลม x , y และ z หลังชนได้ถูกต้อง



ก. ทรงกลม x, y และ z หยุดนิ่ง

ข. ทรงกลม x, y และ z เคลื่อนที่ขึ้นในด้านตรงข้าม

ค. ทรงกลม x หยุดนิ่ง ส่วนทรงกลม y และ z เคลื่อนที่ขึ้นในด้านตรงข้าม

ง. ทรงกลม x และ y หยุดนิ่ง ส่วนทรงกลม z เคลื่อนที่ขึ้นในด้านตรงข้าม

<u>เหตุผล</u>

1. (y) และ (z) มีมวลรวมกันมากกว่า (x)
2. โมเมนตัมของ (x) ถูกถ่ายเทให้ (y) และ (z)
3. โมเมนตัมของ (x) ถูกถ่ายเทให้ (y) แล้ว (y) ถ่ายเทต่อให้ (z) ตามลำดับ
4. (x) เคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากจึงส่งแรงผลักให้ (y) และ (z) เคลื่อนที่ขึ้น

7. ลักษณะการเคลื่อนที่ในข้อใด **ไม่** เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

ก. การระเบิดของถังแก๊ส

ข. การเคลื่อนที่ของปลาหมึกขณะพ่นน้ำออก

ค. การเคลื่อนที่ของลูกฟุตบอลหลังจากกระทบกำแพง

ง. การเคลื่อนที่ของลูกโป่งขณะปล่อยอากาศออกอย่างอิสระ

เหตุผล

1. มีแรงจากกำแพงกระทำต่อลูกฟุตบอล
2. ปลาหมึกและน้ำที่พ่นออกมามีมวลต่างกันทำให้โมเมนตัมไม่คงตัว
3. ภายหลังการระเบิดชิ้นส่วนของวัตถุมีความเร็วเพิ่มขึ้นทำให้โมเมนตัมเพิ่มขึ้น
4. อากาศและลูกโป่งเคลื่อนที่ในทิศตรงกันข้ามทำให้ผลรวมโมเมนตัมเป็นศูนย์

8. เหตุการณ์ใดต่อไปนี้เป็นการชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์

ก. เด็กขว้างดินน้ำมันลงพื้น

ข. นักกีฬาตีลูกเทนนิสกระทบพื้น

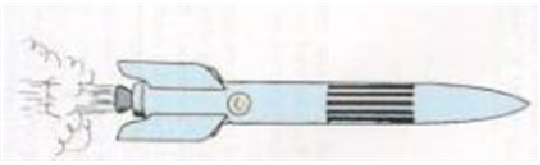
ค. รถยนต์ชนถังขยะกระเด็นตกข้างทาง

ง. นักกีฬารักบี้วิ่งเข้าชนแล้วกระเด็นออกจากกัน

เหตุผล

1. ดินน้ำมันติดอยู่กับพื้น
2. นักกีฬาแยกออกจากกันหลังการชน
3. รถมีความเร็วลดลงหลังจากชนถังขยะ
4. ลูกเทนนิสสะท้อนกลับด้วยความเร็วคงตัว

9. จรวดลำหนึ่งขณะเคลื่อนที่ในแนวระดับได้พ่นแก๊สออกมาทางด้านท้ายดังภาพ จงพิจารณาว่าข้อใดต่อไปนี้ **ถูกต้อง**



ภาพสำหรับคำถามข้อที่ 14

(a) จรวดและแก๊สมีความเร็วเท่ากัน

(b) โมเมนตัมของจรวดและแก๊สมีขนาดเท่ากัน

(c) พลังงานจลน์ของจรวดและแก๊สมีค่าเท่ากัน

ก. (a) เท่านั้น

ข. (b) เท่านั้น

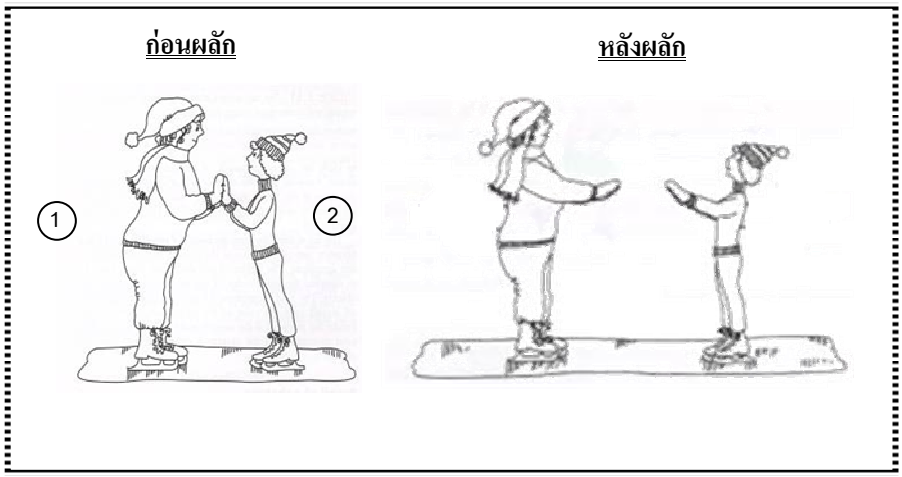
ค. (c) เท่านั้น

ง. (a) และ (c)

เหตุผล

1. ความเร็วของแก๊สทำให้จรวดเคลื่อนที่
2. ความเร็วเท่ากันพลังงานจลน์จึงเท่ากัน
3. ผลรวมโมเมนตัมก่อนพ่นแก๊สเท่ากับศูนย์ ภายหลังการพ่นแก๊สจรวดและแก๊สจึงมีโมเมนตัมเท่ากัน
4. จากเหตุผลข้อ 1. และข้อ 3. ประกอบกัน

10. นักสเก็ตน้ำแข็งคู่หนึ่งมีมวลต่างกัน ยืนหันหน้าเข้าหากันดังภาพ เมื่อออกแรงผลักซึ่งกันและกันทำให้ทั้งคู่เคลื่อนที่ออกจากกัน จงพิจารณาว่า “ภายหลังการเคลื่อนที่แยกออกจากกัน ข้อใดต่อไปนี้ **<u>เป็นจริง</u>**”



a) ผลรวมพลังงานจลน์ของระบบมีค่าคงตัว

b) นักสเก็ตคนที่สองมีความเร็วมากกว่าคนที่หนึ่ง

c) เมื่อมีการออกแรงผลักโมเมนตัมของระบบเพิ่มขึ้น

ก. (a) เท่านั้น ข. (b) เท่านั้น

ค. (c) เท่านั้น ง. (a) และ (c)

<u>เหตุผล</u>

1. คนที่สองมีมวลน้อยจึงมีความเร็วมากกว่า
2. การออกแรงผลักทำให้ความเร็วเพิ่มขึ้น โมเมนตัมของระบบจึงเพิ่มขึ้น
3. นักสเก็ตเคลื่อนที่ตรงข้ามผลรวมพลังงานจลน์จึงเป็นศูนย์เท่ากับตอนก่อนผลัก
4. จากข้อ 2. และข้อ 3.

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์
2. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบปกติ

ตัวอย่าง
แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์
แผนที่ 4 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 3 ช่วงชั้นที่ 4(มัธยมศึกษาปีที่ 5)
เวลา 150 นาที ผู้สอน นางสาวอรชา ชูเชื้อ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบคาบเรียนแล้ว นักเรียนสามารถ

1. วิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องจากกรณีตัวอย่างที่กำหนดให้ได้
2. สร้างแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรจากกรณีตัวอย่างได้
3. บอกความแตกต่างของขนาด และทิศทางของความเร็วในแต่ละกรณีได้
4. เปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมเริ่มต้น และผลรวมของโมเมนตัมสุดท้ายในแต่ละกรณีได้
5. สรุปนิยามของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมจากกรณีตัวอย่างได้
6. ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นในการอภิปรายร่วมกัน

สาระการเรียนรู้

1. **ความรู้**

1.1 นิยามของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

นิยาม เมื่อไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อระบบแล้ว โมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่เสมอ

1.2 การคำนวณโดยใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

เมื่อโมเมนตัมของระบบคงที่ $\Delta\vec{p} = o$

$$\sum \vec{p}_{\text{เริ่มต้น}} = \sum \vec{p}_{\text{สุดท้าย}}$$

$$m_1u_1 + m_2u_2 + ... + m_nu_n = m_1v_1 + m_2v_2 + ... + m_nv_n$$

เมื่อ $\Delta\vec{p}$ คือผลต่างของโมเมนตัมเริ่มต้น และโมเมนตัมสุดท้ายของวัตถุ

$\sum \vec{p}$ คือผลรวมของโมเมนตัม มีหน่วยเป็นนิวตันวินาที ($N \cdot s$)

m คือมวลของวัตถุชิ้นที่หนึ่ง มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

u คือความเร็วของมวลวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

v คือความเร็วปลายของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

2. **ทักษะ /กระบวนการ /กระบวนการคิด**

2.1 ทักษะการคำนวณ

2.2 ทักษะการแก้ปัญหา

2.3 ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม

2.4 ทักษะการจัดระบบความคิด

3. **คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

3.1 ความรับผิดชอบ

3.2 การยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น

กิจกรรมการเรียนรู้

1. **ขั้นการเน้นปัญหา** (Focus the problem)

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ชุดสาธิตการคงตัวของโมเมนตัมซึ่งประกอบด้วยวัตถุทรงกลม จำนวน 5 ลูก แล้วใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบว่าถ้าดึงทรงกลมที่อยู่นอกสุดออกไปข้าง ๆ แล้วปล่อยให้เคลื่อนที่ลงมากระทบวัตถุทรงกลมที่เหลือ ทรงกลมแต่ละลูกมีการเคลื่อนที่อย่างไร

1.2 ครูสาธิตการดึงทรงกลมทั้งสองกรณี เพื่อให้นักเรียนสังเกต แล้วใช้คำถามดังนี้

1.2.1 ผลการสาธิตเหมือนหรือต่างจากที่นักเรียนคาดคะเนไว้

1.2.2 เมื่อปล่อยทรงกลมลงมาให้กระทบกัน ทรงกลมแต่ละลูกมีการเคลื่อนที่อย่างไร (ลูกที่อยู่ด้านนอกสุดเคลื่อนที่ขึ้น ส่วนลูกที่กลางทั้งสามลูกอยู่นิ่ง)

1.2.3 การที่ทรงกลมด้านตรงข้ามกับทรงกลมด้านที่ดึงเคลื่อนที่ขึ้นน่าจะเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ใดทางฟิสิกส์ (การถ่ายเทโมเมนตัม)

1.3 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าการถ่ายเทโมเมนตัมมีผลต่อการเคลื่อนที่ของลูกเหล็กทรงกลมอย่างไร จากนั้นแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน เพื่อให้นักเรียนหาคำตอบมาอธิบายสถานการณ์ดังกล่าวจากการทำกิจกรรมเรื่องการอนุรักษ์โมเมนตัม

1.4 ครูนำอภิปรายก่อนการทำกิจกรรมโดยใช้คำถาม ดังนี้

1.4.1 กิจกรรมนี้มีจุดประสงค์อย่างไร (เพื่อศึกษาผลรวมของเมนตัมก่อนและหลังการเคลื่อนที่ของวัตถุ)

1.4.2 กรณีตัวอย่างที่นักเรียนศึกษามีอะไรบ้าง (การเคลื่อนที่ของปลาหมึก ลูกโป่ง การยิงปืนใหญ่ การเคลื่อนที่ของเรือเมื่อมีการทอดสมอ และการเคลื่อนที่ของนักกีฬาที่อยู่บนสเก็ตบอร์ด)

1.5 ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เป็นตัวแทนของเหตุการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุทั้ง 5 กรณี แล้วใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนทบทวนความรู้ดังนี้

1.5.1 โมเมนตัมเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างไร (เป็นปริมาณที่บอกความสามารถในการเคลื่อนที่ในทิศทางเดิมของวัตถุ)

1.5.2 ปริมาณใดบ้างที่มีผลต่อโมเมนตัมของวัตถุ อย่างไร (มวลและความเร็ว โดยโมเมนตัมแปรผันตรงกับมวลและความเร็วของวัตถุ)

1.5.3 จากความสัมพันธ์ดังกล่าวนักเรียนหาขนาดโมเมนตัมของวัตถุได้อย่างไร (ผลคูณระหว่างมวลกับความเร็ว)

2. ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์ (Describe the physic)

2.1 ครูให้นักเรียนสังเกตภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุจากแบบจำลองทางความคิดในเอกสารประกอบกิจกรรม ทั้ง 5 ข้อ แล้วกำหนดประเด็นคำถามเพื่อให้นักเรียนช่วยกันสร้างแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1.1 ทิศทางการเคลื่อนที่ตอนเริ่มต้นของวัตถุทั้ง 5 กรณีเป็นอย่างไร

2.1.2 ทิศทางการเคลื่อนที่ตอนท้ายของวัตถุทั้ง 5 กรณีมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร

2.1.3 นักเรียนกำหนดทิศทางความเร็วของวัตถุทั้ง 5 กรณีอย่างไร

2.2 นักเรียนเริ่มสร้างแผนภาพแสดงขนาดและทิศทางของความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้ง 4 ข้อแล้วตอบคำถามในใบกิจกรรม

2.3 นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณ โดยครูใช้คำถามประกอบ ดังนี้

2.3.1 ผลรวมโมเมนตัมของระบบตอนเริ่มต้นหาได้อย่างไร (หาได้จากผลบวกระหว่างโมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อน)

2.3.2 ผลรวมดังกล่าวเขียนเป็นสมการได้อย่างไร

($\sum \vec{p}_{\text{เริ่มต้น}} = m_1u_1 + m_2u_2 + ... + m_nu_n$)

2.3.3 ถ้าตอนเริ่มต้นวัตถุอยู่รวมเป็นก้อนเดียวกันผลรวมโมเมนตัมของระบบหาได้อย่างไร ($\sum \vec{p}_{\text{เริ่มต้น}} = (m_1 + m_2 + ... + m_n)u$)

2.3.4 ผลรวมของโมเมนตัมตอนท้ายหาได้อย่างไร (หาได้จากผลบวกระหว่างโมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อน)

2.3.5 ผลรวมดังกล่าวเขียนเป็นสมการได้อย่างไร

($\sum \vec{p}_{\text{สุดท้าย}} = m_1u_1 + m_2u_2 + ... + m_nu_n$)

2.3.6 ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ในทิศตรงข้ามกับทิศของความเร็วเดิม ควรแทนค่าความเร็วลงในสมการอย่างไร (แทนค่าความเร็วติดลบ)

3. ขั้นการวางแผนเพื่อหาคำตอบ (Plan the solution)

3.1 นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อวางแผนก่อนการคำนวณ โดยครูใช้คำถามดังนี้

3.1.1 ปริมาณใดบ้างที่นักเรียนต้องคำนวณเพื่อหาคำตอบ (ผลรวมของโมเมนตัมเริ่มต้น และผลรวมของโมเมนตัมสุดท้าย)

3.1.2 เมื่อได้คำตอบที่ต้องการ นักเรียนดำเนินการอย่างไร (เปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมตอนเริ่มต้น และสุดท้าย)

3.2 นักเรียนตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณ

4. ขั้นการดำเนินการตามแผน (Execute the plan)

4.1 นักเรียนคำนวณตามที่วางแผนไว้

4.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อสรุปบทเรียน โดยใช้คำถาม ดังนี้

4.2.1 กรณีตัวอย่างทั้ง 5 เหมือนหรือต่างกันอย่างไร (กรณีที่ 1- 4 ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ แต่กรณีที่ห้ามีแรงภายนอกมากระทำ)

4.2.2 เมื่อมีแรงภายนอกหรือแรงลัพธ์มากระทำผลรวมของโมเมนตัมเริ่มต้น และผลรวมของโมเมนตัมสุดท้ายเป็นอย่างไร (ไม่เท่ากัน)

4.2.3 เมื่อไม่มีแรงภายนอกหรือแรงลัพธ์มากระทำผลรวมของโมเมนตัมเริ่มต้นและผลรวมของโมเมนตัมสุดท้ายเป็นอย่างไร (เท่ากัน)

4.2.4 นักเรียนจะสรุปนิยามของการอนุรักษ์โมเมนตัมได้อย่างไร (เมื่อไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อระบบแล้ว โมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่เสมอ)

4.3 ครูให้นักเรียนนำความรู้เรื่องการอนุรักษ์โมเมนตัมไปอธิบายเหตุการณ์การเคลื่อนที่ของลูกเหล็กทรงกลมใน โดยใช้คำถาม ดังนี้

4.3.1 เพราะเหตุใดลูกเหล็กทรงกลมที่อยู่ด้านตรงข้ามจึงเคลื่อนที่ขึ้น (ได้รับการถ่ายเทโมเมนตัมจากลูกที่ถูกดึงขึ้นไป)

4.3.2 ลูกเหล็กทรงกลมมีการถ่ายเทโมเมนตัมกันอย่างไร (ลูกที่ถูกดึงถ่ายเทโมเมนตัมให้ลูกที่ 2 แล้วหยุดนิ่ง ต่อมาลูกที่ 2 ถ่ายเทให้ลูกที่ 3 แล้วหยุดนิ่ง จนกระถึงลูกที่ 5 ซึ่งอยู่ริมนอกสุดเมื่อได้รับการถ่ายเทโมเมนตัมจึงต้องอนุรักษ์โมเมนตัมดังกล่าวด้วยการเคลื่อนที่ขึ้น)

5. ขั้นการประเมินคำตอบ (Evaluate the solution)

ครูให้นักเรียนประเมินตนเองในประเด็นต่อไปนี้

5.1 ความถูกต้องของคำตอบและหน่วยของตัวแปรต่าง ๆ

5.2 ความสมเหตุสมผลของคำตอบแล้วสรุปคำตอบที่สมบูรณ์ของปัญหา

การประเมินการเรียนรู้

1. ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนด้วยแบบวัดมโนทัศน์
2. ครูประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเอกสารประกอบการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

1. ชุดสาธิตการคงตัวของโมเมนตัม
2. เอกสารประกอบกิจกรรม เรื่องการอนุรักษ์โมเมนตัม

เอกสารประกอบกิจกรรมเรื่อง การอนุรักษ์โมเมนตัม

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบคาบเรียนแล้ว นักเรียนสามารถ

1. วิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องจากกรณีตัวอย่างที่กำหนดให้ได้
2. วาดแผนภาพทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของตัวแปรจากกรณีตัวอย่างได้
3. สังเกตและบอกความแตกต่างของขนาดและทิศทางของความเร็วในแต่ละกรณีได้
4. เปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมเริ่มต้น และผลรวมของโมเมนตัมสุดท้ายในแต่ละกรณีได้
5. สรุปนิยามของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมจากกรณีตัวอย่างไร
6. เป็นผู้มีความรับผิดชอบในภาระงานที่ได้รับมอบหมาย

ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. อ่านสถานการณ์จากกรณีตัวอย่างแล้ววิเคราะห์แปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่
2. วาดแผนภาพระบบแกนทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของความเร็วของวัตถุในแต่ละ เหตุการณ์พร้อมทั้งระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และตอบคำถามในใบกิจกรรม
3. คำนวณผลรวมของโมเมนตัมเริ่มต้น และสุดท้ายของโจทย์ทั้ง 5 กรณี
4. เปรียบเทียบผลรวมของโมเมนตัมเริ่มต้น กับโมเมนตัมสุดท้ายของระบบ
5. สรุปนิยามของการอนุรักษ์โมเมนตัม

คำถามหลังกิจกรรม

1. กรณีตัวอย่างทั้ง 5 เหมือนหรือต่างกันอย่างไร

   _____

   _____

2. เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำผลรวมของโมเมนตัมเริ่มต้น และผลรวมของโมเมนตัมสุดท้ายเป็นอย่างไร

   _____

   _____

3. เมื่อไม่มีแรงภายนอกหรือแรงลัพธ์มากระทำแล้วผลรวมของโมเมนตัมเริ่มต้น และผลรวมของโมเมนตัมสุดท้ายเป็นอย่างไร

   _____

   _____

4. จากกรณีตัวอย่างทั้ง 5 เหตุการณ์ นักเรียนจะสรุปนิยามของการอนุรักษ์โมเมนตัมได้อย่างไร

   _____

   _____

กรณีที่ 1.....**การเคลื่อนที่ของปลาหมึก**

ปลาหมึกตัวหนึ่งมีมวล 200 กรัม ลอยนิ่งอยู่ในน้ำ ต่อมาปลาหมึกพ่นน้ำในแนวระดับซึ่งมีปริมาตร 5×10^{-5} ลูกบาศก์เมตรออกออกมาทางหน้าด้วยความเร็ว 0.01 เมตรต่อวินาที ทำให้ตัวปลาหมึกเคลื่อนที่ถอยหลังด้วยความเร็ว 0.0025 เมตรต่อวินาที จงหาผลรวมโมเมนตัมของระบบก่อนและหลังการพ่นน้ำออกมาพร้อมทั้งพิจาณาว่าผลดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร (กำหนดให้น้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรมีมวล 1,000 กิโลกรัม)

กรณีที่ 2.....**การเคลื่อนที่ของลูกโป่ง**

ลูกโป่งมวล 0.4 กรัมวางอยู่บนพื้น ปล่อยอากาศมวล 0.2 กรัมออกมาอย่างอิสระทางด้านหน้าด้วยความเร็ว 0.25 เมตรต่อวินาที ทำให้ตัวลูกโป่งเคลื่อนที่ถอยหลังด้วยความเร็ว 0.125 เมตรต่อวินาที จงหาผลรวมโมเมนตัมของระบบก่อนและหลังการปล่อยอากาศออกมา พร้อมทั้งพิจาณาว่าผลดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

กรณีที่ 3.....**การเคลื่อนที่ของปืนใหญ่**

ในการฝึกรบของทหารกลุ่มหนึ่งใช้ปืนใหญ่มวล 2,000 กิโลกรัม ยิงกระสุนมวล 10 กิโลกรัมออกไปด้วยความเร็ว 200 เมตรต่อวินาทีในแนวระดับ ทำให้ตัวปืนใหญ่เคลื่อนที่ถอยหลังด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาทีจงหาผลรวมโมเมนตัมของระบบก่อนและหลังการยิงกระสุน พร้อมทั้งพิจาณาว่าผลดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

กรณีที่4..... การเคลื่อนที่ของเรือเมื่อมีการทอดสมอ

เด็กคนหนึ่งมวล 30 กิโลกรัมยืนอยู่บนเรือมวล 50 กิโลกรัมซึ่งลอยนิ่งอยู่ในบึงขนาดใหญ่ กำลังขว้างทอดสมอเรือมวล 1 กิโลกรัมออกไปในแนวระดับด้วยความเร็ว 0.08 เมตรต่อวินาที ทำให้เรือเคลื่อนที่ถอยหลังด้วยความเร็ว 0.001 เมตรต่อวินาที จงหาผลรวมของโมเมนตัมของระบบก่อนและหลังการทอดสมอเรือ พร้อมทั้งพิจาณาว่าผลดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

กรณีที่ 5.....**การเคลื่อนที่ของนักกีฬาที่อยู่บนสเก็ตบอร์ด**

นักกีฬาคนหนึ่งมวล 48 กิโลกรัมยืนนิ่งอยู่บนสเก็ตบอร์ดมวล 2 กิโลกรัม ต่อมาเขากระโดดลงจากสเก็ตบอร์ดไปด้านหน้าด้วยความเร็ว 0.005 เมตรต่อวินาที ทำให้สเก็ตบอร์ดเคลื่อนที่ไปด้านหลัง ในขณะเดียวกันเพื่อนที่อยู่ด้านหลังก็ออกแรงดึงทำให้สเก็ตบอร์ดมีความเร็วเป็น 0.04 เมตรต่อวินาที จงหาผลรวมของโมเมนตัมของระบบก่อนและหลังการกระโดด พร้อมทั้งพิจาณาว่าผลดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

ตัวอย่าง
แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างความรู้เชิงกลยุทธ์
แผนที่ 8 เรื่อง การระเบิดของวัตถุ

รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 3 ช่วงชั้นที่ 4 (มัธยมศึกษาปีที่ 5)
เวลา 150 นาที ผู้สอน นางสาวอรชา ชูเชื้อ

.....

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบคาบเรียนแล้ว นักเรียนสามารถ

1. วิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการระเบิดจากกรณีตัวอย่างที่กำหนดให้ได้
2. วาดแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของวัตถุก่อนและหลังการระเบิดได้
3. สังเกตและบอกความแตกต่างของวัตถุก่อนและหลังการระเบิดในแต่ละกรณีได้
4. เปรียบเทียบผลรวมโมเมนตัม และผลรวมพลังงานจลน์ก่อนและหลังการระเบิดในแต่ละกรณีได้
5. บอกความหมายของการระเบิดได้
6. แสดงความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้

สาระการเรียนรู้

1. **ความรู้**

1.1 ความหมายของการระเบิด

การระเบิด หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเร็วและมวลของวัตถุที่เดิมอยู่รวมเป็นมวลก้อนเดียวกันแล้วทำให้วัตถุแยกออกจากกันหรือยังคงรวมเป็นก้อนเดียวกัน โดยที่ผลรวมโมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่ แต่ผลรวมพลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น

1.2 การคำนวณการระเบิด

ภายหลังการระเบิดผลรวมของโมเมนตัมมีค่าคงที่ แต่ผลรวมพลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น ดังสมการ

โมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่

โมเมนตัมในแนวแกน X; $\sum \vec{p}_{\text{ก่อนระเบิดในแนวแกน X}} = \sum \vec{p}_{\text{หลังระเบิดหลังระเบิดในแนวแกน X}}$

โมเมนตัมในแนวแกน Y; $\sum \vec{p}_{\text{ก่อนระเบิดในแนวแกน y}} = \sum \vec{p}_{\text{หลังระเบิดหลังระเบิดในแนวแกน y}}$

พลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น

พลังงานจลน์ก่อนการระเบิด $\sum E_{k\ \text{ก่อนระเบิด}} = \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2$

พลังงานจลน์หลังการระเบิด $\sum E_{k\ \text{หลังระเบิด}} = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$

โดยที่ $\sum E_{k\ \text{ก่อนระเบิด}} < \sum E_{k\ \text{หลังระเบิด}}$

2. **ทักษะ /กระบวนการ /กระบวนการคิด**

2.1 ทักษะการสังเกต

2.2 ทักษะการคำนวณ

2.3 ทักษะการแก้ปัญหา

2.4 ทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม

3. **คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

3.1 ความรับผิดชอบ

3.2 ความมีส่วนร่วม

กิจกรรมการเรียนรู้

1. **ขั้นการเน้นปัญหา** (Focus the problem)

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยยกตัวอย่างเหตุการณ์ 4 เหตุการณ์คือ การระเบิดของถังแก๊ส การดีดตัวแยกออกจากกันของเมล็ดธัญพืช การเดินของคนบนเรือที่อยู่นิ่ง และการเดินของคนบนเรือที่กำลังเคลื่อนที่ แล้วใช้คำถาม ดังนี้

1.1.1 ก่อนการระเบิด วัตถุในแต่ละเหตุการณ์มีลักษณะอย่างไร (อยู่รวมเป็นมวลก้อนเดียวกัน)

1.1.2 หลังการระเบิดวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (บางภาพแยกออกจากกันแต่บางภาพยังคงรวมเป็นมวลก้อนเดียวกัน)

1.2 นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อคาดคะเนคำตอบเกี่ยวกับความหมายของการระเบิด จากนั้นแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน เพื่อให้นักเรียนหาคำตอบดังกล่าวจากการทำกิจกรรมเรื่องการระเบิดของวัตถุ

1.3 ครูนำอภิปรายก่อนการทำกิจกรรมโดยใช้คำถาม ดังนี้

1.3.1 กิจกรรมนี้มีวัตถุประสงค์อย่างไร (เพื่อศึกษาความหมายของการระเบิด)

1.3.2 กรณีตัวอย่างที่นักเรียนศึกษามีอะไรบ้าง (กระสวยอวกาศ เรือประมง และกระสุนปืนใหญ่)

1.4 ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดที่เป็นตัวแทนของเหตุการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุทั้ง 3 กรณี แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับการหาขนาดของโมเมนตัมและพลังงานจลน์ของวัตถุ

2. ขั้นการบรรยายทางฟิสิกส์ (Describe the physic)

2.1 ครูให้นักเรียนสังเกตภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุก่อนและหลังการระเบิดจากแบบจำลองทางความคิดในเอกสารประกอบกิจกรรมทั้ง 3 ข้อ แล้วกำหนดประเด็นคำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสร้างแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังนี้

2.1.1 ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุก่อนการระเบิด

2.1.2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุหลังการระเบิด

2.1.3 การกำหนดทิศทางของความเร็วในแผนภาพเวกเตอร์

2.2 นักเรียนเริ่มสร้างแผนภาพเวกเตอร์แสดงขนาดและทิศทางของความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุพร้อมทั้งระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

2.3 นักเรียนร่วมกันอภิปรายแผนภาพเวกเตอร์เพื่อกำหนดสมการที่ใช้ในการคำนวณตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการระเบิด โดยครูกำหนดประเด็นคำถามในการอภิปราย ดังนี้

2.3.1 ก่อนการระเบิดวัตถุในแต่ละกรณีเป็นอย่างไร (อยู่รวมเป็นก้อนเดียวกัน)

2.3.2 ผลรวมโมเมนตัมก่อนระเบิดของวัตถุหาได้อย่างไร (หาได้จากผลคูณระหว่างมวลของวัตถุกับความเร็ว)

2.3.3 ผลรวมดังกล่าวเขียนเป็นสมการได้อย่างไร ($\sum \vec{p}_{\text{ก่อนระเบิด}} = mu$)

2.3.4 ผลรวมพลังงานจลน์ก่อนระเบิดคำนวณได้อย่างไร ($\sum E_{k\ \text{ก่อนระเบิด}} = \frac{1}{2}mu^2$)

2.3.5 ภายหลังการระเบิด วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนหรือต่างกันอย่างไร (ต่างกัน โดยกรณีกระสวยอวกาศและกระสุนปืนใหญ่วัตถุแยกจากกัน และกรณีเรือประมงวัตถุยังคงเคลื่อนที่ไปด้วยกัน)

2.3.6 ถ้าภายหลังการระเบิดชิ้นส่วนของวัตถุเคลื่อนที่แยกจากกัน แต่ยังคงอยู่ในแนวเดียวกันผลรวมโมเมนตัมหลังการระเบิดได้อย่างไร (หาได้จากสมการ $\sum \vec{p}_{\text{หลังระเบิด}} = m_1v_1 + m_2v_2 + ... + m_nv_n$)

2.3.7 ถ้าภายหลังการระเบิดชิ้นส่วนของวัตถุเคลื่อนที่แยกจากกันทำมุม θ ซึ่งและกัน ผลรวมโมเมนตัมหลังการระเบิดหาได้อย่างไร (หาได้จากผลรวมโมเมนตัมของชิ้นส่วนทั้งหมดที่ได้จากการระเบิดโดยแยกพิจารณาองค์ประกอบตามแนวแกน X และ Y)

2.3.8 ผลรวมพลังงานจลน์หลังการระเบิดหาได้อย่างไร

($\sum E_{k\ \text{หลังระเบิด}} = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 + ... + \frac{1}{2}m_nv_n^2$)

2.3.9 ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกับทิศของความเร็วที่กำหนดในแผนภาพเวกเตอร์นักเรียนแทนค่าความเร็วนั้นอย่างไร (แทนค่าความเร็วติดลบ)

3. ขั้นการวางแผนเพื่อหาคำตอบ (Plan the solution)

3.1 นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อวางแผนก่อนการคำนวณ โดยครูกำหนดประเด็น ดังนี้

3.1.1 ตัวแปรเป้าหมายของโจทย์ปัญหาในแต่ละข้อคืออะไร (ผลรวมโมเมนตัมของระบบ ผลรวมพลังงานจลน์ของระบบ)

3.1.2 สมการเฉพาะที่ใช้ในการคำนวณตัวแปรเป้าหมายของแต่ละข้อ

3.1.3 เมื่อได้คำตอบแล้วนักเรียนดำเนินการอย่างไร (เปรียบเทียบผลรวมโมเมนตัม และผลรวมพลังงานจลน์ของระบบ)

3.2 นักเรียนตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณ

4. ขั้นการดำเนินการตามแผน (Execute the plan)

4.1 นักเรียนคำนวณตามที่วางแผนไว้

4.2 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อสรุปบทเรียน โดยใช้คำถาม ดังนี้

4.2.1 ก่อนการระเบิดวัตถุมีลักษณะอย่างไร (อยู่รวมเป็นมวลก้อนเดียวกัน มีความเร็วเท่ากัน)

4.2.2 ภายหลังการระเบิดวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (วัตถุแยกจากกันหรือยังคงรวมเป็นมวลก้อนเดียวกัน)

4.2.3 ผลรวมโมเมนตัม และผลรวมพลังงานจลน์ของระบบมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร (ผลรวมโมเมนตัมคงที่ แต่ผลรวมพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น)

4.2.4 นักเรียนสรุปความหมายของการระเบิดได้อย่างไร (การระเบิด หมายถึงการเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุที่เดิมอยู่รวมเป็นมวลก้อนเดียวกันแล้วทำให้วัตถุแยกออกจาก

กันหรือยังคงรวมเป็นก้อนเดียวกัน โดยที่ผลรวมโมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่ แต่ผลรวมพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น)

4.2.5 สามารถหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการระเบิดได้อย่างไร (คำนวณจากสูตรโมเมนตัม และพลังงานจลน์)

5. **ขั้นการประเมินคำตอบ** (Evaluate the solution)

ครูให้นักเรียนประเมินตนเองในประเด็นต่อไปนี้

5.1 ความถูกต้องของคำตอบและหน่วยของตัวแปรต่าง ๆ

5.2 ความสมเหตุสมผลของคำตอบแล้วสรุปคำตอบที่สมบูรณ์ของปัญหา

การประเมินการเรียนรู้

1. ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนด้วยแบบวัดมโนทัศน์
2. ครูประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเอกสารประกอบการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

เอกสารประกอบกิจกรรม เรื่องการระเบิดของวัตถุ

เอกสารประกอบกิจกรรมเรื่อง การระเบิดของวัตถุ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบคาบเรียนแล้ว นักเรียนสามารถ

1. วิเคราะห์ตัวแปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการระเบิดจากกรณีตัวอย่างที่กำหนดให้ได้
2. วาดแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของวัตถุก่อนและหลังการระเบิดได้
3. สังเกตและบอกความแตกต่างของวัตถุก่อนและหลังการระเบิดในแต่ละกรณีได้
4. เปรียบเทียบผลรวมโมเมนตัม และผลรวมพลังงานจลน์ของระบบก่อนและหลังการระเบิด
   ในแต่ละกรณีได้
5. บอกความหมายและของการระเบิดได้
6. แสดงความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้

ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. อ่านสถานการณ์จากกรณีตัวอย่าง 3 กรณี แล้ววิเคราะห์แปรทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ
2. วาดแผนภาพเวกเตอร์ทางฟิสิกส์แสดงขนาดและทิศทางของวัตถุก่อนและหลังการระเบิด
   ในแต่ละกรณี
3. นิยามตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการระเบิด
4. สังเกตความแตกต่างของวัตถุก่อนและหลังการระเบิด และตอบคำถามในใบกิจกรรม
5. คำนวณผลรวมโมเมนตัมและผลรวมพลังงานจลน์ของระบบก่อนและหลังการระเบิด
   ในแต่ละกรณี
6. เปรียบเทียบผลรวมโมเมนตัม และผลรวมพลังงานจลน์ของระบบก่อนและหลังการระเบิด
7. สรุปความหมายของการระเบิด

<u>คำถามหลังกิจกรรม</u>

1. ก่อนการระเบิดวัตถุมีลักษณะอย่างไร

_____

_____

_____

_____

2. หลังการระเบิดวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

_____

_____

_____

_____

3. โมเมนตัมและพลังงานจลน์รวมของระบบมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร

_____

_____

4. นักเรียนสรุปความหมายของการระเบิดได้อย่างไร

_____

_____

กรณีที่ 1.....กระสวยอวกาศ

กระสวยอวกาศประกอบด้วยท่อนเชื้อเพลิง 2 ท่อนติดกันเคลื่อนที่ในแนวระดับด้วยความเร็ว 400 เมตรต่อวินาที แรงระเบิดทำให้ท่อนเชื้อเพลิงแยกออกจากกัน โดยท่อนแรกมีมวล 500 กิโลกรัม เคลื่อนที่ในแนวเดิมด้วยความเร็ว 390 เมตรต่อวินาที และท่อนที่สองมีมวล 100 กิโลกรัมเคลื่อนที่ในแนวเดิมด้วยความเร็ว 450 เมตรต่อวินาที จงหาผลรวมของโมเมนตัมและผลรวมพลังงานจลน์ของระบบ ก่อนและหลังการระเบิด พร้อมทั้งพิจาณาว่าผลดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

กรณีที่ 2.....เรือประมง

เรือประมงลำหนึ่งลอยนิ่งในแม่น้ำ เมื่อพบฝูงปลาอยู่ด้านหน้า ชาวประมงที่อยู่ในเรือจึงทอดสมอเรือมวล 3 กิโลกรัมออกไปด้วยความเร็ว 5 เมตรต่อวินาทีในแนวระดับ ทำให้เรือถอยหลังด้วยอัตรา 0.1 เมตรต่อวินาที กำหนดให้ชาวประมงและเรือมีมวล 50 และ 100 กิโลกรัมตามลำดับ จงหาผลรวมของโมเมนตัมและผลรวมพลังงานจลน์ของระบบ ก่อนและหลังการระเบิด พร้อมทั้งพิจาณาว่าผลดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

กรณีที่ 3.....กระสุนปืนใหญ่

กระสุนปืนใหญ่มวล 3 กิโลกรัมถูกยิงให้เคลื่อนที่ขนานกับพื้นราบไปทางทิศเหนือด้วยอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาที เกิดการระเบิดออกเป็นสามส่วนที่มีมวลเท่ากันส่วนละ 1 กิโลกรัม โดยมวลส่วนแรกเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือด้วยความเร็ว 42 เมตรต่อวินาที ส่วนที่สองเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาทีทำมุม 127 องศากับส่วนแรก และส่วนที่สามเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาทีทำมุม 106 องศากับส่วนที่สอง จงหาผลรวมของโมเมนตัมและผลรวมพลังงานจลน์ของระบบ ก่อนและหลังการระเบิด พร้อมทั้งพิจาณาว่าผลดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

ตัวอย่าง
แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบปกติ
แผนที่ 4 เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ช่วงชั้นที่ 4 (มัธยมศึกษาปีที่ 5)
เวลา 150 นาที ผู้สอน นางสาวอรชา ชูเชื้อ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบคาบเรียนแล้ว นักเรียนสามารถ

1. บอกนิยามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้
2. คำนวณตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้
3. เป็นผู้มีความรับผิดชอบในภาระงานที่ได้รับมอบหมาย

สาระการเรียนรู้

1. **ความรู้**

1.1 ความหมายของการระเบิด

การระเบิด หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเร็วและมวลของวัตถุที่เดิมอยู่รวมเป็นมวลก้อนเดียวกันแล้วทำให้วัตถุแยกออกจากกันหรือยังคงรวมเป็นก้อนเดียวกัน โดยที่ผลรวมโมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่ แต่ผลรวมพลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น

1.2 การคำนวณการระเบิด

ภายหลังการระเบิดผลรวมของโมเมนตัมมีค่าคงที่ แต่ผลรวมพลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น ดังสมการ

โมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่

โมเมนตัมในแนวแกน X; $\sum \vec{p}_{\text{ก่อนระเบิดในแนวแกน X}} = \sum \vec{p}_{\text{หลังระเบิดหลังระเบิดในแนวแกน X}}$

โมเมนตัมในแนวแกน Y; $\sum \vec{p}_{\text{ก่อนระเบิดในแนวแกน y}} = \sum \vec{p}_{\text{หลังระเบิดหลังระเบิดในแนวแกน y}}$

พลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น

พลังงานจลน์ก่อนการระเบิด $\sum E_{k\ \text{ก่อนระเบิด}} = \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2$

พลังงานจลน์หลังการระเบิด $\sum E_{k\ \text{หลังระเบิด}} = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$

โดยที่ $\sum E_{k\ \text{ก่อนระเบิด}} < \sum E_{k\ \text{หลังระเบิด}}$

2. **ทักษะ /กระบวนการ /กระบวนการคิด**

2.1 ทักษะการคำนวณ

2.2 ทักษะการแก้ปัญหา

3. **คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

3.1 ความรับผิดชอบ

3.2 ความมีส่วนร่วม

กิจกรรมการเรียนรู้

<u>ขั้นนำ</u>

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการยกตัวอย่างเหตุการณ์การยิงปืนใหญ่ แล้วใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ดังนี้

1.1 ก่อนการยิงความเร็วของปืนใหญ่ และกระสุนปืนที่อยู่ภายในเป็นอย่างไร (ความเร็วเป็นศูนย์เท่ากัน)

1.2 ภายหลังการยิง ปืนใหญ่และกระสุนปืนมีการเคลื่อนที่อย่างไร (ปืนใหญ่เคลื่อนที่ถอยหลัง กระสุนปืนเคลื่อนที่ไปข้างหน้า)

2. ครูให้นักเรียนอภิปรายเพื่อคาดคะเนคำตอบในประเด็นที่กำหนด ดังนี้

2.1 เพราเหตุใดปืนใหญ่จึงเคลื่อนที่ถอยหลังเมื่อมีการยิงกระสุนปืนออกไปด้านหน้า

2.2 เหตุการณ์ใดอีกบ้างที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เหมือนการเคลื่อนที่ของปืนใหญ่

<u>ขั้นกิจกรรม</u>

1. ครูนำกล่องสองใบมาวางบนพื้น ให้นักเรียนสังเกตแล้วใช้คำถาม ดังนี้

1.1 ลักษณะของกล่องทั้งสองเหมือนหรือต่างกันอย่างไร (มีรูปทรงเหมือนกัน แต่มีขนาดไม่เท่ากัน

1.2 เมื่อผลักกล่องทั้งสองใบให้เคลื่อนที่เข้ากระทบกัน โดยถือว่าพื้นมีแรงเสียดทานน้อยมากจะมีแรงใดกระทำต่อกล่องขณะเคลื่อนที่กระทบกันบ้าง (แรงที่กล่องใหญ่ดันกล่องเล็ก และแรงที่กล่องเล็กดันกล่องใหญ่)

1.3 แรงที่กล่องใหญ่ดันกล่องเล็กกับแรงที่กล่องเล็กดันกล่องใหญ่เกิดขึ้นพร้อมกันหรือไม่อย่างไร (เกิดขึ้นพร้อมกัน แต่เกิดบนวัตถุคนละก้อน)

1.4 ขนาดและทิศทางของแรงที่กล่องใหญ่ดันกล่องเล็ก กับแรงที่กล่องเล็กดันกล่องใหญ่เป็นอย่างไร (ขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกัน)

1.5 จากข้อ (1.2)-(1.4) เราเรียกแรงดังกล่าวว่าอย่างไร (แรงคู่กิริยา ปฏิกิริยา)

1.6 แรงที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อใดของนิวตัน กฎดังกล่าวมีใจความสำคัญอย่างไร (กฎข้อที่ 3 เมื่อมีแรงกิริยาจะมีแรงปฏิกิริยาขนาดเท่ากันกระทำในทิศทางตรงข้ามกันเสมอ)

2.3 กฎดังกล่าวเขียนเป็นสมการได้อย่างไร $\left(\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}\right)$

2. ครูให้นักเรียนวาดภาพแสดงขนาดและทิศทางของแรงแรงคู่กิริยา ปฏิกิริยาที่กระทำเมื่อกล่องเคลื่อนที่มากระทบกันโดยกำหนดให้กล่องที่มีมวลน้อยเป็นกล่อง A อยู่ทางด้านซ้ายมือ และกล่องที่มีมวลมากเป็นกล่อง B แล้วกำหนดตัวแปรให้นักเรียนดังนี้

$\vec{F}_{AB}$ แทนแรงที่กล่อง B กระทำต่อกล่อง A

$\vec{F}_{BA}$ แทนแรงที่กล่อง A กระทำต่อกล่อง B

Δt แทนช่วงเวลาที่กล่องเคลื่อนที่มากระทบกัน

$\vec{u}_A, \vec{v}_A$ แทนความเร็วของกล่อง A ก่อนและหลังการกระทบ

$\vec{u}_B, \vec{v}_B$ แทนความเร็วของกล่อง B ก่อนและหลังการกระทบ

3. ครูตรวจสอบภาพของนักเรียน แล้วให้นักเรียนแทนค่าตัวแปรต่าง ๆ ลงในสมการการเคลื่อนที่ แล้วใช้คำถามดังนี้

3.1 เมื่อแทนความเร็วก่อนและหลังการกระทบ สมการใหม่ของนักเรียนเป็นอย่างไร

$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$$

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

$$m_B\vec{v}_B - m_B\vec{u}_B = -m_A\vec{v}_A + m_A\vec{u}_A$$

$$m_A\vec{u}_A + m_B\vec{u}_B = m_A\vec{v}_A + m_B\vec{v}_B$$

3.2 ผลคูณระหว่างความเร็วก่อนกระทบกับมวลของวัตถุ $m_A\vec{u}_A$ และ $m_B\vec{u}_B$ คือปริมาณใด (โมเมนตัมก่อนการกระทบของกล่อง A และ B)

3.3 ผลคูณระหว่างความเร็วหลังกระทบกับมวลของวัตถุ $m_A\vec{v}_A$ และ $m_B\vec{v}_B$ คือปริมาณใด (โมเมนตัมก่อนหลังการกระทบของกล่อง A และ B)

3.4 ผลรวมโมเมนตัมก่อนการกระทบและหลังการกระทบของกล่องเป็นอย่างไร (เท่ากัน)

3.5 เมื่อผลักกล่องให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากระทบกัน มีแรงภายนอกหรือแรงลัพธ์มากระทบต่อกล่องหรือไม่ (ไม่มี)

3.6 จากข้อ (3.4)-(3.5) นักเรียนสรุปนิยามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้อย่างไร (เมื่อไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อระบบแล้ว โมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่เสมอ)

4. ครูให้นักเรียนอธิบายการเคลื่อนที่ของปืนใหญ่เมื่อมีการยิงกระสุนปืนออกไปด้านหน้าโดยใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

ขั้นสรุป

1. ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียน เรื่องกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม โดยใช้คำถาม ดังนี้

1.1 นักเรียนสรุปนิยามของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้อย่างไร (เมื่อไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อระบบแล้ว โมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่เสมอ)

1.2 ผลรวมโมเมนตัมตอนเริ่มต้น และสุดท้ายหาได้อย่างไร (หาได้จากผลรวมโมเมนตัมของวัตถุแต่ละก้อน)

1.3 กรณีที่วัตถุเคลื่อนในทิศตรงข้ามกับทิศความเร็วเดิม นักเรียนแทนค่าความเร็วดังกล่าวอย่างไร (แทนค่าติดลบ)

2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในหนังสือเรียนเป็นการบ้าน

การประเมินการเรียนรู้

1. ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนด้วยแบบวัดมโนทัศน์
2. ครูประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนจากการทำแบบฝึกหัด

สื่อการเรียนรู้

1. กล่องลัง 2 ใบที่มีขนาดแตกต่างกัน
2. กระดาฟลิปชาร์ท
3. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์

ตัวอย่าง
แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบปกติ
แผนที่ 8 เรื่อง การระเบิดของวัตถุ

รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 1 ช่วงชั้นที่ 4 (มัธยมศึกษาปีที่ 5)
เวลา 150 นาที ผู้สอน นางสาวอรชา ชูเชื้อ

.....

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบคาบเรียนแล้ว นักเรียนสามารถ

1. สังเกตและบอกความแตกต่างของวัตถุก่อนและหลังการระเบิดในแต่ละกรณีได้
2. เปรียบเทียบผลรวมโมเมนตัม และผลรวมพลังงานจลน์ก่อนและหลังการระเบิดในแต่ละกรณีได้
3. บอกความหมายและของการระเบิดได้
4. แสดงความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้

สาระการเรียนรู้

1. **ความรู้**

1.1 ความหมายของการระเบิด

การระเบิด หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุที่เดิมอยู่รวมเป็นมวลก้อนเดียวกันแล้วทำให้วัตถุแยกออกจากกันหรือยังคงรวมเป็นก้อนเดียวกัน โดยที่ผลรวมโมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่ แต่ผลรวมพลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น

1.2 การคำนวณการระเบิด

ภายหลังการระเบิดผลรวมของโมเมนตัมมีค่าคงที่ แต่ผลรวมพลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น ดังสมการ

โมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่

โมเมนตัมในแนวแกน X; $\sum \vec{p}_{\text{ก่อนระเบิดในแนวแกน X}} = \sum \vec{p}_{\text{หลังระเบิดหลังระเบิดในแนวแกน X}}$

โมเมนตัมในแนวแกน Y; $\sum \vec{p}_{\text{ก่อนระเบิดในแนวแกน y}} = \sum \vec{p}_{\text{หลังระเบิดหลังระเบิดในแนวแกน y}}$

พลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น

พลังงานจลน์ก่อนการระเบิด $\sum E_{k\ \text{ก่อนระเบิด}} = \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}mu_2^2$

พลังงานจลน์หลังการระเบิด $\sum E_{k\ \text{หลังระเบิด}} = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$

โดยที่ $\sum E_k$ ก่อนระเบิด $< \sum E_k$ หลังระเบิด

2. **ทักษะ /กระบวนการ /กระบวนการคิด**

2.1 ทักษะการสังเกต

2.2 ทักษะการคำนวณ

2.3 ทักษะการจัดระบบความคิด

3. **คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

3.1 ความมีส่วนร่วม

3.2 ความรับผิดชอบ

กิจกรรมการเรียนรู้

<u>ขั้นนำ</u>

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนยกตัวอย่างเหตุการณ์เกี่ยวกับการระเบิดที่นักเรียนแล้วใช้คำถามดังนี้

1.1 ก่อนการระเบิด วัตถุมีลักษณะอย่างไร (อยู่รวมเป็นมวลก้อนเดียวกัน)

1.2 หลังการระเบิดวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (แยกออกจากกัน)

2. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า “นอกจากเหตุการณ์ที่เกี่ยวกับการระเบิดของลูกระเบิด มีเหตุการณ์ใดอีกบ้างที่จัดเป็นการระเบิดของวัตถุ”

<u>ขั้นกิจกรรม</u>

1. ครูยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวกับการระเบิดของวัตถุ 3 เหตุการณ์คือกระสวยอวกาศที่กำลังแยกตัวออกเป็นสองส่วน เด็กที่กำลังเดินบนเรือประมง และการดีดตัวแยกออกจากกันของเมล็ดธัญพืชแล้วใช้คำถาม ดังนี้

1.1 ก่อนการระเบิดวัตถุมีลักษณะอย่างไร (อยู่รวมเป็นมวลก้อนเดียวกัน มีความเร็วเท่ากัน)

1.2 ภายหลังการระเบิดวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (วัตถุแยกจากกัน หรือยังคงรวมเป็นมวลก้อนเดียวกัน)

1.3 ผลรวมโมเมนตัมของวัตถุก่อนและหลังการระเบิดเท่ากันหรือไม่ ทราบได้อย่างไร (เท่ากัน เนื่องจากไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุหรือไม่)

1.4 ถ้าภายหลังการระเบิดวัตถุวัตถุเคลื่อนที่แยกจากกันโดยทำมุม θ ซึ่งกันและกัน นักเรียนคำนวณผลรวมโมเมนตัมได้อย่างไร (แยกพิจารณาผลรวมโมเมนตัมทั้งในแนวแกน X และแกน Y โดยอาศัยการแยกองค์ประกอบของเวกเตอร์)

2. ครูยกตัวอย่างโจทย์การคำนวณเรื่องการระเบิดโดยใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม จากนั้นให้นักเรียนคำนวณพลังงานจลน์ก่อนและหลังการระเบิด แล้วใช้คำถาม ดังนี้

2.1 พลังงานจลน์ของวัตถุหาได้อย่างไร (หาจากสมการ $\sum E_k = \frac{1}{2}mv^2$)

2.2 พลังงานจลน์ของระบบก่อนและหลังการระเบิดเป็นอย่างไร (มีค่าไม่เท่ากัน โดยพลังงานจลน์หลังการระเบิดมีค่ามากกว่าก่อนระเบิด)

3. นักเรียนคำนวณพลังงานจลน์ก่อนและหลังการระเบิดจากกรณีอื่น ๆ ที่ครูยกตัวอย่างเพื่อทดสอบว่าภายหลังการระเบิด พลังงานจลน์ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น

<u>ขั้นสรุป</u>

1. ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียนโดยใช้คำถาม ดังนี้

1.1 ก่อนการระเบิดวัตถุมีลักษณะอย่างไร (อยู่รวมเป็นมวลก้อนเดียวกัน มีความเร็วเท่ากัน)

1.2. ภายหลังการระเบิดวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (วัตถุแยกจากกันหรือยังคงรวมเป็นมวลก้อนเดียวกัน)

1.3 ผลรวมโมเมนตัม และผลรวมพลังงานจลน์ของระบบมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่อย่างไร (ผลรวมโมเมนตัมคงที่ แต่ผลรวมพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น)

1.4 นักเรียนสรุปความหมายของการระเบิดได้อย่างไร (การระเบิด หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุที่เดิมอยู่รวมเป็นมวลก้อนเดียวกันแล้วทำให้วัตถุแยกออกจากกันหรือยังคงรวมเป็นก้อนเดียวกัน โดยที่ผลรวมโมเมนตัมของระบบมีค่าคงที่ แต่ผลรวมพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น)

1.5 สามารถหาค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการระเบิดได้อย่างไร (คำนวณจากสูตรโมเมนตัม และพลังงานจลน์)

2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในหนังสือเรียนเป็นการบ้าน

การประเมินการเรียนรู้

1. ครูประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนด้วยแบบวัดมโนทัศน์
2. ครูประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเอกสารประกอบการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์

ภาคผนวก ง
คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 24 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมาย ระหว่างพฤติกรรมที่ต้องการวัดกับรายการประเมินของแบบประเมินกระบวนการแก้ปัญหา

รายการประเมินแบบวัดกระบวนการแก้ปัญหา	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
1. แบบจำลองทางความคิด 2. การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา 3. การระบุคำถามของปัญหา	อภิปรายเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิด ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องและคำถามของปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
4. การกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร 5. แผนภาพเวกเตอร์ 6. ความสอดคล้องระหว่างความสัมพันธ์ของตัวแปรกับสมการทางคณิตศาสตร์	อภิปรายและวิเคราะห์ปัญหาเชิงคุณภาพเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร การสร้างแผนภาพเวกเตอร์และการเชื่อมโยง ความรู้ทางฟิสิกส์ไปสู่ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
7. การลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา	การอภิปรายเพื่อตรวจสอบข้อมูลและการลำดับขั้นตอนการใช้ข้อมูลในการแก้ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
8. การปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด	ดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้	1	วัดได้สอดคล้อง
9. การตรวจสอบคำตอบและหน่วยของตัวแปร 10. การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการนำคำตอบมาอธิบายสถานการณ์ปัญหา	อภิปรายเพื่อประเมินการแก้ปัญหา	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 25 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) จำแนกตามละดับข้อของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดล

ลำดับข้อของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องโมเมนตัมและการดล	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.30	0.46
2	0.45	0.32
3	0.43	0.36
4	0.70	0.51
5	0.80	0.47
6	0.32	0.54
7	0.73	0.50
8	0.32	0.41
9	0.40	0.42
10	0.72	0.51

ตารางที่ 26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมาย ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

ข้อ	จุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
1	ความเข้าใจเกี่ยวกับนิยามของโมเมนตัม	1	วัดได้สอดคล้อง
2	ความเข้าใจเกี่ยวกับหน่วยของโมเมนตัม	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3	การนำความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อโมเมนตัมไปใช้อธิบายเหตุการณ์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
4	ความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อโมเมนตัม	1	วัดได้สอดคล้อง
5	การนำความคิดสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมไปใช้อธิบายเหตุการณ์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
6	การนำความคิดสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมและผลของแรงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมไปใช้อธิบายเหตุการณ์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
7	การนำความคิดสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมการดลและปัจจัยที่มีผลต่อการดลไปใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุ	1	วัดได้สอดคล้อง
8	การนำความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการดลและแรงดลไปใช้ในการอธิบายเหตุการณ์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
9	การนำความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการดลและแรงดลไปใช้ในการอธิบายเหตุการณ์	1	วัดได้สอดคล้อง
10	การนำความคิดสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการดลและแรงดลไปใช้ในการอธิบายเหตุการณ์	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมาย ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล (ต่อ)

ข้อ	จุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
11	ความจำเกี่ยวกับนิยามการอนุรักษ์โมเมนตัม	0.67	วัดได้สอดคล้อง
12	ความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์โมเมนตัม	0.67	วัดได้สอดคล้อง
13	การนำความคิดสำคัญเกี่ยวกับการอนุรักษ์โมเมนตัมไปใช้อธิบายเหตุการณ์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
14	การนำความคิดสำคัญเกี่ยวกับการอนุรักษ์โมเมนตัมไปใช้อธิบายเหตุการณ์	1	วัดได้สอดคล้อง
15	การนำความคิดสำคัญเกี่ยวกับการอนุรักษ์โมเมนตัมไปใช้อธิบายเหตุการณ์	1	วัดได้สอดคล้อง
16	ความเข้าใจประเภทการชนและลักษณะการชน	1	วัดได้สอดคล้อง
17	การนำแนวคิดสำคัญเกี่ยวกับลักษณะการชนและการระเบิดไปใช้ในการอธิบายเหตุการณ์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
18	ความเข้าใจเกี่ยวกับประเภทของการชน	1	วัดได้สอดคล้อง
19	ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการชน	1	วัดได้สอดคล้อง
20	ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของการชน	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 27 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) ตามลำดับข้อของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล

ลำดับข้อของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมเมนตัมและการดล	ค่าระดับความยาก (P)	ค่าอำนาจการจำแนก (r)
1	0.56	0.52
2	0.78	0.30
3	0.50	0.64
4	0.72	0.58
5	0.63	0.38
6	0.40	0.68
7	0.70	0.34
8	0.36	0.62
9	0.53	0.46
10	0.43	0.53
11	0.69	0.35
12	0.50	0.50
13	0.34	0.42
14	0.65	0.34
15	0.63	0.43
16	0.72	0.39
17	0.69	0.37
18	0.45	0.42
19	0.58	0.67
20	0.72	0.32

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอรชา ชูเชื้อ เกิดวันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2528 ภูมิลำเนาจังหวัดพังงา สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิตจากภาควิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชามัธยมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิชาเอกฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552