ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถใน
การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์
ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นางสาวจุฬาลักษณ์ ยิ้มดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

EFFECTS OF INSTRUCTION USING LEARNING STAGES OF BASIC INFERENCES ON SCIENTIFIC REASONING ABILITY AND PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Chulaluk Yimdee

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นางสาวจุฬาลักษณ์ ยิ้มดี
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิตา รักษ์พลเมือง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ พเยาว์ ยินดีสุข)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี : ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (EFFECTS OF INSTRUCTION USING LEARNING STAGES OF BASIC INFERENCES ON SCIENTIFIC REASONING ABILITY AND PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี, 174 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์คือ (1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น (2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป (3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น และ (4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ซึ่งศึกษาในภาคเรียนปลาย ปีการศึกษา 2556 จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้คือ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.82 และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.76 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ (1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์คิดเป็นร้อยละ 84.15 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70 และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5383323027 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: LEARNING STAGES OF BASIC INFERENCES / SCIENTIFIC REASONING ABILITY / PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT

CHULALUK YIMDEE: EFFECTS OF INSTRUCTION USING LEARNING STAGES OF BASIC INFERENCES ON SCIENTIFIC REASONING ABILITY AND PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: WATCHARAPORN KAEWDEE, Ph.D., 174 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this study were to (1) compare the scientific reasoning ability of students, before and after learning science through the instruction using learning stages of basic inferences, (2) compare the scientific reasoning ability of students between an experimental group that learned through the instruction using learning stages of basic inferences and a control group that learned through a traditional teaching method, (3) study the physics learning achievement of upper secondary school students who learned through the instruction using learning stages of basic inferences, and (4) compare the physics learning achievement of students between the experimental group and the control group. The samples were two classes of tenth grade students of a extra-large sized school under the Secondary Educational Service Area Office 2 during the second semester of the academic year 2013. The data collection instruments were the scientific reasoning ability test with reliability at 0.82 and the physics learning achievement test with reliability at 0.76. The collected data was analyzed by arithmetic mean, means of percentage, standard deviation and t-test.

The research findings were summarized as follows: (1) After the experiment, the experimental group had the mean score of scientific reasoning ability higher than before the experiment and higher the control group at .05 level of significance. (2) The experimental group had the mean score of physics learning achievement at 84.15 percent which was higher than the criterion score set at 70 percent and higher than that of the control group at .05 level of significance.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Curriculum and Instruction	Student's Signature .....
		Advisor's Signature .....
Field of Study:	Science Education	
Academic Year:	2013	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ด้วยการให้อบรม สั่งสอน ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ อันเป็นประโยชน์และมีคุณค่ายิ่งต่อการวิจัยและการประกอบวิชาชีพครูในอนาคต ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีที่ได้รับจึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ พเยาว์ ยินดีสุข กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาและให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ตลอดจนคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียนนนทรีวิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณอาจารย์เสาวลักษณ์ แต้วัฒนา หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และอาจารย์สุรสิทธิ์ จิรภัทรสกุล ที่ให้ความห่วงใย และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำวิจัย ตลอดจนนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ที่เรียนสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้คำแนะนำผู้วิจัยมาโดยตลอด

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอขอบคุณญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยห่วงใยและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยอย่างดียิ่งตลอดเวลาที่ศึกษาและทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง ตลอดจนให้การสนับสนุนในทุกด้านสำหรับการวิจัยครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามการวิจัย 6

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

สมมติฐานการวิจัย 6

ขอบเขตของการวิจัย 8

ข้อตกลงเบื้องต้น 9

นิยามคำศัพท์ 9

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

1. การอนุมานเบื้องต้น 12

1.1 ความสำคัญของการอนุมานเบื้องต้นในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 12

1.2 ความหมายและประเภทของการอนุมานเบื้องต้น 13

2. การเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น 16

2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา 16

2.2 ความเป็นมาของการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น 19

2.3 ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น 25

3. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 32

3.1 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 32

3.2 ความหมายและประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 33

3.3 แนวทางการวัดและประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 41

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 43

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 44

4.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 45

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

4.3 แนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 49
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 51
5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น 51
5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 53
5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 55
กรอบแนวคิดในการวิจัย 57
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 58
1. รูปแบบการวิจัย 58
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 59
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 60
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 69
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 70
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 71
1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 71
2. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 73
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 75
สรุปผลการวิจัย 76
อภิปรายผลการวิจัย 76
ข้อเสนอแนะ 83
รายการอ้างอิง 86
ภาคผนวก 89
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 90
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 93
ภาคผนวก ค เครื่องมือในการทดลอง 115
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 162
ภาคผนวก จ ตัวอย่างภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ขั้นตอนแบบอนุมานเบื้องต้น 170
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 174

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การเตรียมให้นักเรียนทุกคนมีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) เพื่อพร้อมสำหรับการดำเนินชีวิตในสังคมสมัยใหม่ กล่าวคือ การทำให้บุคคลสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเทคโนโลยี ตระหนักถึงคุณค่าของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และมีความรับผิดชอบต่อสังคม สามารถนำความรู้ไปใช้ในบริบทของสังคมโลกได้อย่างสมเหตุสมผล เมื่อบุคคลมีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจและการแข่งขันกับนานาประเทศ และช่วยในการดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมได้อย่างมีความสุข ทั้งนี้ การที่บุคคลมีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องแสดงถึงความสามารถหรือสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญ ดังนี้ 1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ เช่น ตระหนักถึงความเป็นไปได้ของปรากฏการณ์หรือประเด็นที่สนใจเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ 2) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น การนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ระบุคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การแปลความหมายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และการพยากรณ์ และ 3) การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้พยานและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การสร้างข้อโต้แย้ง และข้อสรุปเพื่อนำไปสู่การอธิบายและโต้แย้งอย่างมีเหตุผล (OECD, 2013)

เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้มีความเป็นสากลและสอดคล้องกับสังคมไทย โดยลักษณะของการจัดกิจกรรมต้องมีความยืดหยุ่นตามบริบท เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาอย่างมีศักยภาพและเกิดการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจ รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่หลากหลายทำให้เกิดเป็นองค์ความรู้แบบองค์รวม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2547) ดังนั้น แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนมีบทบาทในการวางแผนและเลือกทำกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองจากประสบการณ์จริง เพื่อให้นักเรียนได้องค์ความรู้และฝึกทักษะ กระบวนการคิด การประยุกต์องค์ความรู้มาใช้แก้ปัญหา และฝึกการลงมือปฏิบัติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2547)อีกทั้ง สอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ระบุว่า กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องเป็นแนวทางให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถาม และเห็นความสำคัญของการรวบรวมหลักฐาน เพื่อพัฒนาข้อสรุปเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการเรียนรู้นั้นต้องมีความเชื่อมโยงระหว่างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสื่อสารข้อสรุปอย่างมีเหตุมีผล (Flick & Lederman, 2004)การจัดการเรียนการ

สอนโดยใช้การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นการจัดประสบการณ์ให้นักเรียนมีการใช้เหตุผล ผ่านการปฏิบัติการทดลอง การแปลความหมายข้อมูล การให้ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้จะสามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หรือการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และสามารถสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (National Research Council, 2005)

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Reasoning) เกี่ยวข้องกับกระบวนการทดสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบ โดยนักเรียนทดสอบสมมติฐานผ่านการสำรวจตรวจสอบหรือการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสมมติฐาน และเมื่อสมมติฐานได้รับการปฏิเสธเพราะหลักฐานไม่มีความเป็นเหตุเป็นผลที่เพียงพอ ก็จะมีการสร้างสมมติฐานใหม่ (Howson & Urbach, 2006)การตั้งสมมติฐาน การใช้หลักฐาน และใช้เหตุผลเพื่อนำไปสู่การสรุปนั้นจัดเป็นหนึ่งในสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (OECD, 2013) ในชีวิตประจำวัน การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของบุคคลเป็นการคิดเชื่อมโยงระหว่างหลักการโดยทั่วไปกับความเป็นรูปธรรม และการให้เหตุผลยังถูกนำมาใช้ในกระบวนการค้นพบองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ ซึ่งลักษณะกิจกรรมของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะต้องให้โอกาสนักเรียนได้มีการสร้างสมมติฐานจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง และให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้จาการสังเกตและการปฏิบัติการทดลอง จนกระทั่งนำข้อมูลที่ได้มาสร้างคำพยากรณ์ ลักษณะกิจกรรมนี้จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจและสามารถประเมินข้อมูลข่าวสารอย่างมีวิจารณญาณ อีกทั้ง การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังมีส่วนในการช่วยส่งเสริมและพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจนสามารถนำไปสู่การเป็นบุคคลผู้มีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Giere, 1991)

โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ หรือ PISA (Programme for International Student Assessment) ได้ทำการประเมินผลการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอายุ 15 ปี มุ่งสำรวจศักยภาพในการประยุกต์ความรู้ ทักษะการใช้เหตุผล และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในตัวชี้วัดในการประเมินของ PISA และได้ทำการประเมินทุก 3 ปี ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการ PISA ในปี ค.ศ. 2000 2003 2006 2009 และ 2012 ผลการประเมินพบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ เท่ากับ 432 429 421 425 และ 441 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานของ OECD ที่ 500 คะแนน จากช่วงคะแนนที่ 0-1,000 และอยู่ในระดับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ระดับที่ 2 จากทั้งหมด 6 ระดับ ซึ่งระดับที่ 2 นี้มีช่วงคะแนนระหว่าง 409-484 หมายความว่า นักเรียนไม่สามารถระบุ อธิบายและประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่หลากหลายได้ และไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างการอธิบายและการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งต่างๆ เพื่อเป็นเหตุผลในการตัดสินใจ นักเรียนไม่สามารถแสดงออกถึงการใช้ความคิดและการมีความเป็นเหตุเป็นผลเชิงวิทยาศาสตร์ใน

ระดับสูง แต่นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบสถานการณ์ที่ไม่ซับซ้อนได้ และสามารถให้เหตุผลและแปลความผลจากการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ที่ตรงไปตรงมาได้

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาตามสังกัดในปี ค.ศ. 2009 พบว่า นักเรียนจากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.1) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เท่ากับ 395 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ระดับที่ 1 จากทั้งหมด 6 ระดับ ซึ่งระดับที่ 1 นี้มีช่วงคะแนนระหว่าง 335-409 หมายความว่า นักเรียนแสดงถึงการมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างจำกัด ให้คำอธิบายจากหลักฐานที่ตรงไปตรงมา และสามารถใช้องค์ความรู้ในสถานการณ์ที่คุ้นเคยได้ (Gurria, 2013; OECD, 2013; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554ก)

นอกจากการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยจะมีคะแนนอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานของ OECD ที่ 500 คะแนน โดยเฉพาะนักเรียนจากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.1) ในส่วนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก็อยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจ ดังเช่น จากการศึกษาของโครงการการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ หรือ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) ซึ่งประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (เกรด 8) ทุก 4 ปี ประเทศไทยได้เข้าร่วมโครงการนี้ในปี ค.ศ. 1999 2007 และ 2011 ผลการประเมินพบว่า นักเรียนไทยโดยภาพรวม มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 482 471 และ 451 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่ากลาง คือ 500 คะแนน จากช่วงคะแนน 0-1,000 คะแนน

เมื่อพิจารณาจำแนกตามด้านเนื้อหา (Content Domain) และด้านการคิดหรือการใช้สติปัญญา (Cognitive Domain) พบว่า ในปี ค.ศ. 2007 และ 2011 ในด้านเนื้อหานักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาชีววิทยาเท่ากับ 478 และ 460 คะแนน คะแนนเฉลี่ยวิชาเคมีเท่ากับ 461 และ 436 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์เท่ากับ 457 และ 430 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 วิชา พบว่า วิชาที่นักเรียนมีคะแนนต่ำที่สุด คือวิชาฟิสิกส์ และเมื่อพิจารณาจำแนกตามด้านการคิดหรือการใช้สติปัญญา พบว่า ในปี ค.ศ. 2007 และ 2011 นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านความรู้ความเข้าใจเท่ากับ 472 และ 443 คะแนนเฉลี่ยด้านการประยุกต์ใช้ความรู้เท่ากับ 472 และ 451 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยด้านการบูรณาการความรู้และการให้เหตุผลเท่ากับ 473 และ 453 คะแนน

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาตามสังกัดในปี ค.ศ. 2007 พบว่า นักเรียนจากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.1) คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิทยาศาสตร์เท่ากับ 474 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ เมื่อช่วงคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 400-475 หมายความว่า นักเรียนไม่สามารถแสดงให้เห็นว่ามีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมได้ และไม่สามารถใช้ความรู้เชื่อมโยงในการแก้ปัญหาได้ อีกทั้งนักเรียนไม่มีทักษะในการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์และการเขียนสรุปเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (IEA, 2008, 2012; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552ก)

เมื่อพิจารณาจากการประเมินผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ระดับประเทศไทยซึ่งเป็นการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ หรือ O-NET (Ordinary National Education Test) ระดับขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2548 ถึง 2556 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ร้อยละ 34.0 34.9 34.6 33.7 29.1 30.9 27.90 33.10 และ 30.48 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 ทุกปี ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาตามสังกัดในปี พ.ศ. 2555 พบว่า นักเรียนจากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เท่ากับ 22.62 คะแนน และเมื่อพิจารณาตามเขตพื้นที่ พบว่า นักเรียนจากโรงเรียนในเขตยานนาวามีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เท่ากับ 27.93 คะแนน จากช่วงคะแนนที่ 0-100 ในทำนองเดียวกับผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นสูง หรือ A-NET (Advanced National Education Test) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2548 ถึง 2551 พบว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 25.8 28.9 33.9 และ29.4 ตามลำดับ ยังต่ำกว่าร้อยละ 50 ทุกปี (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษากระทรวงศึกษาธิการ, 2550; สำนักทดสอบทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ., 2550)

สอดคล้องกับการสอบวิชาความถนัดทางวิชาการและวิชาชีพ หรือ PAT (Professional and Academic Aptitude Test) ของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (National Institute of Education Testing Service: NIETS) ที่ พบว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาความถนัดทางวิทยาศาสตร์ (PAT2) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั้ง 3 ครั้ง ในปี พ.ศ. 2552 มีคะแนนเฉลี่ย 90.5 87.9 และ 81.7 ตามลำดับ ซึ่งในปี พ.ศ. 2553 มีคะแนนเฉลี่ย 87.2 85.5 และ 100.1 ตามลำดับ และในปี พ.ศ. 2554 มีคะแนนเฉลี่ย 85.5 101.5 และ 93.8 ตามลำดับ โดยที่คะแนนเฉลี่ยวิชาความถนัดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ครั้ง ในปี พ.ศ. 2555 มีคะแนนเฉลี่ย 91.59 และ 88.27 ตามลำดับ และในปี พ.ศ. 2556 มีคะแนนเฉลี่ย 86.20 และ 96.63 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 300 คะแนน หมายความว่า คะแนนเฉลี่ยวิชาความถนัดทางวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2552 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจากคะแนนเต็มพบว่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 ทุกปี และอยู่ในระดับที่ควรได้รับการพัฒนา (National Institute of Education Testing Service, 2009; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553ข)

การอนุมานเป็นกระบวนการทำความเข้าใจของบุคคลที่จะนำไปสู่การลงข้อสรุป (Mayer, 2003: 95) และเป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในสร้างข้อสรุปและสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Vaughan, 2013: 1-7) การอนุมานเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Inference) เป็น

กระบวนการนำข้อมูล หลักฐานเชิงประจักษ์มาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และแปลความข้อมูลทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล เพื่อนำไปใช้ในการลงข้อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Vaughan & . 2013)

การเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นซึ่งพัฒนาขั้นตอนการสอนโดย Lawson (2009) เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิด การแปลความหมายของการสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งวิธีการทดลองสามารถนำมาตรวจสอบสมมติฐานได้อย่างสมเหตุสมผล จากนั้นนำข้อมูลหลักฐานที่ได้มาใช้ในการสร้างคำอธิบายและสร้างข้อสรุปในสถานการณ์ที่ศึกษา เพื่อมุ่งพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และทำให้นักเรียนเข้าใจหลักการทำงานทางวิทยาศาสตร์จนนำไปสู่ความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) *การสังเกตปัญหา* 2) *การตั้งคำถามเชิงสาเหตุ* 3) *การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย* 4) *การพยากรณ์* 5) *การรวบรวมหลักฐาน* 6) *การลงข้อสรุป และ* 7) *การนำเสนอ* ในองค์ประกอบของขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีจุดเด่นตรงที่สามารถส่งเสริมและฝึกฝนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ การให้เหตุผลแบบสมมตินัย การให้เหตุผลแบบอธิบาย การให้เหตุผลแบบนิรนัย และการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และการรู้ทางวิทยาศาสตร์

โดยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีพัฒนาการขั้นตอนการสอนมาจากวงจรการเรียนรู้ตามลำดับต่อไปนี้ **(1) วงจรการเรียนรู้** (Learning Cycles) (Lawson, 1995) เป็นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบแบบหนึ่งที่เน้นกระบวนการค้นพบและกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจปรากฏการณ์ใหม่ การสร้างมโนทัศน์ใหม่ และการนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แปลความสถานการณ์ที่กำลังศึกษาหรือสถานการณ์อื่นที่คล้ายคลึงกัน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) *ขั้นการศึกษาสำรวจ* 2) *ขั้นแนะนำคำสำคัญ* และ 3) *ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์* **(2) วงจรแบบสมมติฐานนิรนัย** (Cycles of Hypothetico-Deductive) (Lawson, 2002)เป็นแบบแผนการจัดการเรียนการสอน โดยมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลและการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) *ขั้นการสังเกตปัญหา* 2) *ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ* 3) *ขั้นการตั้งสมมติฐาน* 4) *ขั้นการพยากรณ์* 5) *ขั้นการเปรียบเทียบและ* 6) *ขั้นการลงข้อสรุป* **(3) วงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์** พยากรณ์ (Cycles of Hypothetico-Predictive) (Lawson, 2003) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้เกิดการโต้แย้ง โดยอาศัยขั้นการพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ได้แก่ ขั้นการคิดอย่างเป็นนามธรรม เพื่อพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ และทักษะการใช้เหตุผลหรือทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) *ขั้นการสังเกตปัญหา* 2) *ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ* 3) *ขั้นการอธิบายข้อเสนอ* 4) *ขั้นการวางแผนการทดสอบ* 5) *ขั้นผลลัพธ์จากการพยากรณ์และการสังเกตการทดสอบ* และ 6) *ขั้นการสรุป* สอดคล้องกับ การวิจัยของเกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548: 80-81) ที่ได้จัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์

ชีววิทยาได้ เนื่องจากมีลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนได้ฝึกการสร้างสมมติฐานและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เปรียบเทียบเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์

จากแนวคิด ทฤษฎีและสภาพปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เนื่องจากนักเรียนได้ฝึกการสร้างและตรวจสอบสมมติฐานได้อย่างสมเหตุสมผล เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Lawson, 2009) และสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน ทำให้มีความสนใจในการนำขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยคาดหวังว่าการจัดการเรียนการสอนจะทำให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้และใช้การคิดในวิชาฟิสิกส์

คำถามการวิจัย

นักเรียนกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ตามขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไปหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น
4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป

สมมติฐานการวิจัย

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การอนุมานเบื้องต้นซึ่งเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สร้างสมมติฐาน วิธีการคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์เพื่อค้นพบองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ฝึกทักษะการใช้เหตุผลและทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อันนำไปสู่ผู้มีความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ การที่นักเรียนได้อธิบายการสังเกต ตั้งสมมติฐานทางเลือก รวมทั้งระดมสมองเพื่อทดสอบสมมติฐานโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเกตและผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง และกระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การอนุมานจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิด การแปลความหมายของการสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งวิธีการทดลองสามารถนำมาตรวจสอบสมมติฐานได้อย่างสมเหตุสมผล จากนั้นนำข้อมูลหลักฐานที่ได้มาใช้ในการสร้างคำอธิบายและสร้างข้อสรุปในสถานการณ์ที่ศึกษา เพื่อมุ่งพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และทำให้นักเรียนเข้าใจหลักการทำงานทางวิทยาศาสตร์จนนำไปสู่ความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Lawson, 2009: 337) ดังงานวิจัยต่อไปนี้

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนของวงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์ (Lawson, 2003: 1387) ซึ่งมีลักษณะที่เน้นให้นักเรียนได้มีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การตอบคำถามเชิงสาเหตุและกำหนดการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับบริบทที่ศึกษา ซึ่งนักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์และทักษะการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมการเรียนการสอน สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรแบบสมมติฐานนิรนัย (Lawson, 2002) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) *ขั้นการสังเกตปัญหา* (Puzzling Observation) 2) *ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ* (Causal Question) 3) *ขั้นการตั้งสมมติฐาน* (Hypotheses) 4) *ขั้นการพยากรณ์* (Prediction) 5) *ขั้นการเปรียบเทียบ* (Comparing) 6) *ขั้นการลงข้อสรุป* (Drawing Conclusion) ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรแบบสมมติฐานนิรนัยสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ จากนั้น เกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ได้นำขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 60 และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากแนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสมมติฐานการวิจัยดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น มีการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการเรียนสูงกว่าร้อยละ 70

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ

2.1.1 การเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

2.1.2. การเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

2.3. ตัวแปรควบคุม ได้แก่

2.3.1 เนื้อหาวิชาและจำนวนเรื่องที่ใช้ในการเรียนการสอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นเนื้อหาเดียวกัน คือ เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง โมเมนตัมและการชน ประกอบด้วย ความหมายของโมเมนตัม แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม ความหมายของแรงดล และความหมายของการดล ความหมายของการชน ความหมายของการชนในหนึ่งมิติและสองมิติ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และความหมายของการระเบิด

2.3.2 ผู้สอน ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.3.3 ระยะเวลาและจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่ากันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ข้อตกลงเบื้องต้น

การเรียนในช่วงเวลาต่างกัน การเรียนการสอนทั้ง 2 แบบ คือ (1) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น และ (2) การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป ไม่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

นิยามคำศัพท์

1. การเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิด โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกต สำรวจตรวจสอบเพื่อนำมาสู่ข้อสรุป ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอนตามลำดับ (Lawson, 2009: 336-364) ดังนี้

(1) การสังเกตปัญหา (Puzzling Obervation) คือ การสังเกต สำรวจสถานการณ์ตัวอย่าง และบันทึกผลการสังเกต เพื่อนำไปใช้ในการตั้งคำถามและสร้างสมมติฐาน

(2) การตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (Causal Question) คือ การนำข้อมูลจากการสังเกตการณ์ตัวอย่างมาอภิปรายร่วมกันจากนั้นตั้งคำถามเชิงสาเหตุที่แสดงถึงสาเหตุและผลที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การคิด การตั้งสมมติฐาน และการลงข้อสรุป

(3) การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย (Multiple Hypotheses) คือ การอภิปรายร่วมกันโดยระดมสมองเพื่อคาดคะเนคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้ซึ่งเป็นการสร้างสมมติฐานหรือ*การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abductive Reasoning)* โดยนำเสนอในรูปแบบการเขียนแบบ “ถ้า...และ...แล้ว... ดังนั้น...” และนำไปสู่การกำหนดแนวทางในการตรวจสอบสมมติฐาน

(4) การพยากรณ์ (Predictions) คือ การประเมินสมมติฐานที่หลากหลาย เพื่อคัดเลือกสมมติฐานที่เป็นไปได้ร่วมกันหรือ*การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroductive Reasoning)* โดยนำเสนอในรูปแบบการเขียนแบบ “ถ้า...และ...แล้ว...ดังนั้น...” จากนั้นการวางแผนกำหนดแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบสมมติฐานหรือ*การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning)* โดยนำเสนอในรูปแบบการเขียนแบบ “**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์)”

(5) การรวบรวมหลักฐาน (Evidence) คือ การลงมือปฏิบัติตามแผนที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้การศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ การสำรวจตรวจสอบหรือทำการทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์

(6) การลงข้อสรุป (Draw a Conclusion) คือ การนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปลผล สรุปผลความสัมพันธ์ของข้อมูลและให้ข้อสรุปซึ่งเป็น*การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction)* ซึ่งนำเสนอในรูปแบบ “**ถ้า**... (สมมติฐาน)

และ... (การทดสอบวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์) **แต่**... (ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**... (ข้อสรุป)"

(7) การนำเสนอ (Presentation) คือ การนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบหรือทำการทดลองมาจัดกระทำใหม่ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ จากนั้นอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบและการสรุปมโนทัศน์ของบทเรียน

2. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การคิดของบุคคลในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบหรือทำการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นองค์ความรู้ ซึ่งวัดโดยใช้แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวความคิดของ Lawson (2009: 338)

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ หมายถึง ความสำเร็จทางการเรียนรู้อันเกิดจากการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ โดยมีแนวทางการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำมโนทัศน์ไปใช้ ตามแนวคิดของ Heller (2012) และวัดโดยใช้แบบสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

4. การเรียนการสอนโดยวิธีแบบทั่วไป หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบสอบ ซึ่งครูวิทยาศาสตร์ใช้กันโดยทั่วไปในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน โดยมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้เกิดความสนใจในการเรียนและเกิดปัญหาทำให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น ด้วยการสนทนา ตั้งคำถาม เป็นต้น และทบทวนประสบการณ์เดิมของนักเรียน

2) ขั้นกิจกรรม ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นหาความรู้และคำตอบด้วยตนเอง และนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และอภิปรายร่วมกัน

3) ขั้นสรุป นักเรียนระบุสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ โดยครูเป็นผู้นำอภิปรายสรุปความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

5. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในโรงเรียนนนทรีวิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การอนุมานเบื้องต้น
    1.1 ความสำคัญของการอนุมานเบื้องต้นในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
    1.2 ความหมายและประเภทของการอนุมานเบื้องต้น
2. การเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น
    2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา
    2.2 ความเป็นมาของการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น
    2.3 ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น
3. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    3.1 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    3.2 ความหมายและประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    3.3 แนวทางการวัดผลและประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์
    4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์
    4.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    4.3 แนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น
    5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. การอนุมานเบื้องต้น

จากการศึกษาเกี่ยวกับการอนุมานเบื้องต้น สามารถแบ่งประเด็นที่ศึกษาได้ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ความสำคัญของการอนุมานเบื้องต้นในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และ 2) ความหมายและประเภทของการอนุมานเบื้องต้น แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความสำคัญของการอนุมานเบื้องต้นในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ในปัจจุบันวิทยาศาสตร์เป็นการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ยังเน้นการลงมือปฏิบัติการทดลองและใช้การสังเกตเป็นส่วนสำคัญ เพื่อค้นหาความเชื่อมโยงใหม่ๆจากการทดสอบ และประมาณการปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่อาจจะเกิดขึ้น จากการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อค้นพบองค์ความรู้ โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) สมมติฐาน (Hypothesis) เป็นการอธิบายปรากฏการณ์หรือการให้ข้อเสนอที่เชื่อมโยงระหว่างปรากฏการณ์ 2) การพยากรณ์ (Prediction) เป็นการใช้สมมติฐานที่ได้ผ่านการยอมรับเพื่อนำมาทำนายผลจากการทดลองหรือผลจากการสังเกต 3) การสังเกต (Observation) เป็นการสะสมข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อนำมาสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ และ 4) การอนุมาน (Inference) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างการพยากรณ์และการสังเกตที่ได้ผ่านการเรียนรู้เกี่ยวกับสมมติฐาน ดังนั้น การอนุมานเป็นส่วนหนึ่งของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้เพื่อสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Vaughan & . 2013)

เป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และกรอบแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ต่างให้ความสำคัญกับความเข้าใจถึงวิธีการให้เหตุผล และการโต้แย้งถึงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่จัดได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ดังนั้นการใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีรากฐานการพัฒนามาจากวงจรการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Lawson (1995: 132-139) โดยในปี ค.ศ. 2002 Lawson (2002: 1-17) ยังได้พัฒนาขั้นตอนของวงจรแบบสมมติฐาน - นิรนัย และต่อมาในปี ค.ศ. 2003 ได้พัฒนาขั้นตอนของวงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์ (Lawson, 2003: 1387-1408) จนกระทั่งพัฒนามาเป็นขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นซึ่งมีการปฏิสัมพันธ์กันของนักเรียนในลักษณะดังนี้ 1) ขั้นตอนการสำรวจสิ่งที่เกิดขึ้นในการสังเกตปัญหา 2) ขั้นตอนการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ 3) ขั้นตอนการระดมสมองอย่างสร้างสรรค์ที่เกิดขึ้นในการตั้งสมมติฐานอย่างหลากหลายซึ่งเป็นการสร้างการให้เหตุผลแบบสมมตินัย 4) ขั้นตอนการทดสอบการวางแผนโดยใช้การให้เหตุผลแบบอธิบายซึ่งต่อมาจะเป็นการให้เหตุผลแบบนิรนัย จนนำไปสู่การพยากรณ์ที่ระบุไว้อย่างชัดเจน 5) ขั้นตอนการ

รวบรวมหลักฐานอย่างน้อยทฤษฎีอาจจะขัดแย้งกับสมมติฐานแต่ละอัน 6) ขั้นตอนการเปรียบเทียบระหว่างการพยากรณ์และหลักฐาน โดยผ่านการให้เหตุผลแบบนิรนัย เพื่อการลงข้อสรุป และ 7) ขั้นตอนการนำเสนอ การเตรียมพร้อมและนำเสนอการโต้แย้งด้วยการเขียนและการพูด รวมถึงนำเสนอหลักฐานที่เก็บรวบรวมได้และการให้เหตุผลในรูปแบบ ถ้า/แล้ว/ดังนั้น ในองค์ประกอบของขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีจุดเด่นตรงที่สามารถส่งเสริมและฝึกฝนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ การให้เหตุผลแบบสมมตินัย การให้เหตุผลแบบอธิบาย การให้เหตุผลแบบนิรนัย และการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และการรู้ทางวิทยาศาสตร์(Lawson, 2009: 336-362)

การใช้การอนุมานเบื้องต้นในการจัดการเรียนการสอน ว่าเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ และทำให้นักเรียนสร้างสมมติฐานและสร้างทฤษฎี ซึ่งเป็นการปลูกฝังวิธีการคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์เพื่อค้นพบองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และยังเป็นการฝึกทักษะการใช้เหตุผลและทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน อันนำไปสู่ผู้มีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ได้ (Lawson, 2009: 337)

การใช้การอนุมานเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Inference) ในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์หรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งลักษณะกิจกรรมของการอนุมานเชิงวิทยาศาสตร์จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลการพยากรณ์และการสังเกต จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในข้อมูลและสามารถแปลความข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น หากนักเรียนได้ใช้การอนุมานเชิงวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจและการแปลความมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Vaughan, 2013: 6-7)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 ความหมายและประเภทของการอนุมานเบื้องต้น

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายและประเภทการอนุมานเบื้องต้น สามารถแบ่งประเด็นที่ศึกษาได้ 2 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมายของการอนุมานเบื้องต้น และ 2) ประเภทของการอนุมานเบื้องต้น แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 ความหมายของการอนุมานเบื้องต้น

สำหรับความหมายของการอนุมาน มีนักวิชาการและนักการศึกษาให้ความหมายไว้แตกต่างกันดังนี้

Kant (1992) กล่าวว่า “การอนุมานเบื้องต้น (basic of inferences) หมายถึง อำนาจในการตัดสินใจ เช่น คนจำนวนมากอาจไม่เห็นด้วยกับคนหนึ่งโดยไม่ต้องมีข้อตกลงร่วมกัน ถึงแม้อำนาจการตัดสินใจจะเป็นของคนส่วนมาก แต่ยังต้องคำนึงถึงวิธีการที่นำไปสู่ข้อตกลงร่วมกัน”

Cummings (2005)กล่าวว่า “การอนุมาน (Inference) หมายถึง กระบวนการแยกข้อมูลใหม่ระหว่างความหมายโดยนัย (implicit) ออกจากข้อความโดยตรง (Explicit) ซึ่งเป็นพื้นฐานของกระบวนการอนุมาน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเราบอกว่าผู้หญิงทุกคนในชั้นเรียนนายสมิธเป็นผู้สูบบุหรี่ และซูซี่เป็นผู้หญิงในชั้นเรียนนายสมิธ เราสามารถสรุปได้ว่าซูซี่เป็นนักสูบบุหรี่ เป็นต้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นกระบวนการที่ผู้รับสารจากการสนทนานั้นได้รับความหมายโดยนัยจากคำพูดของผู้พูด ยกตัวอย่างเช่น ผู้พูดบอกว่า “ที่นี่มันอุ่น” ซึ่งคำพูดนี้ทำหน้าที่เป็นคำขอทางอ้อม เพื่อที่จะให้ปิดสวิตซ์การให้ความร้อน”

Harman and Kulkarni (2007) กล่าวว่า “การอนุมาน (Inference) หมายถึง รูปแบบการให้เหตุผลแบบทั่วไปที่ต้องมีการพิสูจน์ การให้เหตุผลโดยใช้เทอมของข้อกล่าวอ้าง (premises) และข้อสรุปสื่อกลาง (intermediate conclusion) ซึ่งต้องมีความสอดคล้องกับกฎของการอนุมาน (rules of inferences) เพื่อที่จะยอมรับหรือปฏิเสธการพิสูจน์นั้น”

Lawson (2009: 358) กล่าวว่า “การอนุมานเบื้องต้น (Basic inferences) หมายถึง กระบวนการค้นพบองค์ความรู้ โดยอาศัยขั้นตอนการสังเกตปัญหา การตั้งคำถามเชิงสาเหตุ การตั้งสมมติฐาน การทดสอบการวางแผน การพยากรณ์ การทดสอบการปฏิบัติ ผลลัพธ์ และสรุปผล เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสร้างความสัมพันธ์และให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้เชิงประจักษ์”

(Moshman, 2011) กล่าวว่า “การอนุมาน (Inference) หมายถึง กระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลในอดีตและปัจจุบันของบุคคล จนกระทั่งบุคคลสามารถสร้างเป็นข้อมูลใหม่ได้”

Vaughan (2013: 3-7) กล่าวว่า “การอนุมานเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Inference) หมายถึง กระบวนการนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปข้อมูลทางวิทยาศาสตร์”

วิทยา ศักยาภินันท์ (2551) กล่าวว่า “การอนุมาน (Inference) หมายถึง กระบวนการใช้ความคิดโดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์กันระหว่างข้ออ้างด้วยกัน เช่น ดาวเคราะห์มีแรงดึงดูด(ข้ออ้าง) โลกเป็นดาวเคราะห์(การอนุมาน) ฉะนั้นโลกมีแรงดึงดูด(ข้อสรุป)”

ราชบัณฑิตยสถาน (2551) กล่าวว่า “การอนุมาน (Inference) หมายถึง กระบวนการที่ทำให้ได้รับความรู้อย่างหนึ่งโดยอาศัยความรู้อีกอย่างหนึ่งเป็นสื่อกลาง เช่น สังเกตสิ่งที่มีสีขาวหลายชนิด พบว่าล้วนสะท้อนแสง จึงสรุปว่า “สีขาวสะท้อนแสง” การอนุมานแบบนี้เรียกว่า การอุปนัย (induction) ถ้าอาศัยความรู้ทั่วไปเพื่อหาความรู้เฉพาะราย เช่น จากความรู้ว่า “สีขาวสะท้อนแสง” เมื่อนำไปขยายจะทำให้รู้ว่าสิ่งที่มีสีขาวทั้งหมดก็จะสะท้อนแสงด้วย การอนุมานแบบนี้ เรียกว่า การนิรนัย (deduction)”

รูปทอง กว้างสวาสดิ์ (2554) กล่าวว่า “การอนุมาน (Inferring) หมายถึง การตีความสิ่งที่อยู่นอกเหนือข้อมูลที่ปรากฏ เช่น เมื่อได้กลิ่นควันไฟก็คิดหาเหตุผลแล้วจึงลงความเห็นว่าต้องมีบางอย่างกำลังถูกเผาไหม้”

จากการศึกษาความหมายของการอนุมานเบื้องต้น สรุปว่า การอนุมานเบื้องต้น (Basic Inferences) หมายถึง กระบวนการใช้ความคิด โดยผ่านการพิจารณาและพิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจนได้เป็นข้อสรุปใหม่

1.2.2 ประเภทของการอนุมานเบื้องต้น

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเภทของการอนุมานเบื้องต้นสรุปว่ามีนักการศึกษาได้จำแนกประเภท ไว้ดังนี้

Kant (1992) จำแนกประเภทของการอนุมานเบื้องต้นไว้ 2 ประเภท ได้แก่ การอุปนัย (Induction) และการอุปมาอุปไมย (Analogy) ทั้งนี้ อำนาจการตัดสินใจที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการนำข้อสรุปที่เฉพาะเจาะจงไปสู่ข้อสรุปโดยทั่วไป ยังต้องเป็นข้อสรุปที่ไม่ได้เกิดจากการใช้ประสบการณ์เดิมที่มี การลงความเห็น หรือเหตุผลใดเหตุผลหนึ่งเพียงเท่านั้น แต่ต้องคำนึงถึงการยอมรับและเห็นด้วยจากบุคคลทุกภาคส่วนบนพื้นฐานหลักการเดียวกัน ซึ่งการอนุมานแบบนี้จะถูกเรียกว่า การอนุมานที่ผ่านการอุปนัย

Harman and Kulkarni (2007) จำแนกประเภทของการอนุมานเบื้องต้นไว้ 2 ประเภท ได้แก่ การให้เหตุผลแบบนิรนัย และการให้เหตุผลแบบอุปนัย

Lawson (2009) จำแนกประเภทของการอนุมานเบื้องต้นไว้ 4 ประเภท ได้แก่ การอนุมานแบบสมมตินัย (Abductive Inferences) การอนุมานแบบอธิบาย (Retroductive Inferences) การอนุมานแบบนิรนัย (Deductive Inferences) การอนุมานแบบอุปนัย (Inductive Inferences)

Moshman (2011) จำแนกประเภทของการอนุมานไว้ 5 ประเภท ได้แก่ อนุมานแบบเปรียบเทียบ (Analogical Inferences) อนุมานแบบความเป็นไปได้ (Probabilistic Inferences) อนุมานแบบนิรนัย (Deductive Inferences) การอนุมานเชิงตรรกะ (Logical Inferences) และการอนุมานที่สมเหตุสมผล (Defensible Inferences)

Vaughan (2013) จำแนกประเภทของการอนุมานไว้ 2 ประเภท ได้แก่ 1) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) เป็นการให้เหตุผลจากทฤษฎีโดยทั่วไป ไปสู่การพยากรณ์ที่เฉพาะเจาะจง และ 2) การให้เหตุผลแบบอนิรนัย (Non-deductive Reasoning) เป็นการให้เหตุผลจากข้อมูลที่มีขอบเขตไปสู่ข้อสรุปโดยทั่วไป ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะของข้อสรุปโดยทั่วไปออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การให้ข้อสรุปโดยทั่วไปเป็นข้อมูลที่ไม่ได้มาจากการสังเกต คือ การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction) และ 2) การให้ข้อสรุปโดยทั่วไปเป็นทฤษฎีที่ได้มีการอธิบายไว้ คือ การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abduction)

จากการศึกษาประเภทของการอนุมานเบื้องต้น สรุปว่า มีการจำแนกประเภทของการอนุมานเบื้องต้นไว้ 2 ประเภท ได้แก่ การอนุมานแบบนิรนัย และการอนุมานแบบอุปนัย

2. การเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

การศึกษาเกี่ยวกับการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น มีประเด็นที่นำเสนอ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา 2) ความเป็นมาของการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น และ 3) ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดของทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Theory of Developmental Intelligence) เพียเจต์ (Piaget) ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละประเด็นดังนี้

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของพียเจต์เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการคิดทางสติปัญญาของเด็กจากแรกเกิดจนถึงวัยรุ่น โดยมีเป้าหมายของของพัฒนาการ คือ พัฒนาความสามารถที่จะคิด

อย่างมีเหตุผลกับสิ่งที่เป็นนามธรรม คิดตั้งสมมติฐานอย่างมีเหตุผล และการคิดแก้ปัญหา (Mclnerney & Mclnerney, 2002; Moshman, 2011)

แนวคิดของทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญามีความเชื่อว่าโดยธรรมชาติพื้นฐานของมนุษย์มีแนวโน้มที่จะมีกระบวนการจัดการอย่างเป็นระบบ (Organization) (Leslie, 2004) และสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม (Adaptation) เป็นแนวโน้มที่ติดตัวมาแต่กำเนิด (Mclnerney & Mclnerney, 2002) กระบวนการที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับธรรมชาติหรือสิ่งแวดลล้อมจะทำให้เด็กมีการดูดซึมภาพ เหตุการณ์ต่างๆ เข้าไปตามประสบการณ์ของเด็กแต่ละคน (Assimilation) และสามารถปรับเปลี่ยนความคิดจากประสบการณ์เดิมให้สอดคล้องกับประสบการณ์ใหม่ๆได้ (Accommodation) (Moshman, 2011: 23-24) จนกระทั่งเด็กสามารถผสมผสานความคิดระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ๆ สภาพการณ์นี้ทำให้เด็กเกิดความสมดุลย์(Equilibration) หรือกระบวนการพัฒนาสมดุล (Processes of Equilibration) อย่างไรก็ตาม เด็กสามารถเกิดความไม่ผสมผสานกันทางความคิดหรือทำให้เกิดความอสมดุล (Disequilibrium) ทางความคิดขึ้นได้เช่นเดียวกัน เมื่อเด็กเกิดสภาวะความขัดแย้งทางสติปัญญา (Cognitive conflict) จะพยายามปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปสู่สภาวะความสมดุลทางสติปัญญา (Leslie, 2004; Mclnerney & Mclnerney, 2002)ประกอบกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญามีหัวใจสำคัญ คือ พัฒนาการทางด้านการคิดหรือการปฏิบัติการทางความคิด (Operation) เช่น เด็กจะต้องสามารถคิดย้อนกลับได้ (Reversibility) เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการคิดแก้ปัญหาต่างๆได้ (Moshman, 2011: 3-10) ซึ่งสามารถสรุปขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาได้ดังนี้

เพียเจต์ได้แบ่งขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาออกเป็นขั้น 4 ขั้น โดยมีหลักการการพิจารณาจากระยะเวลาของการริเริ่ม รวบรวมความรู้ และการคิดในลักษณะต่างๆ และเมื่อถึงขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาแต่ละขั้นจะเป็นจุดเริ่มต้นของขั้นพัฒนาการที่สูงขึ้นไปอย่างต่อเนื่องกัน ซึ่งเพียเจต์ได้แบ่งออกเป็น 4 ขั้น (Mclnerney and Mclnerney, 2002: 27) ดังนี้

1) ขั้นรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensorimotor stage)

ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี พฤติกรรมของเด็กในวัยนี้จะขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหวเป็นส่วนใหญ่ และสามารถแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการทางสติปัญญา เช่น เด็กสามารถคิดแก้ปัญหาได้และแสดงออกโดยทางการกระทำ (Action) (Leslie, 2004: 525-529)

2) ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational stage)

ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 2-7 ปี เด็กในขั้นนี้จะมีจุดเด่นในด้านพัฒนาการทางภาษา และใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการคิด แต่เด็กจะยังไม่สามารถคิดย้อนกลับได้ (Mclnerney and Mclnerney, 2002: 28-32)

3) ขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete-operational stage)

ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 7-12 ปี ขณะที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมจะทำให้เด็กมีพัฒนาการอยู่ในขั้นที่สามารถใช้การคิดอย่างมีเหตุผล รู้จักการคิดแก้ปัญหา จุดเด่นของเด็กวัยนี้ คือ ความสามารถในการคิดย้อนกลับได้ (Mclnerney and Mclnerney, 2002: 33-35)

4) ขั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal-operational stage)

ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 7-12 ปี เด็กในขั้นนี้จะมีพัฒนาการทางด้านความรู้ความเข้าใจ และสามารถคิดเกี่ยวกับสิ่งทีไม่มีตัวตนหรือนามธรรม สามารถแสดงออกถึงการคิดในเชิงสัดส่วน (Propositional thinking) (Mclnerney and Mclnerney, 2002: 35-37) รวมถึงสามารถใช้การคิดอย่างมีเหตุผลในการแก้ปัญหาต่างๆที่เป็นรูปธรรม และสามารถที่จะให้เหตุผลแบบสมมติฐานนิรนัย (Hypothetico-deductive reasoning) เช่น เด็กสามารถสามารถวางแผนโดยภาพรวมสำหรับการแก้ปัญหาหรือวางแผนวิธีการทดสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบได้ และเริ่มมีความคิดแบบผู้ใหญ่ สามารถคิดหาเหตุผลนอกเหนือจากข้อมูลที่มีอยู่ เช่น เด็กจะสามารถเพิ่มความเข้าใจได้จากรับรู้ (Perception) ข้อมูลซึ่งก่อให้เกิดความรู้สึกนึกคิด (Senses) จากนั้นเชื่อมโยงความรู้สึกนึกคิดในขณะนั้นกับความรู้สึกนึกคิดในอดีต หรือเป็นกระบวนการสร้างข้อมูลใหม่ จนกระทั่งกลายเป็นความทรงจำ (Remembering) หรือข้อมูลใหม่ในที่สุด ซึ่งในลักษณะกระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านี้เรียกว่า การอนุมาน (Inference) (Moshman, 2011: 3-24)

หลักการจัดการศึกษาตามแนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ คือ การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตามความสามารถทางสติปัญญา การพัฒนาทางสติปัญญาเกิดขึ้นได้โดยการปรับโครงสร้างทางความคิดให้อยู่ในสภาวะสมดุลและพยายามเพิ่มพูนสติปัญญา การสอนครูควรให้ผู้เรียนได้พบสถานการณ์ปัญหา ใช้ความคิดแก้ปัญหา ทดลองแก้ปัญหา และหาเหตุผลที่ใช้สำหรับวิธีการแก้ปัญหา (Mclnerney and Mclnerney, 2002: 38-40)

จากหลักการจัดการศึกษาตามแนวคิดของเพียเจต์มีประโยชน์ต่อครูวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น ในขั้นการคิดแบบนามธรรม เด็กวัยนี้สามารถคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นนามธรรมและสร้างสมมติฐานได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูควรจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนค้นพบ โดยที่นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบความรู้ทางวิทาศาสตร์ จากนั้นครูควรให้นักเรียนได้รู้จักตั้งสมมติฐาน ลงข้อสรุป วางแผนวิธีการทดลอง และสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิด ในการสอนครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถามและแสดงความคิดเห็นของตนเอง เนื่องจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน (Social interaction) จะช่วยให้นักเรียนสามารถคิดและสามารถพัฒนาสติปัญญา (Cognitive development) ได้ด้วย (Mclnerney & Mclnerney, 2002; Wadsworth, 1996)

2.2 ความเป็นมาของการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น เป็นวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มีรากฐานการพัฒนามาจากวงจรการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Lawson (1995: 132-139) โดยเป็นวิธีการสอนที่เน้นกระบวนการแบบค้นพบและกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจปรากฏการณ์ใหม่ การสร้างมโนทัศน์ใหม่ และการนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้ตีความสถานการณ์ที่กำลังศึกษาหรือสถานการณ์อื่นที่คล้ายคลึงกัน เพื่อที่จะสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาความตระหนักรู้ที่ส่งผลต่อทักษะการคิด ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

1) ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมโดยการสังเกต การตั้งคำถาม การอภิปราย การให้เหตุผล การพยากรณ์ และสำรวจจนกระทั่งทำการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล จดบันทึก โดยที่นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็ก ซึ่งครูมีบทบาทเป็นผู้กระตุ้นและชี้แนะการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนค้นพบหรือสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง

2) ขั้นแนะนำคำสำคัญ (Term introduction) เป็นขั้นที่ครูมีบทบาทสูงโดยตั้งคำถามกระตุ้นและชี้แนะให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ เชื่อมโยงสิ่งที่ได้ปฏิบัติในขั้นสำรวจ โดยครูแนะนำอธิบายคำศัพท์ที่สำคัญของมโนทัศน์นั้นๆ เพื่อให้นักเรียนจัดเรียบเรียงความคิดใหม่อีกครั้ง ขั้นนี้ครูและนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน เพื่อค้นหามโนทัศน์จากแหล่งข้อมูล เช่น หนังสือ ภาพยนต์ และการสังเกตในขั้นสำรวจ

3) ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Concept application) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนนำมโนทัศน์ที่ค้นพบหรือเกิดการเรียนรู้แล้วมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่ ซึ่งจะทำให้นักเรียนขยายความเข้าใจมโนทัศน์นั้นๆ ได้มากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ในปีเดียวกัน Lawson แบ่งวงจรการเรียนรู้ออกเป็น 3 ประเภท (Lawson, 1995: 140-141,168-169) ดังนี้

1) วงจรการเรียนรู้แบบบรรยาย (descriptive learning cycle) เป็นการวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้ นักเรียนได้ศึกษาสำรวจและบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้พร้อมทั้งจดบันทึกผลการสำรวจ โดยไม่มีการอธิบายเหตุและผลของสถานการณ์นั้นๆ รวมถึงไม่มีการปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์ข้อมูลที่ได้ โดยครูจะเป็นผู้แนะนำคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ให้

2) วงจรการเรียนรู้แบบสมมตินัยเชิงประจักษ์ (empirical-abductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้ให้นักเรียนได้ศึกษาสำรวจและบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ พร้อมทั้งตั้งสมมติฐาน(การให้เหตุผลแบบสมมตินัย) ที่เป็นไปได้สำหรับสถานการณ์นั้นๆ โดยมีครูเป็นผู้ให้

คำแนะนำ จากนั้นนักเรียนทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง ระหว่างข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้กับสมมติฐานที่ตั้งไว้และสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดขึ้น

3) วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย ((hypothetical-deductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนกำหนดและทดสอบสมมติฐานเชิงสาเหตุ (causal hypothesis) จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ด้วยตนเอง รวมถึงออกแบบและปฏิบัติทดลอง แล้วยังอธิบายสถานการณ์ เปรียบเทียบวิเคราะห์ และสรุปผลจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้น เพื่อสร้างมโนทัศน์ แล้วนำมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นไปใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครูเป็นผู้กำหนดขึ้น

ต่อมา Lawson ได้มีการพัฒนาขั้นตอนการสอนและนำทฤษฎีมาใช้ร่วมกัน โดยพัฒนาวงจรการเรียนรู้ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้ปรับปรุงเป็นวงจรแบบสมมติฐานนิรนัยซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ทั้งนี้การพัฒนาจากวงจรการเรียนรู้*ขั้นที่ 1 การศึกษาสำรวจ*สามารถพัฒนาและแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยอีก 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นการสังเกตปัญหา ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ ขั้นการตั้งสมมติฐาน ขั้นการพยากรณ์ และวงจรการเรียนรู้*ขั้นที่ 2 ขั้นแนะนำคำสำคัญ*สามารถพัฒนาและแบ่งเป็นขั้นย่อยอีก 2 ขั้น ได้แก่ ขั้นการเปรียบเทียบและขั้นการลงข้อสรุป และวงจรการเรียนรู้*ขั้นที่ 3 ขั้นประยุกต์มโนทัศน์* ยังคงรวมอยู่ในขั้นการลงข้อสรุปของวงจรแบบสมมติฐานนิรนัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ในปี ค.ศ. 2002 Lawson (2002) ได้พัฒนาขั้นตอนของวงจรแบบสมมติฐานนิรนัย (cycles of hypothetico-deductive) ขึ้นเพื่อใช้เป็นแบบแผนการจัดการเรียนการสอน และมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ รวมถึงใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลและการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) ขั้นการสังเกตปัญหา (puzzling observation) นักเรียนทำหน้าที่ระบุการสังเกตและบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นจากการสังเกตนั้น โดยที่ครูเป็นผู้กำหนดบริบทหรือสถานการณ์ที่สนใจศึกษา

2) ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (causal question) นักเรียนสามารถตั้งคำถามด้วยตนเองเกี่ยวกับบริบทหรือสถานการณ์ที่กำลังศึกษาได้อย่างหลากหลาย

3) ขั้นการตั้งสมมติฐาน (hypotheses) นักเรียนสามารถสร้างสมมติฐานด้วยตนเองเกี่ยวกับบริบทหรือสถานการณ์ที่กำลังศึกษาได้ โดยครูเป็นผู้ท้าทายและกระตุ้นให้นักเรียนสามารถค้นคว้าหาความรู้และใช้องค์ความรู้นั้นมาตั้งสมมติฐานที่จะเป็นไปได้หรือสมมติฐานทางเลือก

4) ขั้นการพยากรณ์ (prediction) นักเรียนสามารถสร้างคำพยากรณ์ โดยผ่านการนำสมมติฐานมาทำการทดสอบทางความคิดและวางแผนการทดสอบนั้น

5) ขั้นการเปรียบเทียบ (comparing) นักเรียนสามารถนำผลการจากสังเกตได้โดยตรงมาเปรียบเทียบกับผลการสังเกตที่คาดหวังไว้

6) ขั้นการลงข้อสรุป (drawing conclusion) นักเรียนสามารถให้ข้อสรุปจากขอบเขตของสมมติฐานในเบื้องต้น เพื่อปฏิเสธหรือสนับสนุนสมมติฐานนั้น

ซึ่งต่อมา Lawson ได้มีการพัฒนาขั้นตอนการสอนและนำขั้นการพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์มาใช้ร่วมกัน โดยพัฒนาวงจรแบบสมมติฐานนิรนัยซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้ปรับปรุงเป็นวงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่ามีขั้นตอนที่คงเดิมไว้คือ ขั้นการสังเกตปัญหา ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ และขั้นการลงข้อสรุป รวมถึงขั้นตอนที่พัฒนาแตกต่างไปจากเดิม คือ วงจรแบบสมมติฐานนิรนัย*ขั้นที่ 3 ขั้นการตั้งสมมติฐาน* พัฒนาเป็น*ขั้นการอธิบายข้อเสนอ* และวงจรแบบสมมติฐานนิรนัย*ขั้นที่ 4 ขั้นการพยากรณ์*พัฒนาเป็น*ขั้นการวางแผนการทดสอบ* ในขั้นของวงจรแบบสมมติฐานนิรนัย*ขั้นที่ 5 ขั้นการเปรียบเทียบ*สามารถพัฒนาเป็น*ขั้นผลลัพธ์จากการพยากรณ์และการสังเกตการทดสอบ*ของวงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ในปี ค.ศ. 2003 Lawson (2003: 1387-1408) ได้พัฒนาขั้นตอนของวงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์ (cycles of hypotheico-predictive) ขึ้นเพื่อใช้เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้เกิดการโต้แย้ง โดยอาศัยขั้นการพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ได้แก่ ขั้นการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส ขั้นก่อนการปฏิบัติการคิด ขั้นการคิดอย่างเป็นรูปธรรม ขั้นการคิดอย่างเป็นนามธรรม เพื่อพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ และทักษะการใช้เหตุผลหรือทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) ขั้นการสังเกตปัญหา (puzzling observation) เป็นขั้นตอนที่ครูเป็นผู้กำหนดบริบทที่ศึกษาและนักเรียนเป็นผู้สังเกตและบันทึกผลการสังเกตบริบทที่กำลังศึกษานั้น

2) ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (causal question) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนนั้นตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำลังศึกษาหรือตั้งคำถามที่ตนเองสงสัย

3) ขั้นการอธิบายข้อเสนอ (proposed explanation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนให้ข้อสันนิษฐานหรือสมมติฐาน โดยการอธิบายข้อเสนอต่างๆ หรือสมมติฐานทางเลือกเลือกที่เกิดขึ้น

4) ขั้นการวางแผนการทดสอบ (planned test) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดและวางแผนการทดสอบสมมติฐาน โดยสามารถพิจารณาความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นของสมมติฐานในแต่ละอัน

5) ขั้นผลลัพธ์จากการพยากรณ์และการสังเกตการทดสอบ (predicted result and observed result of test) เป็นขั้นตอนที่เปรียบเทียบกันระหว่างผลลัพธ์จากการพยากรณ์และผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเกตหลังทำการทดลอง

6) ขั้นการสรุป (conclusion) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสรุปผลที่ได้จากการปฏิบัติการทดลองและเขียนสรุปในรูปแบบ ถ้า/และ/แล้ว

จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า การพัฒนาขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้แบบต่างๆ ตามแนวคิดของ Lawson สามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 แสดงพัฒนาการขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้แบบต่างๆ ตามแนวคิดของ Lawson

ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ ในปี ค.ศ. 1995	**ขั้นตอนของวงจรแบบสมมติฐานนิรนัย ในปี ค.ศ. 2002**	**ขั้นตอนของวงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์ ในปี ค.ศ. 2003**	**ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น ในปี ค.ศ. 2009**
1) ขั้นการศึกษาสำรวจ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนมีโอกาสสร้างคำถามเชิงสาเหตุจากสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนใช้คำถามนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางเลือก จากนั้นนักเรียนใช้ผลลัพธ์เชิงตรรกะแบบนิรนัยพิจารณาคำอธิบายและออกแบบการดำเนินการทดลอง	**1) ขั้นการสังเกตปัญหา** เป็นขั้นที่นักเรียนสังเกตสถานการณ์ปัญหาที่ชวนสงสัย	**1) ขั้นการสังเกตปัญหา** เป็นขั้นที่นักเรียนสังเกตสถานการณ์ปัญหาที่ชวนสงสัย	**1) ขั้นการสังเกตปัญหา** เป็นขั้นที่นักเรียนสังเกตสถานการณ์ปัญหาที่ชวนสงสัย
	2) ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำถามเชิงสาเหตุที่เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา	**2) ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ** เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำถามเชิงสาเหตุที่เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา	**2) ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ** เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำถามเชิงสาเหตุที่เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา
	3) ขั้นการตั้งสมมติฐาน เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถสร้างสมมติฐานเพียง 1 สมมติฐานหรือมากกว่าได้	**3) ขั้นการอธิบายข้อเสนอ** เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำอธิบายทางเลือกหรือสมมติฐานทางเลือกที่เป็นไปได้ว่าจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา	**3) การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย** เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น
	4) ขั้นการพยากรณ์ เป็นขั้นที่นักเรียนใช้สมมติฐานและการทดสอบทางความคิดเพื่อนำไปสู่การยอมรับสมมติฐาน	**4) ขั้นการวางแผนการทดสอบ** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนกำหนดแนวทางการวางแผนการทดสอบหรือวางแผนการทดลอง	**4) ขั้นการพยากรณ์** เป็นขั้นที่นักเรียนคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าและกำหนดแนวทาง การวางแผนการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 แสดงพัฒนาการขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้แบบต่างๆ ตามแนวคิดของ Lawson (ต่อ)

ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ ในปี ค.ศ. 1995	ขั้นตอนของวงจรแบบสมมติฐานนิรนัย ในปี ค.ศ. 2002	ขั้นตอนของวงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์ ในปี ค.ศ. 2003	ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น ในปี ค.ศ. 2009
2) ขั้นแนะนำคำสำคัญชัดเจน เป็นขั้นที่ให้นักเรียนวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการทดลองและสรุปว่าสมมติฐานจะถูกสนับสนุนหรือปฏิเสธ จากนั้นจึงแนะนำคำสำคัญหรือนิยามของมโนทัศน์ที่ศึกษา	**5) ขั้นการเปรียบเทียบ** เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลลัพธ์จากการสังเกตได้จริงมาเปรียบเทียบกับการสังเกตที่ได้จากการคาดการณ์ไว้	**5) ขั้นผลลัพธ์จากการพยากรณ์และการสังเกตการทดสอบ** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนอธิบายผลลัพธ์ที่ได้จากการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าและผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองหรือข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมจากแหล่งต่างๆ	**5) ขั้นการรวบรวมหลักฐาน** เป็นขั้นที่นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองและข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่างๆ
	6) ขั้นการลงข้อสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนลงข้อสรุปหรือการสรุปขอบเขตของสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ในตอนแรกว่าจะถูกสนับสนุนหรือไม่	**6) ขั้นการสรุป** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำการอธิบายข้อเสนอมาสรุปว่าจะถูกสนับสนุนหรือไม่	**6) การลงข้อสรุป** เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาสร้างความสัมพันธ์ และนำมาใช้เป็นข้อสรุปเชิงประจักษ์
3) ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ที่ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนใช้มโนทัศน์ที่มีความเกี่ยวข้องกันและมีแบบแผนการคิดมาอธิบายการนำองค์ความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้			**7) ขั้นการนำเสนอ** เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อสรุปและหลักฐานต่างๆมานำเสนอในรูปแบบต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

การเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนปฏิบัติและใช้กระบวนการคิด การแปลความหมายของการสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งวิธีการทดลองสามารถนำมาตรวจสอบสมมติฐานได้อย่างสมเหตุสมผล จากนั้นนำข้อมูลหลักฐานที่ได้มาใช้ในการสร้างคำอธิบายและสร้างข้อสรุปในสถานการณ์ที่ศึกษา เพื่อมุ่งพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอนตามลำดับดังนี้ (Lawson, 2009: 356-362)

ขั้นที่ 1 การสังเกตปัญหา (Puzzling Observation) เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือการศึกษาสำรวจ และสังเกตสถานการณ์ โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อที่จะระบุปัญหาและรวบรวมข้อมูลหรือรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา และนำข้อมูลมาประกอบเป็นคำอธิบายที่ใช้ในการตั้งคำถามหรือสร้างสมมติฐานจากสถานกาณ์ที่สนใจศึกษาดังกล่าว โดยที่บทบาทนักเรียน คือ สำรวจ และสังเกตสถานการณ์ที่ศึกษา รวมถึงบันทึกผลการสังเกตสิ่งต่างๆที่ผ่านประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความเห็นของตนเองลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตประกอบด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ และข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้จากวัตถุหรือสถานการณ์นั้นทั้งนี้เพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนอยู่ในภาวะอสมดุล ซึ่งเกิดจากการรับและซึมซาบข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม โดยที่นักเรียนจะประเมินความรู้เดิมของตนว่ามีความรู้ใดที่สัมพันธ์กับปัญหาที่กำลังศึกษา ในการศึกษาสำรวจนักเรียนจะได้รับประสบการณ์จากสิ่งต่างๆ ที่เป็นรูปธรรม บทบาทครูจะเป็นผู้กำหนดบริบทหรือสถานการณ์ผู้สังเกต และเป็นผู้ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสนใจสถานการณ์

ขั้นที่ 2 การตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (Causal Question) เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อการอภิปรายและระบุคำถามร่วมกัน โดยผ่านสถานการณ์ที่ศึกษาเป็นตัวกระตุ้น บทบาทนักเรียน คือ ตั้งคำถามเชิงสาเหตุเป็นการตั้งคำถามที่เกิดขึ้นจากความสงสัยและความสนใจของนักเรียน หรือเกิดขึ้นจากการอภิปรายภายในกลุ่ม รวมทั้งระบุปริมาณที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือระบุปริมาณที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดสถานการณ์ดังกล่าว เช่น “เพราะสาเหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ และมีปริมาณใดเข้ามาเกี่ยวข้องบ้าง อย่างไร” โดยที่ Karplus (1977) ได้เสนอว่า การอภิปรายภายในกลุ่มเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการทำกิจกรรมในขั้นนี้ เพราะนักเรียนแต่ละคนจะถูกกระตุ้นให้ตระหนักถึงความสำคัญของความคิดเห็นของตนเองและของผู้อื่นผ่านการทำงานร่วมกัน (Collaboration) ทั้งนี้สถานการณ์ที่ศึกษาอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เรียนรู้มา เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม และกำหนด

ประเด็นที่จะศึกษา บทบาทครู คือ กระตุ้นความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน ตั้งประเด็นคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและสามารถตั้งคำถามเชิงสาเหตุได้ ในกรณีที่นักเรียนยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจจะให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจในสถานการณ์ที่ใช้ศึกษา

ขั้นที่ 3 การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย (Multiple Hypotheses) เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อมุ่งเน้นให้เกิดความตระหนักรู้ (conscious) และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือสมมติฐานทางเลือก หรืออีกนัยหนึ่งคือ การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abductive reasoning) ผ่านรูปแบบการเขียนแบบ “ถ้า...และ...แล้ว...ดังนั้น...” เพื่อนำไปสู่เป้าหมายอันสำคัญในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งก็คือ การทดสอบสมมติฐานหรือทดสอบคำอธิบาย (explanation) อีกทั้งยังเป็นการกำหนดแนวทางในการออกแบบการทดลองที่ชัดเจนและมีความรอบคอบ โดยที่ Cothron et al. (2006 อ้างถึงใน Lawson, 2009: 358) กล่าวว่า “สมมติฐาน คือ การพยากรณ์ผลของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระ (independent variable) ที่มีต่อตัวแปรตาม (dependent variable)” นอกจากนี้แล้วในกิจกรรมการสร้างสมมติฐานตามแนวคิดของ McNeil-Krajcit (2007 อ้างถึงใน Lawson, 2009: 358) ได้เสนอแนะให้มีการสร้างคำอธิบายหรือสมมติฐานเชิงวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบที่ได้จากหลักฐานและการใช้เหตุผล 2) หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตซึ่งสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 3) การใช้เหตุผล (Reasoning) เป็นการใช้เหตุผลที่แสดงให้เห็นว่าข้อมูลดังกล่าวนั้นเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

การเรียนการสอนในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องใช้เทคนิคการระดมสมอง คือ การเสนอแนวคิดและการเก็บความคิดจากกลุ่มนักเรียนในเวลาจำกัด เพื่อเปิดโอกาสให้สมาชิกในกลุ่มได้เสนอความคิดเห็นอย่างเต็มที่และจะทำให้ได้ข้อเสนอแนะมากมายในการแก้ปัญหา ยิ่งไปกว่านั้นยังเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการกลุ่ม เพื่อใช้ค้นคว้าความรู้และฝึกทักษะด้านต่างๆ เพราะการรู้จักการใช้กระบวนการกลุ่มที่ดีเป็นการฝึกให้นักเรียนรู้บทบาท รู้ความรับผิดชอบ มีเหตุมีผล มีความใจกว้าง มีใจเป็นกลาง รวมถึงฝึกคิดรอบคอบก่อนตัดสินใจ บทบาทครูจะเป็นผู้ใช้คำถามกระตุ้น ท้าทาย และอธิบายการสร้างสมมติฐานหรือการให้เหตุผลแบบสมมตินัย รวมถึงมอบหมายภาระงานให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์เดิมเข้ากับมโนทัศน์ที่ได้เผชิญจากประสบการณ์ตรงหรือข้อมูลที่บันทึกได้จากการสังเกต แล้วยังสามารถตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้โดยการให้ภาระงาน โดยที่บทบาทนักเรียนนั้น คือ สามารถสร้างสมมติฐานหรือให้เหตุผลแบบสมมตินัย โดยผ่านการคิดหรือความตระหนักรู้ และการเชื่อมโยงข้อมูลจากการสังเกตอย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วย รวมถึงสะท้อนสิ่งที่ตนเอง

ได้เรียนรู้โดยผ่านการทำแบบฝึกหัด (Exercise) ซึ่งสิ่งสำคัญคือ การให้เหตุผลแบบสมมตินัยจะต้องเขียนในรูปแบบ “ถ้า...และ...แล้ว...ดังนั้น...” เท่านั้น

ขั้นที่ 4 การพยากรณ์ (Predictions) เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนระดมสมองและยอมรับประเด็นที่ต้องการศึกษาร่วมกัน รวมถึงกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และประเมินคำอธิบายทางเลือกที่เกิดขึ้นหรือการให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroduction) ซึ่งรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม และความรู้จากแหล่งต่างๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น รวมถึงมีการวางแผนกำหนดแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย และคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองหรือการให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction) โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หลักการ กฎ และทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยสรุป เช่น การพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟ ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตสถานการณ์ที่ศึกษาอาจยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลความรู้ที่ค้นคว้า และรวบรวมมาได้ เป็นเหตุให้นักเรียนอยู่ในภาวะอสมดุลอีกครั้ง นักเรียนจะประเมินความรู้เดิมของตนว่ามีความรู้ใดที่สัมพันธ์กับแนวทางการสำรวจตรวจสอบที่กำลังศึกษาและเริ่มจัดระบบโครงสร้างทางความคิดของตนเองใหม่หรือเข้าสู่การปรับกระบวนการรู้คิด (accommodation) โดยบทบาทนักเรียนนั้นคือ ระดมสมองเพื่อประเมินคำอธิบายทางเลือกที่เกิดขึ้นหรือการให้เหตุผลแบบการอธิบาย (Retroduction) จะต้องเขียนในรูปแบบ “ถ้า...และ...แล้ว...แต่...ดังนั้น...” และวางแผนกำหนดแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบ จนกระทั่งได้แนวทางการสำรวจที่ชัดเจนหรือการให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction) จะต้องเขียนในรูปแบบ “**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบการวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์)” ซึ่งเป็นคำอธิบายที่เชื่อมโยงข้อมูลจากการสังเกตอย่างละเอียดและข้อมูลจากการรวบรวมค้นคว้า และเป็นไปได้ว่าคำอธิบายมีความสอดคล้องกับโครงสร้างทางสติปัญญาที่มีอยู่เดิม บทบาทครูทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตการทำงานร่วมกัน การปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน ผู้ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นและท้าทายให้นักเรียนคิดและแก้ปัญหา และใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนอีกครั้ง เมื่อนักเรียนมีแนวโน้มที่จะสร้างคำพยากรณ์ที่ผิดพลาดหรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconception)

ขั้นที่ 5 การรวบรวมหลักฐาน (Evidence) เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล หรือหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งวิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้สร้างคำอธิบายหรือข้อสรุปในขั้นต่อไป โดยเฉพาะนักเรียนจะได้รับประสบการณ์จากสิ่งต่างๆ ที่เป็นรูปธรรม ได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติและผลที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติในสถานการณ์ใหม่ๆ อย่างอิสระ ยิ่งไปกว่านั้นข้อมูลที่รวบรวมได้

ยังสามารถเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เชื่อมโยงกับทฤษฎี อย่างมีเหตุผล เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน บทบาทนักเรียน คือ การลงมือปฏิบัติการทดลองจริงตามแผนการทดลองที่ได้วางไว้ การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจจะเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่นๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเตรียมสร้างคำอธิบายหรือข้อสรุป และเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยที่บทบาทครู คือ จัดเตรียมอุปกรณ์การทดลอง และสังเกตการทำงานร่วมกัน การปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน ซึ่งครูอาจแนะนำเพียงเล็กน้อยหรือใช้คำถามเพื่อช่วยแนะแนวทางในการคิดและแก้ปัญหาของนักเรียน

ขั้นที่ 6 การลงข้อสรุป (Draw a Conclusion) เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หลังจากได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการลงมือปฏิบัติแล้ว จึงนำข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ข้อสนเทศที่ได้มา วิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปลผล สรุปผลความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างการพยากรณ์และการเก็บรวบรวมหลักฐานได้ โดยที่ข้อสรุปหรือการให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction) ซึ่งจะต้องอยู่ในรูปแบบ “**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบการวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์) **แต่**... (ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**... (ข้อสรุป)” การค้นพบขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ ขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ และสิ่งสำคัญในขั้นนี้ คือ การแบ่งปันความคิด และอภิปรายสรุปร่วมกันภายในกลุ่มของนักเรียน บทบาทนักเรียน คือ การแบ่งปันความคิดและอภิปรายสรุปร่วมกันภายในกลุ่ม เกี่ยวกับการนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปลผล สรุปผลความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยที่ข้อสรุปหรือการให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction) ซึ่งจะต้องอยู่ในรูปแบบ “**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบการวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์) **แต่**... (ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**... (ข้อสรุป)” บทบาทครู คือ พิจารณาและชี้แนะ เพื่อช่วยแนะแนวทางในการคิดและการเขียนข้อสรุปของนักเรียน รวมถึงสังเกตการทำงานร่วมกัน การปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน

ขั้นที่ 7 การนำเสนอ (Presentation) เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการนำข้อมูลได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำใหม่ เพื่อนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง เป็นต้น และประเด็นสำคัญในขั้นนี้ คือ การนำเสนอข้อสรุปแบบ “**ถ้า**... **แล้ว**... **ดังนั้น**...” และแสดงหลักฐานต่างๆ เพื่อการยืนยันหรือการปฏิเสธสมมติฐานดังกล่าว จากนั้นจึงอภิปรายสรุปร่วมกันระหว่างครูและนักเรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นแล้วยังสามารถตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้จากการนำเสนอครั้งนี้ บทบาทนักเรียน คือ นำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อสรุปได้ดีขึ้น รวมถึงเข้าร่วมอภิปรายสรุปมโนทัศน์ที่สร้างขึ้น บทบาทครู คือ พิจารณาและชี้แนะการนำเสนอของนักเรียน รวมถึงนำอภิปรายสรุป เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ที่

นักเรียนสร้างขึ้นหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน พร้อมทั้งสรุปมโนทัศน์ที่ศึกษาและปรับแก้ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

2.3.1 บทบาทครูและบทบาทนักเรียน

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น ครู และนักเรียนควรมีบทบาทดังต่อไปนี้ (Lawson, 2009: 358-360)

ตารางที่ 2 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนตามขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

ขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. การสังเกตปัญหา (Puzzling Observation) คือ การสำรวจและสังเกตสถานการณ์ที่กำลังศึกษา	■ กำหนดสถานการณ์และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์หรือปัญหานั้น	■ สำรวจและสังเกตสถานการณ์ที่กำลังศึกษา ■ บันทึกข้อมูลรายละเอียดของสถานการณ์จากการสังเกต
2. การตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (Causal Question) คือ การตั้งคำถามเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดของสถานการณ์	■ แบ่งกลุ่มนักเรียนตามแบบการร่วมมือกัน (Collaborative) ■ ใช้คำถามและสื่อต่างๆเป็นสิ่งกระตุ้นความสนใจและความอยากรู้อยากเห็น เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายและตั้งคำถามเชิงสาเหตุเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำลังศึกษา	■ ระดมความคิดและตระหนักถึงความคิดเห็นของตนเองและผู้อื่นผ่านการทำงานร่วมกัน ■ ตั้งคำถามเชิงสาเหตุที่เกิดจากความสงสัย การสนใจ และการอภิปรายภายในกลุ่ม เช่น เพราะสาเหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์เช่นนี้
3. การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย (Multiple Hypotheses) คือ การระดมสมองอย่างสร้างสรรค์ และตั้งสมมติฐานที่หลากหลายซึ่งถือเป็นการให้เหตุผลแบบสมมติ นัย (Abductive Reasoning)	■ มอบหมายภาระงานให้กับนักเรียนสำหรับตรวจสอบการให้เหตุผลแบบสมมตินัย ■ ให้นักเรียนระดมสมอง ■ ใช้คำถามกระตุ้นและท้าทายนักเรียนให้สร้างสมมติฐานที่หลากหลายได้ ■ ทำหน้าที่ให้คำปรึกากับนักเรียน	■ ระดมสมองอย่างสร้างสรรค์ เพื่อสร้างสมมติฐานที่หลากหลายหรือการให้เหตุผลแบบสมมตินัย ■ ระบุ**การให้เหตุผลแบบสมมตินัย**ในรูปแบบ “**ถ้า**...**และ**...**แล้ว**...” ลงในภาระงานที่ครูมอบให้

ตารางที่ 2 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนตามขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
4. การพยากรณ์ (Prediction) คือ การวางแผนก่อนการทดสอบ โดยจะมีการประเมินสมมติฐานทางเลือกซึ่งถือว่าเป็นการให้เหตุผลแบบการอธิบาย (Retroductive Reasoning) จนกระทั่งนำไปสู่การพยากรณ์ที่ชัดเจนแล้วจึงถือว่าเป็นการให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning)	▪ มอบหมายภาระงานให้กับนักเรียนสำหรับการตรวจสอบการให้เหตุผลแบบการอธิบายและการให้เหตุผลแบบนิรนัย ▪ ให้นักเรียนระดมสมอง เพื่อแบ่งปันความคิด ▪ สังเกตการทำงานร่วมกันและการปฏิสัมพันธ์ในระหว่างที่นักเรียนกำลังระดมความคิดในการประเมินสมมติฐานทางเลือกและการวางแผนการทดสอบของนักเรียน ▪ พิจารณาและให้ข้อเสนอแนะในการให้เหตุผลแบบอธิบายและการให้เหตุผลแบบนิรนัย ▪ ใช้คำถามกระตุ้นและท้าทายนักเรียนจนสามารถสร้างแนวแนวทางการทดสอบและการคาดคะเนคำตอบ	▪ ระดมสมองและแบ่งปันความคิดเห็น และอภิปรายภายในกลุ่ม ▪ ประเมินสมมติฐานทางเลือกหรือการให้เหตุผลแบบอธิบาย ▪ ระบุ**การให้เหตุผลแบบอธิบาย**ในรูปแบบ “**ถ้า**...**และ**...**แล้ว**...**แต่**...**ดังนั้น**...” ลงในภาระงานที่ครูมอบให้ ▪ วางแผนแนวทางการทดสอบอย่างหลากหลายและคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า พร้อมทั้งระบุลงใน**การให้เหตุผลแบบนิรนัย**ซึ่งมีรูปแบบ “**ถ้า**...(สมมติฐาน) **และ**...(การทดสอบการวางแผน) **แล้ว**...(การพยากรณ์)” ลงในภาระงานที่ครูมอบหมายให้
5. การรวมรวมหลักฐาน (Evidevce) คือ การทดสอบและรวบรวมหลักฐานที่แสดงถึงการที่กฎ ทฤษฎี และหลักการนั้นอาจจะไม่เป็นไปตามสมมติฐานแต่ละอันเสมอไป	▪ จัดเตรียมอุปกรณ์การทดลองที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ศึกษา ▪ สังเกตการทำงานร่วมกันการปฏิสัมพันธ์ของนักรียนในระหว่างการปฏิบัติการทดลอง ▪ แนะนำหรือใช้คำถาม เพื่อช่วยแนะแนวทางในการคิดและแก้ปัญหาของนักเรียน	▪ ลงมือปฏิบัติการทดลองจริงตามแผนการทดลองที่ได้วางไว้ ▪ บันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจจะเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่นๆ ▪ รวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ทั้งหมด เพื่อเตรียมสร้างข้อสรุป

ตารางที่ 2 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนตามขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
6. การลงข้อสรุป (Draw a Conclusion) เป็นขั้นการเปรียบเทียบระหว่างการพยากรณ์และหลักฐานที่เกิดขึ้นจนสามารถให้เหตุผลแบบอุปนัยหรือการลงข้อสรุป	▪ มอบหมายภาระงานให้กับนักเรียนสำหรับการตรวจสอบการให้เหตุผลแบบอุปนัย ▪ พิจารณาและชี้แนะ เพื่อช่วยแนะแนวทางในการคิดและการระบุการให้เหตุผลแบบอุปนัยหรือข้อสรุปของนักเรียน ▪ สังเกตการทำงานร่วมกันและการปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน	▪ แบ่งปันความคิด และอภิปรายสรุปร่วมกันภายในกลุ่ม ▪ นำข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์มาวิเคราะห์เปรียบเทียบ แปลผล และสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูล ▪ ระบุข้อสรุปหรือการให้เหตุผลแบบอุปนัยในรูปแบบ “**ถ้า**...(สมมติฐาน) **และ**...(การทดสอบการวางแผน) **แล้ว**...(การพยากรณ์) **แต่**...(ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**...(ข้อสรุป)”
7. การนำเสนอ (Presentation) เป็นขั้นการเตรียมนำเสนอการให้เหตุผลทั้งทางด้านวาจาและการเขียนที่เกี่ยวกับหลักฐานและการให้เหตุผลแบบ ถ้า/แล้ว/ดังนั้น เพื่อปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐาน	▪ พิจารณาและชี้แนะการนำเสนอของนักเรียน ▪ นำอภิปรายสรุป เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น ▪ สรุปมโนทัศน์ของสถานการณ์ที่ศึกษา และปรับแก้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน	▪ เข้าร่วมอภิปรายสรุปมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นในแต่ละอัน ▪ นำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ รวมทั้งข้อมูลในรูปแบบของการให้เหตุผลแบบอุปนัย “**ถ้า**...(สมมติฐาน) **และ**...(การทดสอบการวางแผน) **แล้ว**...(การพยากรณ์) **แต่**...(ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**...(ข้อสรุป)”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งประเด็นที่ศึกษาได้ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2) ความหมายและประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และ 3) แนวทางการวัดและประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากนักการศึกษาและนักวิชาการ พบว่ามีการกล่าวถึงความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

การพัฒนาความสามารถทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปเป็นสิ่งสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) ของนักเรียน เพื่อการประสบความสำเร็จกับอาชีพในอนาคตและสามารถรองรับการทำงานในโลกแห่งความเป็นจริงได้อย่างกว้างขว้าง โดยที่เป้าหมายของการเรียนการสอนในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM Education) รวมถึงสนับสนุนองค์ความรู้ด้านเนื้อหาและพัฒนาความสามารถทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป อาทิ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Reasoning Ability) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับความสามารถทางพุทธิปัญญาหรือความสามารถที่เกี่ยวกับการคิด (cognitive abilities) เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) และการใช้เหตุผล (reasoning) เป็นต้น ทักษะการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาโดยผ่านการฝึกอบรมและยังสามารถถ่ายโอนได้ นอกจากนั้นการฝึกอบรมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการของนักเรียนในระยะยาวได้ (Bao, 2009)

กระบวนการที่มีความสำคัญต่อสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ได้แก่ การใช้เหตุผล การคิด การเปลี่ยนสัญลักษณ์ การสร้างคำอธิบาย และการสื่อสาร เป็นต้น ซึ่งสมรรถนะการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และสมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถของนักเรียนที่จะแสดงออกถึงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และเป็นองค์ประกอบของการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ของ PISA นอกจากนี้สมรรถนะ ยังอาจรวมถึง การเลือกข้อสรุปจากหลายๆตัวเลือก การให้เหตุผลสนับสนุนหรือคัดค้านข้อสรุป การระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่นำไปสู่ข้อสรุป และการสะท้อนถึงความสำคัญของพัฒนาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อสังคม (PISA, 2009 อ้างถึงใน สสวท., 2554ก: 135-144)

จุดประสงค์หนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การเตรียมนักเรียนให้มีความเป็นเหตุเป็นผลในการแก้ปัญหา การสร้างคำอธิบาย และการขยายความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ รวมถึงนักเรียนต้องใช้เหตุผลจากหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบ (TIMSS, 2007 อ้างถึงใน สสวท., 2553ก: 5)

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ให้มุมมองของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการคิดอย่างมีเหตุผลเพื่อสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ โดยเชื่อมโยงระหว่างข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์และยังเป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เป็นสาเหตุและสิ่งที่ก่อให้เกิดผลลัพธ์ของปรากฏการณ์ รวมถึงนำไปใช้ในกระบวนการการทดสอบสมมติฐาน การพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น และการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล เพื่อใช้ในการสร้างหลักการทางวิทยาศาสตร์และใช้ในทุกขั้นตอนของการแสวงหาข้อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเป็นสิ่งสำคัญต่อการนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน โดยกล่าวถึงประโยชน์ของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

ในชีวิตประจำวัน การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Reasoning) ของบุคคลเป็นการคิดเชื่อมโยงระหว่างหลักการโดยทั่วไปกับความเป็นรูปธรรม และยังถูกนำมาใช้ในกระบวนการค้นพบองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ ซึ่งลักษณะกิจกรรมของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะต้องให้โอกาสนักเรียนได้มีการสร้างสมมติฐานจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง และให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้จาการสังเกตและการปฏิบัติการทดลอง จนกระทั่งได้มาซึ่งข้อมูลการพยากรณ์ ลักษณะกิจกรรมนี้จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจและสามารถประเมินข้อมูลข่าวสารอย่างมีวิจารณญาณ อีกทั้งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังมีส่วนในการช่วยส่งเสริมและพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจนสามารถนำไปสู่การเป็นบุคคลผู้มีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Giere, 1991: 1-49)

3.2 ความหมายและประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหมายและประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งประเด็นที่ศึกษาได้ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2) ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และ 3) ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับความหมายและองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากนักการศึกษาและนักวิชาการ พบว่ามีการความหมายไว้แตกต่างกัน ดังนี้

Giere (1991) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การคิดเชื่อมโยงระหว่างหลักการโดยทั่วไปกับตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการค้นพบองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ ซึ่งองค์ประกอบที่มีส่วนสำคัญในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง สมมติฐานเชิงทฤษฎี ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการปฏิบัติการทดลอง ข้อมูลการพยากรณ์ ข้อมูลที่สนับสนุนการพยากรณ์ ข้อสรุปที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนเพียงพอ เป็นต้น”

Lawson (1985) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการที่บุคคลใช้ในการค้นหา และประเมินหลักฐานต่างๆ เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน”

Lawson (2009) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การคิดของมนุษย์ที่ใช้แสวงหาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มต้นจากการสำรวจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น การรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ จนกระทั่งสามารถลงข้อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้”

Friedler, Nachmias, and Linn (1990) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถที่บุคคลใช้เพื่อบ่งชี้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์ กำหนดสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง สังเกตรวบรวม วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล นำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ และนำไปใช้เพื่อทำนายผลสถานการณ์อื่นๆต่อไป”

Hogan (1999) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะการใช้เหตุผลอันเกิดจากกระบวนการการท้าทายให้สร้างการนำเสนอ ข้อความการให้เหตุผล และการทดสอบ จนนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ การฝึกใช้ความคิด การขยายมโนทัศน์ การสร้างคำถาม ความเป็นเหตุเป็นผล การอธิบาย และการสะท้อนการรู้คิด”

Mayer (2003) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการทดสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบและเป็นการสร้างสมมติฐานของบุคคล โดยผ่านการปฏิบัติการทดลอง เพื่อที่จะทดสอบความเป็นไปได้ของสมมติฐานและสร้างสมมติฐานใหม่เมื่อสมมติฐานเดิมถูกปฏิเสธ”

Holyoak and Morrison (2005) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การคิดที่เริ่มต้นจากข้อกล่าวอ้างไปสู่การอนุมาน การลงความเห็น การตัดสินใจ การแก้ปัญหา ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ธรรมชาติของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และโครงสร้างทางปัญญา”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Howson and Urbach (2006) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการสำรวจตรวจสอบทฤษฎีหรือสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการปฏิบัติการทดลอง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์หรือข้อเท็จจริงที่มีเหตุผลและมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มายืนยันความเป็นไปได้ของทฤษฎีหรือสมมติฐานนั้น”

Moshman (2011) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การคิดอย่างมีเหตุผลอันนำไปสู่ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการอนุมาน การทดสอบสมมติฐาน การพยากรณ์ การสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์อย่างมีเหตุผล และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ จนนำไปสู่ความเข้าใจในทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์”

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542) กล่าวว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะได้แนวคิดซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้แนวทางในการค้นคว้าทดลองมาโดยตลอด วิธี การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการจะรู้ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้อยู่แล้ว โดยใช้เหตุใช้ผล ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่”

จากการศึกษาความหมายของให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Reasoning) หมายถึง การคิดของบุคคลในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบหรือทำการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นองค์ความรู้

3.2.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาประเภทของการให้เหตุผลเชงวิทยาศาสตร์ มีนักวิชาการ นักการศึกษาและนักปรัชญาได้แบ่งประเภทไว้แตกต่างกันดังนี้

Peirce (1960 อ้างถึงใน Glynos and Howarth, 2007: 25) แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 3 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) เป็นการให้เหตุผลกับสิ่งที่ต้องการตรวจสอบ การยืนยันข้อกล่าวอ้าง (premises) และการรับรู้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับความพึงพอใจต่อการทดลองเชิงจิตใจ เพื่อสามารถให้ข้อสรุปที่จำเป็น ความเป็นไปได้และความจริงที่เกิดขึ้นในกรณีนั้น

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่นำมาใช้เป็นข้อสรุป(เช่น การประมาณค่า) เพราะว่าข้อสรุปนั้นเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการอนุมาน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะนำไปสู่ความจริงในระยะยาว เช่น เมื่อฉันเดินทางไปต่างประเทศพร้อมกับนำเรือที่บรรทุกเมล็ดกาแฟจอดเทียบท่าเรือ และนำตัวอย่างเมล็ดกาแฟจากทั้งหมดนั้นมา โดยที่สามารถสรุป (การให้เหตุผลแบบอุปนัย) ได้ว่าคุณค่าของกาแฟต่อเมล็ดที่นำมามีคุณค่าเทียบเท่าเมล็ดกาแฟ 100 เมล็ดจากกาแฟทั้งหมดได้

3. การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroduction or Retroductive Reasoning) เป็นการนำสมมติฐานมาใช้ชั่วคราว หรือการยอมรับสมมติฐานนั้นชั่วคราว ยกตัวอย่างเช่น การทดลองการจำแนกสารเคมีทุกครั้งล้มเหลว ผู้ทดลองจึงใช้สมมติฐานชั่วคราวว่า ถ้าจะตรวจพบสารทั้งหมดได้ขึ้นอยู่กับการปฏิบัติการทดลองที่คล้ายคลึงกันซึ่งสามารถตรวจพบสารประกอบทางธรรมชาติได้

Lawson (1995: 19-22) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 3 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abduction or Abductive Reasoning) เป็นกระบวนการทางจิตใจที่ใช้ในการสร้างสมมติฐาน จากการยืมคำอธิบายและการนำคำอธิบายไปใช้ในบริบทใหม่

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) เป็นกระบวนการทางจิตใจที่เกิดจากการสังเกตเรื่องที่เฉพาะเจาะจงไปสู่หลักการโดยทั่วไป

3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) เป็นกระบวนการทางจิตใจที่ใช้ในการตั้งสมมติฐานและวางแผนการทำการทดลอง หรือการสังเกตเพื่อคาดคะเนคำตอบโดยที่กระบวนการนิรนัยจะเป็นไปตามรูปแบบภาษา “ถ้า... และ... แล้ว”

Rips and Varzi (2008) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 2 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) คือ วิธีคิดให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐานหรือข้อสันนิษฐาน ซึ่งเป็นข้อเสนอที่นำมาใช้ชั่วคราวเพื่อติดตามผลพิสูจน์จนกระทั่งได้ข้อสรุปและให้ความรู้สึกที่ว่า การอ้างเหตุผลที่ถ้าข้ออ้างจริงเป็นไปไม่ได้ที่ข้อสรุปจะเป็นเท็จ

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) คือ วิธีการคิดให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับข้อสรุปที่ได้รับการยอมรับจากหลักฐาน หรือประโยคอ้าง ถ้าการอ้างเหตุผลที่ข้ออ้างเป็นจริง มีความน่าจะเป็นสูงที่ข้อสรุปจะเป็นจริง

Lawson (2009: 338-341) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 4 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abduction or Abductive Reasoning) เป็นการสร้างสมมติฐานจากกิจกรรมที่สร้างสรรค์และเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เนื่องจากการสังเกตปัญหา

(puzzling observation) นั้นจะกลายเป็นการอธิบายการสังเกตและเป็นองค์ความรู้ที่ได้รับการขัดเกลา (declarative knowledge)

2. การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroduction or Retroductive Reasoning) เป็นการนำสมมติฐานมาทำการทดสอบข้อกล่าวอ้าง ซึ่งสมมติฐานเป็นการคาดคะเนเงื่อนไขของปรากฏการณ์เพื่ออธิบายข้อเท็จจริงจากหลักฐานที่สามารถยืนยันได้ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นลักษณะในการประเมินค่าการอธิบายทางเลือกที่เกิดขึ้น

3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) เป็นการสร้างการทดสอบที่มีความน่าเชื่อถือขึ้น โดยอาศัยการพยากรณ์อนาคต เพื่อให้ได้ผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมมติฐาน

4. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) เป็นการสร้างข้อสรุปหรือลงข้อสรุป

Hausman et al (2010) แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงทยาศาสตร์ไว้ 2 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) คือ การอ้างเหตุผลที่ข้อสรุปเป็นจริง เพราะการยอมรับข้ออ้าง(ว่าเป็นจริง) ซึ่งหมายความว่า ถ้าข้ออ้าง(premises) ของการอ้างเหตุผลเป็นจริงแล้วข้อสรุป(conclusion) ก็จำเป็นต้องจริงด้วย (จะเป็นเท็จไม่ได้) หรืออาจกล่าวสั้นๆว่า การอ้างเหตุผลที่ข้อสรุปเป็นจริงตามเงื่อนไขของข้ออ้าง

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) คือ การอ้างเหตุผลที่ข้ออ้างจริงทุกข้อ แต่ข้ออ้างสนับสนุนข้อสรุปเพียงบางส่วน ดังนั้นข้อสรุปจึงยังมีโอกาสที่จะเป็นเท็จได้ หรือกล่าวได้ว่าถ้าข้ออ้างทุกข้อเป็นจริง ข้อสรุปจะมีโอกาสเป็นจริงสูง

จากการศึกษาประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีนักวิชาการ นักการศึกษาภายในประเทศได้แบ่งประเภทไว้แตกต่างกันดังนี้

จิตรา ทับแสง (2529) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 2 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) เป็นการนำความรู้เดิมที่เป็นส่วนใหญ่มาเป็นข้ออ้าง แล้วดูความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันกับอีกข้ออ้างหนึ่ง เพื่อสรุปเป็นความรู้ใหม่ที่เป็นส่วนย่อย การสรุปแบบนี้ไม่อาศัยประสบการณ์ ใช้ความคิดดูธรรมชาติของความสัมพันธ์ระหว่างข้ออ้างต่างๆกับข้อสรุป ว่ามีสาเหตุอ้างมาอย่างนี้จะสรุปผลอย่างนี้ได้หรือไม่ คือดูความสมเหตุสมผลของการอ้างและการสรุป โดยไม่พิจารณาความจริงหรือเท็จของข้อสรุปแต่อย่างใด ถือว่าถ้าหาข้ออ้างทั้งหมดจริงข้อสรุปก็จริงด้วย ถ้าเป็นเท็จก็เท็จด้วย

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) เป็นการสรุปส่วนย่อยไปสู่ส่วนรวม การอ้างเหตุผลแบบอุปนัยเริ่มจากการสังเกตประสบการณ์หลายๆครั้งแล้วนำมาเป็น

ข้ออ้างสนับสนุนหรือพิสูจน์ข้อสรุป ซึ่งข้อสรุปนี้จะได้จากการสรุปความเหมือนและความสัมพันธ์ของข้ออ้างที่ได้จาก ประสบการณ์ย่อยบางส่วน หรือความจริงเฉพาะหน่วยแล้วนำมาสรุปเป็นคุณสมบัติความสัมพันธ์ส่วนรวมทั้งหมด

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 3 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไปสู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจง นั่นก็คือ การใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี และกฎอธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุป ซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะหน่วย คำอธิบายหรือข้อสรุปที่ได้รับคือ ความรู้ใหม่ที่ได้จากเหตุผลเชื่อมโยงความรู้ที่ปรากฏ

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงเพื่อหาข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไปจากความจริง ที่รวบรวมได้จากการสังเกตโดยตรง นั่นก็คือ การสรุปอ้างอิงจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วยเพื่อให้ได้หลักการทั่วไป

3. การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย หรือวิธีการนิรนัย-อุปนัย (Inductive-Deductive Method) เป็นกระบวนการคิดที่เริ่มจากการสังเกต แล้วสรุปความรู้จากการสังเกต นั่นก็คือการคิดหรือการให้เหตุผลแบบอุปนัยแล้วตั้งสมมติฐานตามข้อสรุปที่อุปนัยได้ และทำการทดสอบสมมติฐานโดยการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ศึกษาได้จะสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่ อีกนัยหนึ่งคือ ถ้าสมมติฐานเป็นจริงเราจะพบอะไร เป็นการลงความเห็นโดยพิจารณาจากหลักการทั่วไปสู่เรื่องเฉพาะเจาะจงซึ่งก็คือ การให้เหตุผลเชิงนิรนัย

ศุภณัฐ ชัยดี (2549) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 2 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) หมายถึง วิธีการสรุปผลค้นหาความจริงจากการสังเกต หรือการทดลองหลายครั้งจากกรณีย่อยๆ แล้วนำมาสรุปเป็นความรู้แบบทั่วไป โดยมีลักษณะที่สำคัญ คือ อาศัยหลักฐานจากประสบการณ์ เริ่มต้นจากข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะไปสู่ข้อสรุปซึ่งมีลักษณะทั่วไป ความน่าเชื่อถือของข้อสรุปอยู่ในระดับความน่าจะเป็นและมีความรู้ใหม่เกิดขึ้น เป็นต้น

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) หมายถึง การนำความรู้พื้นฐานซึ่งอาจเป็นความเชื่อ ข้อตกลง กฎ หรือบทนิยามที่รู้กันมาก่อนและยอมรับว่าเป็นจริง โดยมีลักษณะที่สำคัญ คือ อาศัยหลักฐานจากความรู้เดิม เริ่มต้นจากข้ออ้างซึ่งมีลักษณะทั่วไปไปสู่ข้อสรุปซึ่งมีลักษณะเฉพาะ ความน่าเชื่อถือของข้อสรุปอยู่ในขั้นความแน่นอน ไม่ให้ความรู้ใหม่ เป็นต้น

กีรติ บุญเจือ (2550) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 2 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) คือ การแสดงออกของการอ้างเหตุผลอย่างตรงๆที่ต้องมีองค์ประกอบเป็น 3 ประโยคตรรกวิทยา ที่จะมีมากหรือน้อยกว่านี้ไม่ได้ เพราะการอ้างเหตุผล ครั้งหนึ่งๆในมโนทัศน์จะต้องมีการตัดสินอยู่ก่อน 2 ครั้ง ซึ่งในการตัดสินใจทั้งสองครั้งนี้จะต้องมีมโนทัศน์เดียวกันอยู่ส่วนหนึ่ง นั่นหมายความว่า การตัดสินเดิม 2 ครั้งนั้นมีมโนทัศน์อยู่ 3 หน่วย ไม่มากน้อยกว่านั้น ครั้นตัดสินครั้งที่ 3 ก็เอามโนทัน์อีก 2 หน่วยที่เหลือมาตัดสิน ไม่ได้มีมโนทัศน์ใหม่เพิ่มขึ้น โดยที่สองประโยคแรกที่มาจาก การตัดสินใจ 2 ครั้งดั้งเดิม เรียกว่าประโยคอ้าง ส่วนประโยคที่สามมาจากการตัดสินสุดท้าย เรียกว่า ประโยคสรุป

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) คือ การพิสูจน์โดยอ้างประสบการณ์ เฉพาะหน่วยสนับสนุน ข้อความทั่วไปที่เรายังไม่แน่ใจ เช่น เราเคยเห็นต้นมะพร้าวมาจำนวนมากแล้ว ปรากฏว่าไม่แตกกิ่งก้าน เหมือนต้นไม้อื่นๆ เราก็อนุมานเป็นกฎทั่วไปว่า “ต้นมะพร้าวทุกต้นไม่แตกกิ่งก้าน”

สมภาร พรมทา (2551) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 2 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) เป็นฐานทางความคิดของวิชาวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการทดลอง ซึ่งก็คือการรวบรวมข้อมูลที่แสดงว่าสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เป็นอย่างนี้อย่างนั้นแล้วก็สรุปเป็นกฎว่า ถ้าพบกรณีอย่างนี้อีกผลก็จะปรากฏเช่นที่เคยทดลองหรือรวบรวมมา เช่น การรวบรวมข้อมูลว่าคนดื่มเหล้าเป็นประจำจะเป็นโรคตับแข็งมากกว่าคนที่ไม่ดื่ม

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) เป็นการใช้ความคิดโดยไม่พิจารณาข้อเท็จจริงในโลก เป็นการค่อยๆ คิดขยายออกไปทีละน้อยจากสิ่งที่มั่นใจอยู่แล้ว จึงเหมาะกับการวินิจฉัยสถานการณ์บางสถานการณ์ที่ไม่มีข้อมูลให้เราได้รู้เห็น เช่น เช้านี้เพื่อนโทรศัพท์มาคุยแล้วบอกว่าสุนัขที่บ้านออกลูก เราสามารถรู้ทันทีว่าสุนัขตัวนั้นจะต้องเป็นเจ้าส้มลิ้มไม่ใช่เจ้าส้มจุกเพราะทั้งสองตัวนี้ ตัวแรกเป็นตัวเมีย ตัวที่สองเป็นตัวผู้

โสรัจจ์ หงศ์ลดารมภ์ (2553) แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงทยาศาสตร์ไว้ 2 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) คือ การอ้างอิงเหตุผลที่ข้อสรุปอยู่ภายในขอบเขตของข้ออ้าง ซึ่งเมื่อเป็นเช่นนี้จึงเห็นได้ชัดว่า การอ้างเหตุผลแบบนิรนัยเท่านั้นที่ทำให้เชื่อมันได้เต็มที่ว่า ข้อสรุปเป็นจริงถ้าข้ออ้างเป็นจริง เช่น ทุกๆวันที่ฝนตกวันนั้นไม่ต้องรดน้ำต้นไม้ เนื่องจากวันนี้ฝนตกจึงไม่ต้องรดน้ำต้นไม้

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) คือ การอ้างเหตุผลที่ข้อสรุปเป็นการสรุปที่เกินเลยจากข้ออ้าง เช่น มาลี สังเกตมาหลายวันแล้วว่า วันใดที่มดขึ้นครัว วันนั้นฝนจะตก วันนี้มาลีเห็นมดขึ้นครัว เธอจึงสรุปว่าวันนี้ฝนก็จะตกเหมือนกัน

จากการศึกษาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีนักปรัชญา และนักวิชาการได้แบ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอื่นๆ ไว้ดังนี้

Peirce (1903 อ้างถึงใน Schurz, 2008: 202-204) กล่าวว่า “ การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abduction or Abductive Reasoning) เป็นแรงจูงใจในการแสวงหาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับการคิดพิจารณาการให้เหตุผลที่ต้องอาศัยการตั้งสมมติฐาน การอธิบายหลักฐาน และความเชื่อ(กลไกทางสติปัญญา) ในการผลักดันให้เกิดการสมมตินัย กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นการให้เหตุผลถึงสาเหตุที่เกิดขึ้น(สิ่งที่สังเกตไม่ได้) หรือการอธิบายผลของเหตุการณ์(สิ่งที่สังเกตได้)

Aliseda (2006) กล่าวว่า “การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abduction or Abductive Reasoning) เป็นกระบวนการคิดให้เหตุผล จากการสังเกตหลักฐาน (evidence) และผลที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปสู่การอธิบายสาเหตุในบริบทของสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งการอธิบายนั้นจำเป็นต้องอาศัยความรู้เดิม(ทฤษฎีเดิม)”

จากการศึกษาประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีนักวิชาการ นักการศึกษาได้แบ่งประเภทไว้แตกต่างกัน ซึ่งโดยส่วนมากนั้นจะแบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ การให้เหตุผลแบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัย แต่อย่างไรก็ตาม พบว่ามีการแบ่งประเภทของการให้เหตุผลออกเป็น 3 ประเภทโดยจันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช และแบ่งออกเป็น 4 ประเภท โดย Lawson นอกจากนี้แล้วยังมีการให้ความหมายของการให้เหตุผลให้แบบอื่นๆ โดย Peirce และ Aliseda ดังนั้นจึงรวบรวมและวิเคราะห์ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนใจไว้ 4 ประเภทตามแนวคิดของ Lawson (2009) ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abduction or Abductive Reasoning) เป็นการคิดให้เหตุผลจากการสังเกตปัญหา หลักฐาน และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น รวมถึงสร้างสมมติฐานจากข้อมูลที่มีอยู่เดิมและข้อมูลที่ได้จากการสังเกต

2. การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroduction or Retroductive Reasoning) เป็นการคิดให้เหตุผล โดยใช้การประเมินคำอธิบายทางเลือกที่เกิดขึ้นหรือการทดสอบสมมติฐาน และอธิบายการสังเกตที่ชวนสงสัยในตอนแรก

3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) เป็นการคิดให้เหตุผลจากการนำหลักการใหญ่ไปจำแนกเป็นหลักการย่อยๆ โดยใช้การสร้างคำพยากรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการ

สังเกตการณ์ในอนาคตที่จะเกิดขึ้น และสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับการทดสอบและการวางแผนที่ทำให้น่าเชื่อถือขึ้น

4. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) เป็นการคิดให้เหตุผลจากการนำรายละเอียดย่อยๆ ไปสู่การสรุปหลักการโดยทั่วไป โดยการใช้การเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จากการคาดหวัง(คำพยากรณ์) กับผลลัพธ์จากการสังเกต จนนำไปสู่การลงข้อสรุปของสถานการณ์นั้น

3.3 แนวทางการวัดและประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในข้างต้น พบว่า การวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวความคิดของ Lawson (2009: 338) ระบุว่า “การช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงวิธีการให้เหตุผลและการลงข้อสรุปของนักวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการรู้ทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นเป้าหมายหลักของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์” ดังนั้นการสร้างแบบวัดครั้งนี้จึงมีลักษณะการประเมินที่เน้นในประเภทการให้เหตุผลแบบอุปนัย ที่ใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ และเปรียบเทียบการพยากรณ์และผลลัพธ์จากการทดลองจนนำไปสู่การลงข้อสรุปของนักเรียน นอกจากนี้ ยังพบอีกว่านักการศึกษาได้ให้แนวทางในการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Bao et al. (2009: 586) ได้ใช้แนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนของ Lawson (Lawson’s Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR)) ซึ่งแบบวัดนี้แบ่งเป็น 2 ตอน (Lawson, 1995: 436-445) ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเชิงเนื้อหาที่เป็นสถานการณ์ พร้อมกับมีข้อมูลรูปภาพประกอบ เพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมถึงวิเคราะห์สถานการณ์ สร้างคำพยากรณ์และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยข้อสอบสามารถเลือกใช้ได้ 2 ประเภท คือ 1) ข้อสอบประเภทที่มีตัวเลือก ได้แก่ ข้อสอบแบบเลือกตอบจะมีตั้งแต่ 2-4 ตัวเลือก และ 2) ข้อสอบประเภทเขียนตอบแบบเติมคำหรือเขียนตอบอย่างสั้น

ตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบในตอนที่ 1

โดยในแต่ละข้อคำถามมีหลักเกณฑ์ในการให้คะแนนที่พิจารณาจากคำตอบในแต่ละข้อซึ่งควรจะได้คะแนนทั้งคำตอบที่ถูกต้องหรือคำตอบที่ไม่ถูกต้องทั้งหมดก็ตาม เมื่อครูพิจารณาถึงคำตอบที่ถูกต้อง นักเรียนจะต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องพร้อมกับให้คำอธิบายที่สมเหตุสมผล โดยที่คำอธิบาย

อื่นๆ ที่นอกเหนือไปจากที่นักเรียนระบุ ครูจะพิจารณาจากความสมเหตุสมผลและสามารถให้คะแนนถูกต้องได้ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนสามารถวัดพฤติกรรมบ่งชี้ได้ดังนี้(Lawson, 1995: 445)

(1) ได้คะแนน 0-4 สามารถบ่งชี้ได้ว่านักเรียนมีระดับการคิดแบบเชิงประจักษ์-อุปนัย (empirical-inductive thinking)

(2) ได้คะแนน 5-8 สามารถบ่งชี้ได้ว่านักเรียนมีระดับการคิดอยู่ระหว่างแบบเชิงประจักษ์-อุปนัย (empirical-inductive thinking) และแบบสมมติฐาน-อุปนัย (hypothetical-inductive level thinking)

(3) ได้คะแนน 9-12 สามารถบ่งชี้ได้ว่านักเรียนมีระดับการคิดแบบสมมติฐาน-อุปนัย (hypothetical-inductive level thinking)

PISA (2003 อ้างถึงใน สสวท., 2550: 68-92**)** หรือโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment) ที่เน้นการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) มากกว่าการประเมินเนื้อหาสาระของวิชา โดย PISA ได้จำแนกการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) การรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2) การรู้มโนทัศน์และสาระเนื้อหา 3) การรู้จักใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงเข้ากับชีวิตจริง โดยกรอบการประเมินกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้มีการวัดและประเมินการใช้หลักฐานหรือประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีองค์ประกอบ สอดคล้องกับการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในประเด็นดังนี้ 1) ตีความ แปลความหลักฐานและลงข้อสรุป 2) ให้เหตุผลสนับสนุนหรือคัดค้านข้อตกลงเบื้องต้นที่นำไปสู่ข้อสรุป 3) สื่อสารข้อสรุปและบอกหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุป ทั้งนี้ PISA ได้เสนอแนวทางการวัดและประเมิน โดยใช้ข้อสอบ 2 ประเภท ดังนี้

1) ข้อสอบประเภทเขียนตอบแบบอธิบายเป็นข้อคำถามที่เป็นกำหนดสถานการณ์ 1 สถานการณ์ประกอบไปด้วยชุดของข้อคำถามที่ให้เขียนตอบแบบอธิบายจำนวนหลายข้อ

2) ข้อสอบประเภทที่มีตัวเลือกแบบถูกหรือผิดเป็นข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ โดยที่ลักษณะของสถานการณ์ อาจเป็นข้อความ ตารางข้อมูล แผนภูมิ ภาพ หรือแผนภาพ ทั้งนี้สถานการณ์ดังกล่าวต้องเป็นสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน สถานการณ์ที่ประชาชนกำลังให้ความสนใจ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือ สถานการณ์จำลอง

TIMSS (2007 อ้างถึงใน สสวท., 2553ก: 1-5, 35-46**)** หรือโครงการศึกษาผลแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาสตร์ พ.ศ. 2550 (Trends in International Mathematics and Science Study 2007; TIMSS 2007) มีวัตถุประสงค์ในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่ง TIMSS ได้กำหนดขอบเขต

การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อันประกอบไปด้วย 2 ด้าน ดังต่อไปนี้ 1) ด้านเนื้อหา ได้แก่ ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ และ 2) ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ความรู้ การใช้เหตุผล เป็นต้น โดยที่จุดประสงค์หนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การเตรียมนักเรียนให้มีความเป็นเหตุเป็นผลในการแก้ปัญหา การสร้างคำอธิบาย และการขยายความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ รวมถึงนักเรียนต้องใช้เหตุผลจากหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบ อีกทั้ง TIMSS ยังระบุนิยามของการใช้เหตุผลว่านักเรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ดังนี้ 1) การวิเคราะห์/การแก้ปัญหา 2) การบูรณาการ/การสังเคราะห์ 3) การตั้งสมมติฐานการทำนาย และ 4) การออกแบบ/วางแผน

ทั้งนี้ TIMSS ได้เสนอแนวทางการวัดและประเมิน โดยใช้ข้อสอบ 2 ประเภท ดังนี้

1) ข้อสอบประเภทเขียนตอบเป็นข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ โดยมีลักษณะของข้อคำถามให้เขียนตอบเติมคำ เขียนตอบแบบอธิบาย หรือวาดรูปอธิบาย เลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง

2) ข้อสอบประเภทที่มีตัวเลือกแบบเลือกตอบเป็นข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ โดยมี 4 ตัวเลือก

กล่าวโดยสรุป จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จะมีแนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Bao et al. (2009: 586) ซึ่งใช้แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนของ Lawson (Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR)) โดยใช้ลักษณะข้อสอบเลือกตอบ เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหาที่เป็นสถานการณ์ โดยที่ลักษณะของสถานการณ์ อาจเป็นข้อความ ตารางข้อมูล แผนภูมิ ภาพ หรือแผนภาพ ทั้งนี้สถานการณ์ดังกล่าวต้องเป็นสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน สถานการณ์ที่ประชาชนกำลังให้ความสนใจ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ รวมถึงวิเคราะห์สถานการณ์ สร้างคำพยากรณ์และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เป็นข้อสอบประเภทที่มีตัวเลือก ได้แก่ ข้อสอบแบบเลือกตอบมี 4 ตัวเลือก โดยมีทั้งคำตอบที่เป็นตัวลวงและคำตอบที่ถูกต้อง

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ สามารถแบ่งประเด็นที่ศึกษาได้ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 2) องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ 3) แนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

การศึกษาเกี่ยวกับความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ จากนักการศึกษาและนักวิชาการ พบว่ามีการให้ความหมายดังนี้ คือ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545: 109) กล่าวว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน”

Caroll (1963: 20) กล่าวว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ระดับความสำเร็จทางการเรียนอันเกิดจากการจัดการเรียนการสอน ซึ่งรวมถึงจำนวนเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน ความถนัดทางการเรียนของนักเรียน และความตระหนักของครูที่มีต่อความแตกต่างกันระหว่างนักเรียน โดยมุ่งพัฒนาองค์ประกอบ 2 ด้าน คือ ด้านการนำไปใช้ และด้านการตีความ เป็นต้น”

Klopfer (1971: 565-580) กล่าวว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลสำเร็จทางการเรียนของนักเรียน อันเกิดจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ 6 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ 2) ด้านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ 3) ด้านการนำองค์ความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ 4) ด้านทักษะการใช้งาน (Manual Skills) 5) ด้านเจตคติและความสนใจทางวิทยาศาสตร์ และ 6) ด้านการปฐมนิเทศ (Orientation) เป็นต้น”

Nolen (2003: 347-348, 354-355) กล่าวว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากระบบการจัดการเรียนการสอน โดยมุ่งเน้นไปที่สิ่งแวดล้อมแห่งการเรียนรู้ และพัฒนาองค์ประกอบในด้านความสามารถในการอ่านจับใจความ (reading comprehension ability)”

Cottaar (2012: 471) กล่าวว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ หมายถึง ความสำเร็จทางการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านความเข้าใจที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์”

Heller et al. (2012: 334-335, 345) กล่าวว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียน อันเกิดจากการจัดการเรียนการสอน โดยมุ่งพัฒนาองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความจำ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้ เป็นต้น”

Waugh and Gronloud (2013: 1-3) กล่าวว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ อันเกิดจากการจัดการเรียนการสอนที่จำเป็นต้องมีทั้งภาระงานในภาคปฏิบัติ (ในชีวิตจริง) และแบบสอบ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญและเกี่ยวเนื่องกันใน 2 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ และด้านทักษะการเขียน เป็นต้น”

จากข้อมูลข้างต้น พอที่จะสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ หมายถึง ความสำเร็จทางการเรียนรู้อันเกิดจากการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ โดยมุ่งพัฒนาองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้ เป็นต้น

4.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จากองค์กรและนักการศึกษา พบว่าได้มีการจำแนกองค์ประกอบไว้ ดังนี้

สสวท. (2547: 11) ได้นำเสนอแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ความคิด ซึ่งสามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของนักเรียนโดยมีองค์ประกอบ 6 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้ความจำ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการรู้ข้อเท็จจริง จำได้หรือระลึกถึงข้อมูลหรือข้อสนเทศ

2. ด้านความเข้าใจ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการมีความเข้าใจและสามารถอธิบายได้

3. ด้านการนำไปใช้ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

4. ด้านการวิเคราะห์ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการแยกแนวคิดหลักที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนๆ ให้เข้าใจได้ง่าย

5. ด้านการสังเคราะห์ คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการรวบรวมความรู้และข้อเท็จจริงเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่

6. ด้านการประเมินค่า คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการตัดสินใจเลือก

Bloom et al. (1956: 62-200) ได้นำเสนอแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านพุทธิพิสัยไว้ 6 ด้าน ได้แก่

1. ด้านความรู้ (Knowledge) เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการรับรู้และจำปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ต่างๆได้ ซึ่งสามารถจำแนกย่อยความรู้ ได้แก่ ความรู้เฉพาะเรื่อง ความรู้

เกี่ยวกับแนวทางและวิธีการจัดการกับปัญหาเฉพาะ ความรู้เกี่ยวกับหลักการทั่วไปและความรู้ที่เป็นนามธรรมในสาขาวิชา เป็นต้น

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการแปลความ การตีความ การขยายความ สรุปอ้างอิง อธิบาย บรรยายและสื่อสารเรื่องราวและเหตุการณ์ต่างๆได้

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการนำวิธีการ ทฤษฎี หลักการ หรือสิ่งที่เป็นนามธรรมไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

4 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะข้อเท็จจริงต่างๆจากการตั้งสมมติฐาน ซึ่งถือเป็นการหาองค์ประกอบย่อย และสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ข้อมูลย่อยๆเหล่านั้น และสามารถหาหลักการของความรู้นั้นได้จากข้อสรุปและหลักฐานต่างๆ ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ การวิเคราะห์หลักการ เป็นต้น

5 การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน การสังเคราะห์แบ่งออกได้เป็น การสังเคราะห์ข้อความเพื่อสื่อความหมาย การสังเคราะห์เพื่อการวางแผนโครงการ หรือแผนการดำเนินโครงการใดๆ การสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม เป็นต้น

6 การประเมินผล (Evaluation) เป็นความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินเกี่ยวกับคุณค่าของการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดลงไป โดยยึดถือเกณฑ์เป็นหลัก ได้แก่ การตัดสินคุณค่าโดยใช้เกณฑ์ภายใน การตัดสินคุณค่าโดยใช้เกณฑ์ภายนอก เป็นต้น

The National Society for the Study of Education (1947 อ้างถึงใน Chiappetta and Koballa, 2010: 17) หรือหนังสือสังคมแห่งชาติเพื่อศึกษาทางด้านการศึกษา ได้นำเสนอการวัดผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ด้านความรู้ คือ มีความสามารถในการรับรู้ในข้อเท็จจริงต่างๆ

2. ด้านความเข้าใจ คือ มีความสามารถในการเข้าใจในมโนทัศน์และหลักการทางวิทยาศาสตร์

3. ด้านทักษะ คือ มีการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. ด้านเจตคติ คือ มีการปรับเปลี่ยนเจตคติทางวิทยาศาสตร์

5. ด้านความสนใจ คือ มีความสนใจทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

6. ด้านความชื่นชม คือ ให้การสนับสนุน และชื่นชมต่อคุณค่าทางวิทยาศาสตร์

Klopfer (1971: 565-580) ได้เสนอแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ อันเกิดจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงถึงการที่นักเรียนได้รับรู้และมีความจำเกี่ยวกับเรื่องราวต่างๆ และสามารถแสดงให้เห็นถึงการนำความรู้ที่ได้รับไปจัดกระทำกับบริบทใหม่ได้ โดยจะแบ่งพฤติกรรมด้านความรู้ความเข้าใจออกเป็น 11 ด้าน ซึ่งด้านที่ 1 ถึง 9 จัดอยู่ในด้านของความรู้ และด้านที่ 11 และ 12 จัดอยู่ในด้านของความเข้าใจ ซึ่งได้แก่ 1) ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงเฉพาะ 2) ความรู้เกี่ยวกับศัพท์เทคนิคหรือศัพท์เฉพาะ 3) ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 4) ความรู้เกี่ยวกับแบบแผนนิยม 5) ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้นตอนตามเหตุและผล 6) ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภท การจัดประเภท และเกณฑ์ 7) ความรู้เกี่ยวกับเทคนิค กระบวนการ และการจัดประเภททางวิทยาศาสตร์ 8) ความรู้เกี่ยวกับกฎและหลักการทางวิทยาศาสตร์ 9) ความรู้เกี่ยวกับสูตรที่เป็นนามธรรมทางวิทยาศาสตร์ 10) ความเข้าใจเกี่ยวกับการระบุมโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีในบริบทใหม่ และ 10) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลหมายความคำศัพท์ มโนทัศน์ หลักการและทฤษฎี เป็นต้น

2. ด้านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆและสำรวจตรวจสอบธรรมชาติในโลก โดยอาศัยกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ 1) การสังเกตและการวัด 2) การพิจารณาปัญหาและแสวงหาวิธีการแก้ปัญหา 3) การตีความหมายข้อมูลและกำหนดสูตรโดยทั่วไป และ 4) การสร้าง การทดสอบ และการปรับแก้ไขแบบจำลองเชิงทฤษฎี เป็นต้น

3. ด้านการนำองค์ความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำองค์ความรู้ ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการ ทฤษฎี และทักษะการสืบสอบ ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ในสถานการณ์ใหม่ได้ โดยสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้แก้ปัญหาได้ 3 ประเภท ได้แก่ 1) การนำไปใช้เพื่อการแก้ปัญหาใหม่ๆในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน 2) การนำไปใช้เพื่อการแก้ปัญหาใหม่ๆในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาที่แตกต่างกัน และ 3) การนำองค์ความรู้และทักษะการสืบสอบไปใช้แก้ปัญหาในสาขาวิชาที่นอกเหนือจากวิชาวิทยาศาสตร์

The American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1990 อ้างถึงใน Chiappetta and Koballa, 2010: 19) หรือสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ได้นำเสนอวัตถุประสงค์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ในโครงการปี 2061 (Project 2016) ว่าความสำเร็จทางการศึกษาวิทยาศาสตร์จะสามารถวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ อันเกิดจากการแนวทาง และวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อทำให้นักเรียนเป็นผู้มีความรอบรู้ และนักเรียนสามารถแสดงพฤติกรรมได้ ดังนี้

1. มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ตลอดจนวิธีการทำหน้าที่ของธรรมชาติ

2. มีความรอบรู้เกี่ยวกับชีวิตทางกายภาพ และด้านสังคมศาสตร์

3. มีความรู้ ความเข้าใจพื้นฐานในชีวิตจริงและสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นบนโลก โดยอาศัยการกระทำของมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความก้าวหน้าทางสังคม

4. มีวิธีการคิดทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ที่ได้เรียนรู้และพัฒนามาจากแง่มุมทางประวัติศาสตร์ เช่น ตำแหน่งที่โลกอยู่ในระบบสุริยะจักรวาล สสารและพลังงาน ไฟ อะตอม และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต เป็นต้น

5. มีจิตวิทยาศาสตร์ที่มองเห็นถึงเห็นคุณค่า และเจตคติที่ดี รวมถึงเรียนรู้ทักษะต่างๆ จนกระทั่งนักเรียนเป็นผู้มีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

Heller et al. (2012: 344-345) ได้นำเสนอแนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้ คือ สามารถจำและระบุมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ ตัวอย่างคำถาม “จงตั้งชื่อชนิดของวงจรไฟฟ้าที่แสดงดังรูปหรือรูปภาพเกี่ยวกับการลัดวงจรไฟฟ้า”

2. ด้านความเข้าใจ คือ สามารถให้เหตุผลเพื่ออธิบายและพยากรณ์เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างคำถาม “สถานการณ์การสังเกตพฤติกรรมของวงจรไฟฟ้า จงพิจารณาว่าความสว่างของหลอดไฟสัมพันธ์กับการต่อหลอดไฟในวงจรอย่างไร”

3. ด้านการนำมโนทัศน์ไปใช้ คือ สามารถให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ซับซ้อนมากๆได้ ตัวอย่างคำถาม “จงอธิบายเกี่ยวกับความสว่างของหลอดไฟในวงจรขนานว่าเพราะเหตุใดจึงไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อนำหลอดไฟดวงที่ต่อขนานกันออกไปดวงหนึ่ง”

จากข้อมูลขั้นต้นเกี่ยวกับการจำแนกลักษณะของวัตถุประสงค์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกระบวนการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพซึ่งจะมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งมีองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการรับรู้ข้อเท็จจริงและจำเรื่องราวต่างๆได้ อาจจำแนกย่อยเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ กฎ ทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น 2) ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการแปลความหมายและอธิบายเกี่ยวกับข้อเท็จจริง กฎ ทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ 3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ สำรวจตรวจสอบ และการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการดำเนินการต้องอาศัยทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 4) การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ คือ ความสามารถในการนำความรู้เกี่ยวกับกฎ ทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

4.3 แนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในข้างต้นพบว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีลักษณะการประเมินที่เน้นในด้านความรู้ความเข้าใจ และการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยที่ยังพบอีกว่านักการศึกษาได้ให้แนวทางในการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Hickey et al. (2003: 134-135) ได้ออกแบบสอบที่วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประเภทแบบตอบ-อธิบาย (answer-explanation) ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ประเภทหลายตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก (multiple-choice) เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหาเพื่อให้นักเรียนทำนายผลที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยมีทั้งคำตอบที่เป็นตัวลวงและคำตอบที่ถูกต้อง

ตอนที่ 2 ประเภทคำถามปลายเปิด (open-ended) เป็นคำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบในตอนที่ 1

Heller et al. (2012: 333-362) ได้ออกแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยกำหนดให้จำนวนข้อสอบที่ใช้วัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน แบ่งเป็น ด้านความรู้ร้อยละ 32 ด้านความเข้าใจร้อยละ 56 และด้านการนำมโนทัศน์ไปใช้ร้อยละ 12 ซึ่งมีแนวทางการวัดโดยใช้แบบสอบวิทยาศาสตร์แบบ 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ประเภทเลือกตอบแบบถูก-ผิด (selected-response) เป็นข้อคำถามที่ทดสอบความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 ประเภทเขียนตอบ (constructed-response) เป็นส่วนที่ให้เหตุผลจากคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1

สสวท. (2547: 24-35) ได้ออกแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 แบบ โดยวัดและประเมินตามองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. แบบเลือกตอบที่เป็นคำถามเดี่ยว สามารถวัดองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในด้านการนำไปใช้ รวมทั้งมีเกณฑ์การตรวจหรือการให้คะแนนที่ชัดเจน

2. แบบเลือกตอบ 2 ตอน มีตัวเลือกถูกต้อง 1 ข้อ สามารถวัดองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้ความเข้าใจ รวมทั้งมีเกณฑ์การตรวจหรือการให้คะแนนที่ชัดเจน

3. แบบถูกผิดเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบรูปแบบหนึ่งที่มีลักษณะเป็นการนำเสนอข้อความเกี่ยวกับความรู้และความเข้าใจแนวคิดหลัก หลักการ ทฤษฎี การแปลความหมายหรือการกำหนดตัวแปร สามารถวัดองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้ความเข้าใจ

4. แบบจับคู่เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบรูปแบบหนึ่งที่มีลักษณะเป็นการนำเสนอคำหรือข้อความ 2 ส่วน ให้เลือกเพื่อจับคู่กัน

ส่วนที่ 1 คือ ปัญหาที่เขียนเป็นคำหรือข้อความซึ่งเป็นแนวความคิดหลัก เรียงไว้เป็นแนวตั้ง 1 แถว

ส่วนที่ 2 คือ คำตอบซึ่งเป็นคำหรือข้อความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับปัญหา เขียนเรียงเป็นแนวตั้งอีก 1 แถว

โดยทั่วไปจำนวนข้อของ โดยทั่วไปจำนวนข้อของปัญหามีประมาณ 6-12 ข้อ และจำนวนข้อของคำตอบมีมากกว่าคำถาม ซึ่งลักษณะของแบบสอบประเภทแบบจับคู่ สามารถวัดองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้ความจำ

สสวท. (2555: 24-43) ได้ออกแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบ โดยวัดและประเมินตามองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. แบบเลือกตอบคำถามเดี่ยวลักษณะที่ไม่มีสถานการณ์ สามารถวัดองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในด้านความเข้าใจ

2. แบบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น เป็นแบบสอบที่ให้นักเรียนบอกเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเขียนอธิบายเหตุผล รวมทั้งสามารถวัดองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในด้านการนำความรู้ไปใช้ ซึ่งลักษณะตัวอย่างของแบบสอบมีดังต่อไปนี้

3. แบบเขียนตอบแบบเติมคำหรือเขียนตอบอย่างสั้น ซึ่งประกอบด้วยคำสั่งและข้อความที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะมีส่วนเว้นไว้เพื่อให้เติมคำหรือข้อความสั้นๆ ที่ทำให้ข้อความข้างต้นถูกต้องหรือสมบูรณ์ นอกจากนี้ข้อสอบเขียนตอบแบบเติมคำหรือเขียนตอบอย่างสั้นอาจประกอบด้วยสถานการณ์และคำถามที่นักเรียนตอบโดยการเขียนอย่างอิสระ แต่สถานการณ์และคำถามจะเป็นสิ่งที่กำหนดคำตอบให้มีความถูกต้องและเหมาะสม อีกทั้งสามารถวัดองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในด้านความรู้ความจำ

กล่าวโดยสรุป จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จะมีแนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำมโนทัศน์ไปใช้ ตามแนวคิดของ Heller et al. (2012) โดยใช้แบบสอบประเภทหลายตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก (multiple-choice) เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา โดยมีทั้งคำตอบที่เป็นตัวลวงและคำตอบที่ถูกต้อง

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

การศึกษางานวิจัยที่เป็นแนวคิดหรือพื้นฐานคิดจากขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น มีดังนี้

Gerber (2001: 535-6549) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ แนวทางการสอนของครู และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาโดยให้นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ประกอบด้วย ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ขั้นการแนะนำ (Term introduction) ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Concept application) กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษา(เกรด 7-10) จำนวน 1,178 คน แบ่งเป็น 325 คน ในแต่ละระดับชั้น นักเรียนกลุ่มทดลองเรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้และนักเรียนกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดการเขียนบทความการเรียนรู้ (Informal Learning Opportunities Assay) จำนวนข้อคำถาม 41 ข้อ ค่าความเที่ยง 0.86 และใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนของ Lawson (Classroom Test of Scientific Reasoning) ค่าความเที่ยง 0.75 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

Johnson and Lawson (1998: 89) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักศึกษาที่เรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป และเรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ประกอบด้วย ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ขั้นการแนะนำ (Term introduction) ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Concept application) ตัวทำนายที่ศึกษา ได้แก่ ความรู้เดิมเกี่ยวกับชีววิทยา และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่ไม่ได้เรียนเอกชีววิทยา จำนวน 366 คน ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป จำนวน 181 คน และกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้จำนวน 185 คน โดยครูวิทยาศาสตร์ 2 คน สอนแบบทั่วไป และครูวิทยาศาสตร์จำนวน 2 คน สอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ ใช้เวลาในการทดลอง 15 สัปดาห์ ในระหว่างการสอนครูทำการทดสอบย่อย และใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของลอว์สัน เพื่อทดสอบหลังการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิง

วิทยาศาสตร์หลังการสอนสูงกว่านักศึกษาที่เรียนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 แล้วยังพบอีกว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นร้อยละ 18.8 จากร้อยละ 7.2 หลังจากการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น มีดังนี้

Lawson (2002: 1-24) ได้ศึกษาการใช้วงจรแบบสมมติฐานนิรนัย (Cycles of Hypothetico-Deductive) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1)ขั้นการสังเกตปัญหา (puzzling observation) 2) ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (causal question) 3) ขั้นการตั้งสมมติฐาน (hypotheses) 4) ขั้นการพยากรณ์ (prediction) 5) ขั้นการเปรียบเทียบ (comparing) 6) ขั้นการลงข้อสรุป (drawing conclusion) ซึ่งมีลักษณะสำคัญที่เน้นให้นักเรียนได้ อธิบายการสังเกต ตั้งสมมติฐานทางเลือก รวมทั้งระดมสมองเพื่อทดสอบสมมติฐานโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเกตและผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เพื่อศึกษากระบวนการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนส่งผลต่อความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาและนักศึกษาสาขาชีววิทยา ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรแบบสมมติฐานนิรนัยมีประสิทธิภาพจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Lawson (2003: 1387-1408) ได้ศึกษาการใช้วงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์ (Cycles of hypothetico-Predictive) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นการสังเกตปัญหา (puzzling observation) 2) ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (causal question) 3) ขั้นการอธิบายข้อเสนอ (proposed explanation) 4) ขั้นการวางแผนการทดสอบ (planned test) 5) ขั้นผลลัพธ์จากการพยากรณ์และการสังเกต (predicted result and observed result of test) 6) ขั้นกาสรุป (conclusion) ซึ่งมีลักษณะที่เน้นให้นักเรียนได้มีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การตอบคำถามเชิงสาเหตุและกำหนดการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับบริบทที่ศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษา จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์ สามารถพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ชีววิทยา ทักษะการโต้แย้ง และทักษะการใช้เหตุผลของนักเรียน รวมถึงการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการโต้แย้งแบบสมติฐาน-การพยากรณ์ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างมโนทัศน์ เพราะว่าการโต้แย้งจะถูกนำมาใช้ระหว่างการสร้างมโนทัศน์ และการเปลี่ยนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

เกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548: 80-81) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทพศิรินทร์ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคปลาย ปีการศึกษา 2548 จำนวน 2 ห้องเรียน โดยกำหนดเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 49 คน เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย และกลุ่มควบคุม จำนวน 49 คน เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.87 และ 2) แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.89 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที(t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ สูงกว่าร้อยละ 60 และ 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

Bao et al. (2009: 586) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนที่ใช้การสืบสอบเป็นฐานมีต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีน โดยใช้แบบสอบประเภทรายบุคคล (stand-alone tests) หรือ แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนของ Lawson (Lawson's Classroom Test of Scientific Reasoning (LCTSR)) และแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยใช้แบบสอบมาตรฐานที่ใช้งานวิจัยฐาน (Research-based standardized tests)กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 (เกรด 12) จำนวน 5,760 คน ในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งนักเรียนได้รับการฝึกอบรมเป็นเวลาต่อเนื่อง 5 ปี ซึ่งมีแนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งการประเมินไว้ 6 ด้าน ได้แก่ 1) การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (proportional reasoning) 2) การให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย (deductive and inductive reasoning) 3) การควบคุมตัวแปร (control of variables) 4) การให้เหตุผลแบบความน่าจะเป็น (probability reasoning) 5) การให้เหตุผลแบบสหสัมพันธ์ (correlation reasoning) 6) การประเมินสมมติฐาน (hypothesis evaluation) เป็นต้น ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนที่ใช้การสืบสอบเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ นอกจากนี้การศึกษาด้านเนื้อหาของ STEM (วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์) ยังส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อการพัฒนาความสามารถในการ

ให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยที่ผลการเปรียบเทียบองค์ความรู้ด้านเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ระหว่างนักเรียนประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีนมีความแตกต่างกัน ในทางกลับกัน การเปรียบเทียบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีนไม่มีความแตกต่างกัน

Ching She and Wen Liao (2010: 91-119) ได้ศึกษาการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์ 2 บทบาท(Dual Situated Learning Model) ร่วมกับการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายเวิลด์ ไวด์ เว็บ (Web-Based Learning) ที่มีลักษณะการจัดการเรียนการสอนสำคัญ คือ การตรวจสอบและการพิสูจน์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน รวมถึงการออกแบบ การสอน และการท้าทายในสถานการณ์การเรียนรู้ 2 บทบาท กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 (เกรด 8) ที่เรียนวิชาเคมี จำนวน 108 คน โดยใช้เวลาในการทดลอง 8 สัปดาห์ และทำการสัมภาษณ์นักเรียนทั้ง 18 คน จาก 3 ห้องเรียน จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งมีค่าความเที่ยง 0.78 จำนวนข้อคำถาม 12 ข้อ และใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทั้งก่อนหลังการทดลอง ซึ่งมีค่าความเที่ยง 0.74 จำนวนข้อคำถาม 33 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์ 2 บทบาท มีคะแนนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญ .000

ชุติมา รอดสุด (2550: 53-54) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดนวลนรดิศ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 47 คน กลุ่มทดลองเรียนโดยการจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์และกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยวัดมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนกลุ่มทดลองทั้งก่อนและหลังการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที(t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยการจัดการเรียนการอสนตามแนวคอนสตรักติวิสต์มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ร้อยละ 74.78 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ สูงกว่าร้อยละ 60 และ 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยการจัดการเรียนการอสนตามแนวคอนสตรักติวิสต์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วรัญญา จำปามูล (2555: 65-66) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดนวลนรดิศ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 2

ห้องเรียน นักเรียนกลุ่มทดลองเรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งและนักเรียนกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลก่อนและหลังการทดลอง และใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลังการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที(t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนการสร้างข้อโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

Cottaar (2012: 465-488) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลกระทบของผู้สอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาสายเตรียมมหาวิทยาลัย โดยมีแนวทางการวัดโดยใช้แบบสอบวิชาฟิสิกส์กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาของประเทศเนเธอร์แลนด์และประเทศอังกฤษ ผลการวิจัยพบว่า ผู้สอนส่งผลกระทบต่อความสามารถโดยทั่วไปของนักเรียนกว่าร้อยละ 61-72 และส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนร้อยละ 3 กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการวัดของผู้สอนฟิสิกส์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์จะน้อยมาก แต่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผู้สอนและตัวแปรนักเรียนก็ยังค่อนข้างสำคัญ นอกจากนี้ ยังพบอีกว่าความสนุกสนานของผู้สอนยังสัมพันธ์กับคุณภาพการทำงานของนักเรียน และความเป็นศูนย์กลางของผู้สอนยังสัมพันธ์กับปริมาณงานของนักเรียน และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนหญิงในประเทศเนเธอร์แลนด์สูงกว่านักเรียนชายที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

Mualem and Eylon (2010: 1094-1115) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4(เกรด 9) จำนวน 24 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (เกรด 12) จำนวน 98 คน ระยะเวลาในการทำการทดลอง 6 เดือน นักเรียนกลุ่มทดลองเรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาและนักเรียนกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป(Traditinal Approaches) จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(Force Concept Inventory)

เป็นข้อสอบประเภทอัตนัย เปรียบเทียบคะแนนก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยร้อยละ และสถิติทดสอบค่าที(t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0001 และ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .0001

Sawtelle et al. (2012: 1096-1121) ได้ทำการวิจัยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความสามารถของตนเองและความคงทนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับมหาลัยจำนวน 352 คน นักเรียนกลุ่มทดลองเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบโมเดล (The Modeling Instruction) และนักเรียนกลุ่มควบคุมเรียนการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป (Tradition Lecture) จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบค่าที(t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนหญิงกลุ่มทดลองที่เรียนการจัดการเรียนการสอนแบบโมเดลมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลองสูงกว่านักเรียนชาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และ 2) การรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self Efficacy) มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความเข้าใจมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

พัฒนาการทางสติปัญญาของบุคคล มีแนวคิดสำคัญ คือ การเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัว และพยายามที่จะสร้างความเข้าใจกับประสบการณ์ที่ได้รับนั้น โดยอาศัยการกำกับพฤติกรรมของตนเอง (Self-regulation) ซึ่งอยู่ในตัวของแต่ละบุคคล เมื่อผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) ผู้เรียนจะรับความรู้เดิมหรือสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาเพื่อให้เกิดภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยการปรับโครงสร้างทางสติปัญญาประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ

1) กระบวนการซึมซับหรือดูดซึม (Assimilation) คือกระบวนการที่ผู้เรียนนำข้อมูลหรือความรู้ใหม่ที่ได้รับเชื่อมโยงโครงสร้างความรู้ที่มีอยู่เดิม

2) กระบวนการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา (Accommodation) คือ การปรับกระบวนการคิดโดยนำวิธีการต่างๆมาใช้ในการสร้างความเข้าใจจนเกิดเป็นความรู้ที่มีความหมายต่อตนเอง

การเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสังเกตปัญหา (Puzzling Observation) เป็นขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยภาพตัวอย่างสถานการณ์ที่สามารถพบเห็นในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนสำรวจ สังเกตสถานการณ์ที่ศึกษาและบันทึกผลการสังเกต ซึ่งจะนำไปใช้ในการตั้งคำถามและสร้างสมมติฐาน

ขั้นที่ 2 การตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (Causal Question) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนอภิปรายกันภายในกลุ่มทำงานร่วมกัน และตั้งคำถามเชิงสาเหตุร่วมกันจากตัวอย่างสถานการณ์โดยใช้การสาธิต ซึ่งจะนำไปสู่การคิด การตั้งสมมติฐาน และการลงข้อสรุป

ขั้นที่ 3 การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย (Multiple Hypotheses) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนระดมสมองแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการสร้างสมมติฐานหรือ*การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abductive Reasoning)* ออกมาในรูปแบบการเขียนแบบ “ถ้า...และ...แล้ว...ดังนั้น...” และนำไปสู่การกำหนดแนวทางในการตรวจสอบสมมติฐาน

ขั้นที่ 4 การพยากรณ์ (Predictions) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนร่วมกันประเมินสมมติฐานทางเลือกที่เกิดขึ้นหรือ*การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroductive Reasoning)* ซึ่งผ่านรูปแบบการเขียนแบบ “ถ้า...และ...แล้ว...ดังนั้น...” จากนั้นการวางแผนกำหนดแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบและคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าหรือ*การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning)* จะต้องเขียนในรูปแบบ “**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์)”

ขั้นที่ 5 การรวบรวมหลักฐาน (Evidence) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่ได้กำหนดไว้ โดยวิธีการตรวจสอบสามารถใช้การทำการทดลอง การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์

ขั้นที่ 6 การสรุป (Conclusion) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปลผล สรุปผลความสัมพันธ์ของข้อมูล และให้ข้อสรุปซึ่งเป็น*การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction)* ซึ่งจะต้องอยู่ในรูปแบบ “**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์) **แต่**... (ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**... (ข้อสรุป)

ขั้นที่ 7 การนำเสนอ (Presentation) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำข้อมูลได้จากการสังเกตและการทดลองมาจัดกระทำใหม่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จัดกระทำแล้วมานำเสนอ และนำข้อสรุปมาอภิปรายร่วมกันระหว่างครูและนักเรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น นักเรียนจะได้มโนทัศจากการเขียนข้อสรุปในรูปประโยคการให้เหตุผลแบบอุปนัย พร้อมทั้งสรุปมโนทัศน์ที่ศึกษา

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การคิดของบุคคลที่ใช้ในการค้นพบองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ รวมถึงเป็นวิธีการเรียนรู้ เพื่อการเข้าใจและประเมินข้อมูลข่าวสารทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การทดสอบสมมติฐาน การรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ และการลงข้อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ความสำเร็จทางการเรียนรู้อันเกิดจากการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ โดยมุ่งพัฒนาองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำไปใช้ เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

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

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) ที่มีรูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design ซึ่งรูปแบบการวิจัยนี้ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนวิชาฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น และกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่เรียนฟิสิกส์ตามแบบปกติ มีการทดสอบก่อนการจัดกระทำทั้งสองกลุ่ม เมื่อดำเนินการทดลองมีการจัดกระทำ (x) แล้วทดสอบหลังการจัดกระทำทั้งสองกลุ่ม ดังรูปแบบการวิจัยในแผนภาพที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภาพที่ 2 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design

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

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

X หมายถึง การสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

$\bar{X}$ หมายถึง การเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนนนทรีวิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ เลือกโรงเรียนนนทรีวิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร เป็นแหล่งกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย เนื่องจากเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ที่เปิดสอนทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย มีจำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมากพอต่อการใช้เก็บรวบรวมข้อมูล นอกจากนี้ การดำเนินการวิจัยนั้นได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารและคณาจารย์โรงเรียนนนทรีวิทยาเป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ซึ่งห้องเรียนทั้งหมดจำนวน 8 ห้องเรียน และประกอบด้วยห้องเรียนที่เรียนด้วยแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ซึ่งมีจำนวน 3 ห้องเรียน เมื่อพิจารณาห้องเรียนทั้ง 3 ห้องเรียน พบว่า ห้องเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 เป็นห้องเรียนโครงการส่งเสริมความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (Gifted) และห้องเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 และ 4/2 เป็นห้องเรียนที่เรียนด้วยแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-

คณิตศาสตร์ (ห้องเรียนปกติ) ดังนั้น ผู้วิจัยเลือกห้องเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 41 คน และห้องเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 จำนวน 38 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นจึงดำเนินการทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยการทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

(1) นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ซึ่งมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน ของนักเรียนทั้ง 2 ห้อง มาทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) ด้วยสถิติทดสอบ (t-test) ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ระหว่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 กับ 4/2

ห้องเรียน	$\overline{X}$	S.D.	t
ม. 4/1	68.88	7.28	1.51
ม. 4/2	71.81	9.73	

P < .05

ตารางที่ 1 แสดงว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ไม่แตกต่างกัน

(2) กำหนดห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับสลาก ผลปรากฏว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 เป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 เป็นกลุ่มควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ
   - 1.1 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
   - 1.2 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ มี 2 แบบ ดังนี้
   - 2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบการอนุมานเบื้องต้น

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบทั่วไป

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือมีดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1.1 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นและมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1. ศึกษาตำรา งานวิจัย และบทความวิชาการเกี่ยวกับความหมายและประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและพฤติกรรมบ่งชี้ โดยอาศัยกรอบแนวคิดของการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson (2009: 338)

ตารางที่ 4 นิยามเชิงปฏิบัติการและเกณฑ์การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

นิยามเชิงปฏิบัติการ	พฤติกรรมบ่งชี้
การคิดของบุคคลในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบหรือทำการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นองค์ความรู้	1. ระบุสาเหตุของสถานการณ์ปัญหา 2. ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบที่นำไปสู่การลงข้อสรุป 3. ระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์

2. ศึกษาตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเฉพาะสาขาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนกำหนดลักษณะการเขียนข้อคำถาม และเกณฑ์การให้คะแนน

3. ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยโจทย์เป็นสถานการณ์ที่มีลักษณะเป็นข้อความ ตารางข้อมูล แผนภูมิ ภาพ หรือแผนภาพ โดยเนื้อหาของสถานการณ์ดังกล่าวเป็นเรื่องราวที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันหรือเหตุการณ์ที่ประชาชนกำลังให้ความสนใจรวม 5 สถานการณ์ ซึ่งในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบทั้งฉบับ 15 ข้อ เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อให้ 0 คะแนน โดยมีทั้งคำตอบที่เป็นตัวลวงและคำตอบที่ถูกต้อง กำหนดระยะเวลาในการทำแบบสอบ 50 นาที ซึ่งสัดส่วนจำนวนข้อสอบและเวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบเป็นไปตามงานวิจัยของ Hogan (1999: 1093)

4. นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม และนิยามเชิงปฏิบัติการของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประเภทการให้เหตุผลแบบอุปนัย อีกทั้งตรวจสอบภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5. นำแบบวัดที่ปรับปรุงตามข้อแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและนิยามเชิงปฏิบัติการของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อคำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นพิจารณาข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) ซึ่งผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาปรากฏว่า ข้อสอบทั้ง 15 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ระหว่าง 0.5 – 1.0 นอกจากนี้ได้มีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขการเขียนจากข้อแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิในประเด็นดังนี้ คือ สถานการณ์ที่นำมาใช้ควรเป็นเนื้อหาทางฟิสิกส์ การสร้างตัวเลือกควรระมัดระวังให้มีข้อถูกเพียงข้อเดียว

6. นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนนนทรีวิทยา จำนวน 40 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อสอบ (T-Analysis) เพื่อหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเที่ยงของแบบวัด โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (Ebel, 1986: 399) และตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทั้งฉบับโดยการคำนวณหาค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของคอนบาร์ค

ผลการตรวจสอบคุณภาพ ปรากฏกว่า ข้อสอบมีความยากอยู่ระหว่าง 0.30-0.69 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.57 และและแบบวัดฉบับนี้มีค่าความเที่ยง 0.82 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

7. นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้ไขแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

1.2 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบปรนัยมี 4 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นและมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1. ศึกษาตำราและงานวิจัยเกี่ยวกับความหมายและองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เพื่อกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและกำหนดวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบสอบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งนี้อิงตามแนวคิดของ Heller et al. (2012) ซึ่งจัดพฤติกรรมการเรียนทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำความรู้ไปใช้

2. ศึกษาหนังสือและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ จากนั้นกำหนดลักษณะการเขียนข้อคำถาม และหลักการให้คะแนนที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา

3. ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาบทเรียนเรื่อง โมเมนตัมและการชน จากหนังสือตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เพื่อกำหนดเนื้อหาที่ต้องการวัดให้ครอบคลุมองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นกำหนดจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อ ตามตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้ง 3 ด้าน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แสดงการกำหนดจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อเนื้อหาเรื่อง โมเมนตัมและการชน ตามตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้ง 3 ด้าน

หัวข้อ / ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	โมเมนตัม	แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	การดลและแรงดล	การชน	รวม (ข้อ)	ร้อยละ
1. ความรู้	1 ข้อ	1 ข้อ	1 ข้อ	3 ข้อ	6	20.00
2. ความเข้าใจ	1 ข้อ	1 ข้อ	2 ข้อ	5 ข้อ	9	30.00

3. การนำความรู้ไปใช้	2 ข้อ	1 ข้อ	2 ข้อ	10 ข้อ	15	50.00
รวม (ข้อ)	4	3	5	18	30	100
ร้อยละ	13.33	10.00	16.67	60.00	100	

4. ดำเนินการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 30 ข้อ ลักษณะของข้อสอบเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อให้ 0 คะแนน มีโจทย์เป็นข้อคำถามและตัวเลือก โดยมีทั้งตัวลวงและคำตอบที่ถูกต้อง กำหนดระยะเวลาในการทำแบบสอบ 100 นาที

5. กำหนดช่วงคะแนนและการแปลผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยใช้เกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555: 22) ดังปรากฏในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ช่วงคะแนน (ร้อยละ)	ความหมาย
80-100	มีความสามารถอยู่ในระดับดีมาก
70-79	มีความสามารถอยู่ในระดับดี
60-69	มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง
50-59	มีความสามารถอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด
0-49	มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด

6. นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม และพฤติกรรมบ่งชี้ของแต่ละองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ อีกทั้งตรวจสอบภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

7. นำแบบสอบที่ปรับปรุงตามข้อแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 4 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและนิยามเชิงปฏิบัติการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อคำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นพิจารณาข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) ซึ่งผลการตรวจสอบความตรงเชิง

เนื้อหาปรากฏว่า ข้อสอบทั้ง 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์อยู่ระหว่าง 0.75-1.00 ทุกข้อ และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจากข้อแนะนำเพิ่มเติมของผู้ทรงคุณวุฒิในประเด็นดังนี้ คือ ปรับสถานการณ์โจทย์และข้อคำถามให้สั้นและกระชับ และแก้ไขรูปภาพที่ประกอบข้อคำถามให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับข้อคำถาม

8. นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนนนทรีวิทยา จำนวน 40 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างและได้ผ่านการเรียนในบทเรียนเรื่อง โมเมนตัมและการชนมาแล้ว จากนั้นนำผลที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อสอบ (Test Analysis Program version 6.65 : TAP version 6.65) เพื่อหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเที่ยงของแบบวัด โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (Ebel, 1986: 399) และตรวจสอบคุณภาพแบบสอบทั้งฉบับโดยการคำนวณหาค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของคอนบาร์ค ผลการตรวจสอบคุณภาพ ปรากฏกว่า ข้อสอบมีความยากอยู่ระหว่าง 0.24-0.79 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21-1.00 และและแบบสอบฉบับนี้มีค่าความเที่ยง 0.76 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

9. นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่ปรับแก้ไขแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัมและการชน ซึ่งมี 2 แบบ คือ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นใช้สำหรับกลุ่มทดลอง และ (2) แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบทั่วไปใช้สำหรับกลุ่มควบคุม โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1. ศึกษาขอบข่ายเนื้อหาและวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ และศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นจากตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. กำหนดเนื้อหาและจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมี 1 หน่วยการเรียนรู้ แบ่งเป็น 6 แผน จำนวน 18 คาบ สรุปได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 หัวข้อเนื้อหาและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 โมเมนตัมและการชน		
1	โมเมนตัม	3
2	แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม	3
3	การดลและแรงดล	3
4	การชนในหนึ่งมิติและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	3
5	การชนในสองมิติ	3
6	การระเบิด	3
	รวม	18

3. ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาสาระและจำนวนคาบที่กำหนด โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป รายละเอียดของกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งสองแบบดังตารางที่ 9

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น และการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีสอนแบบทั่วไป

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบการอนุมานเบื้องต้น	การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีสอนแบบทั่วไป
ขั้นที่ 1 การสังเกตปัญหา การสังเกต สำรวจสถานการณ์ตัวอย่าง และบันทึกผลการสังเกตเพื่อนำไปใช้ในการตั้งคำถามและสร้างสมมติฐาน	**ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน** การกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้เกิดความสนใจในการเรียน และเกิดปัญหาทำให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็นด้วยการสนทนา ตั้งคำถาม เป็นต้น และทบทวนประสบการณ์เดิมของนักเรียน
ขั้นที่ 2 การตั้งคำถามเชิงสาเหตุ การนำข้อมูลจากการสังเกตการณ์ตัวอย่างมาอภิปรายร่วมกัน จากนั้นตั้งคำถามเชิงสาเหตุที่แสดงถึงสาเหตุและผลที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การคิด การตั้งสมมติฐาน และการลงข้อสรุป	
ขั้นที่ 3 การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย	

การอภิปรายร่วมกันโดยระดมสมองเพื่อคาดคะเนคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้ซึ่งเป็นการสร้างสมมติฐานหรือ*การให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abductive Reasoning)* โดยนำเสนอในรูปแบบการเขียนแบบ “ถ้า...และ...แล้ว...ดังนั้น...” และนำไปสู่การกำหนดแนวทางในการตรวจสอบสมมติฐาน	
ขั้นที่ 4 การพยากรณ์ การประเมินสมมติฐานที่หลากหลาย เพื่อคัดเลือกสมมติฐานที่เป็นไปได้ร่วมกันหรือ*การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroductive Reasoning)* โดยนำเสนอในรูปแบบการเขียนแบบ “ถ้า...และ...แล้ว...ดังนั้น...” จากนั้นการวางแผนกำหนดแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบสมมติฐานหรือ*การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning)* โดยนำเสนอในรูปแบบการเขียนแบบ “**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์)”	

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น และการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีสอนแบบทั่วไป (ต่อ)

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น	**การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีสอนแบบทั่วไป**
ขั้นที่ 5 การรวบรวมหลักฐาน การลงมือปฏิบัติตามแผนที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้การศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ การสำรวจตรวจสอบหรือทำการทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์	**ขั้นที่ 2 กิจกรรม** การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นหาความรู้และคำตอบด้วยตนเอง เช่น การทดลอง การทำกิจกรรมนอกห้องเรียน เป็นต้น และนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และอภิปรายร่วมกัน
ขั้นที่ 6 การลงข้อสรุป การนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปลผล สรุปผล ความสัมพันธ์ของข้อมูล และให้ข้อสรุปซึ่งเป็น*การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction)* ซึ่งนำเสนอในรูปแบบ “**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์) **แต่**... (ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**... (ข้อสรุป)” (การทดสอบวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์) **แต่**... (ผลลัพธ์จาก	

การสังเกต) **ดังนั้น**... (ข้อสรุป)	
ขั้นที่ 7 การนำเสนอ การนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า สำรวจ ตรวจสอบหรือทำการทดลองมาจัดกระทำใหม่ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ จากนั้นอภิปรายร่วมกัน เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบและการสรุปมโนทัศน์ของบทเรียน	**ขั้นที่ 3 สรุป** การระบุสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ โดยครูเป็นผู้นำอภิปรายสรุปความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างความตรงของเนื้อหาและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อ และเอกสารประกอบกิจกรรม จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งมีประสบการณ์สอนฟิสิกส์มากกว่า 10 ปี และมีประสบการณ์ในการตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย จำนวน 3 ท่าน (รายนามดังภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สรุปได้ดังประเด็นต่อไปนี้

1) การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ควรแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านทักษะและกระบวนการ ด้านคุณลักษณะพึงประสงค์ และปรับแก้ไขการเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ให้มีความชัดจนมากยิ่งขึ้น

2) การกำหนดนิยามความหมายของโมเมนตัมควรเป็นไปตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยกำหนดนิยามความหมายของโมเมนตัมเป็น “โมเมนตัมหมายถึง ปริมาณที่แสดงถึงอำนาจในการปะทะของวัตถุอันประกอบไปด้วยมวลและความเร็ว”

3) การเขียนกิจกรรมการเรียนรู้ หากเป็นเหตุการณ์ต่อเนื่องกันควรเขียนรวมหัวข้อย่อยไปด้วยกัน

4) ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐาน ควรตัดข้อความที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป และในขั้นตอนที่ 7 การนำเสนอ ในข้อที่ 20 ควรแสดงวิธีหรือเทคนิคการสอนที่เป็นการแก้ปัญหาโจทย์

5) การปรับแก้ไขมโนทัศน์ในเอกสารประกอบกิจกรรมและตัวแปรให้ถูกต้องและชัดเจน

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง แล้วจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่ม

ตัวอย่าง ผลการทดลองใช้ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ได้เป็นอย่างดี จากนั้นจึงนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

4.1 การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยเตรียมนักเรียนก่อนการทดลองสอน โดยแนะนำลักษณะรายวิชา จุดประสงค์รายวิชา การมอบหมายงาน และการวัดและการประเมินผล ให้แก่นักเรียนทั้งสองกลุ่มในสัปดาห์แรกก่อนดำเนินการทดลอง

4.2 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

ผู้วิจัยทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นกับกลุ่มทดลอง และดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์แบบทั่วไปกับกลุ่มควบคุม ในภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โดยใช้เวลาสอนเท่ากัน คือ จำนวนทั้งสิ้น 18 คาบๆละ 50 นาที

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

หลังจากดำเนินการทดลองสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 10 แผน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองกับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม โดยวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้เวลา 50 นาที และดำเนินการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์โดยใช้เวลา 100 นาที

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าสถิติสำเร็จรูป SPSS version 20.0 โดยวิเคราะห์ข้อมูล 2 ตัวแปร คือ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ดังนี้

(1) หาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง แล้วนำคะแนนมาแปรผลเทียบเป็นระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยอ้างอิงเกณฑ์จาก Lawson (1995: 445) ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามพฤติกรรมบ่งชี้ได้ 3 ระดับ และมีเกณฑ์การแปลผลคะแนน ดังนี้

ตารางที่ 9 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ช่วงคะแนน (ร้อยละ)	ความหมาย
11-15	มีความสามารถอยู่ในระดับดี
6-10	มีความสามารถอยู่ในระดับพอใช้
0-5	มีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุง

จากนั้น ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบ (t-test dependent) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบ (t-test independent) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05

(3) หาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ แล้วนำผลคะแนนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี ได้แก่ คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์อยู่ที่ระดับคะแนน 21.0 คะแนน

(4) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบ (t-test independent) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยโจทย์สถานการณ์ 5 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์มีข้อคำถาม 3 ข้อ รวมข้อสอบทั้งสิ้น 15 ข้อ จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาเปรียบเทียบกัน มีรายละเอียดดังต่อปนี้

1.1 เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 41)

ค่าสถิติ	ก่อนเรียน	หลังเรียน	t[a]

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$ ร้อยละ	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$ ร้อยละ	
กลุ่มทดลอง	8.12	1.33	54.15	10.80	2.15	72.03	6.81*

*P < .05

[a]One-tailed dependent t-test.

ตารางที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson (1995: 445) พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 10.80 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.03 ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

1.2 เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลอง (n = 41) และกลุ่มควบคุม (n = 38)

ค่าสถิติ / กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			t[a]
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$ ร้อยละ	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$ ร้อยละ	
หลังเรียน	10.80	2.15	72.03	8.29	2.35	55.26	4.98*

*P < .05

[a]One-tailed Independent t-test.

ตารางที่ 11 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นและกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.80 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.03 และนักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.29 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 55.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ Lawson (1995: 445) พบว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 8.29 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 55.26 ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้

อย่างไรก็ตาม ยังพบอีกว่า เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมมาเปรียบเทียบกันปรากฏดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลอง (n = 41) และกลุ่มควบคุม (n = 38)

ค่าสถิติ / กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			หลังทดลอง			t[a]
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$ ร้อยละ	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$ ร้อยละ	
กลุ่มทดลอง	8.12	1.33	54.15	10.80	2.15	72.03	6.81*
กลุ่มควบคุม	7.79	2.57	51.93	8.29	2.35	55.26	0.89

*P < .05

[a]One-tailed dependent t-test.

ตารางที่ 12 พบว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 7.79 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 51.93 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 8.29 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 55.26 แสดงให้เห็นว่า นอกจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นจะสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากระดับพอใช้(ก่อนเรียน) เป็นระดับดี(หลังเรียน) กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้ก้าวไปอีกระดับได้ แต่ทั้งนี้ นักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปยังคงมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้(ทั้งก่อนแหลังการทดลอง)

2. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เป็นการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้

แบบอนุมานเบื้องต้นและกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป โดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ซึ่งมีคะแนนเต็ม 30 คะแนน จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดองมาเปรียบเทียบกัน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 70 ซึ่งหมายถึงมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระดับดีมาก ตามเกณฑ์ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555: 22) ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ($\bar{\times}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{\times}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 41)

ค่าสถิติ / กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{\times}$	S.D.	$\bar{\times}_{ร้อยละ}$	ระดับความสามารถ
กลุ่มทดลอง	25.24	3.63	84.15	ดีมาก

ตารางที่ 13 พบว่า ภายหลังจากการเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์เท่ากับร้อยละ 84.15 แสดงว่า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 70

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับเกณฑ์จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 22) พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลองเท่ากับ 25.24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.15 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มทดลอง (n = 41)	กลุ่มควบคุม (n = 38)	t^a

ค่าสถิติ	$\overline{x}$	S.D.	$\overline{x}$ ร้อยละ	$\overline{x}$	S.D.	$\overline{x}$ ร้อยละ	
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์	25.24	3.63	84.15	22.16	4.34	73.86	3.41*

*P < .05

[a]One-tailed Independent t-test.

ตารางที่ 14 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ภายหลังการทดอง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับเกณฑ์จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 22) พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลองเท่ากับ 25.24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.15 แสดงว่า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์อยู่ในระดับดีมาก และนักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลองเท่ากับ 22.16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 73.86 แสดงว่า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์อยู่ในระดับดี และเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ได้ในระดับที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองมุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 แผนการเรียน

วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่เรียนฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นจำนวน 41 คน และกลุ่มควบคุมที่เรียนฟิสิกส์ด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีสอนแบบทั่วไปจำนวน 38 คน ทั้งสองกลุ่มใช้ระยะเวลารวม 18 คาบ การเก็บรวบรวมข้อมูลมี 2 ระยะ คือ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง โดยที่ก่อนการทดลองดำเนินการทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และหลังการทดลองดำเนินการทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง สรุปผลการวิจัยดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นหลังการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. นักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. นักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ได้คะแนนเท่ากับ 25.24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 73.86 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 21 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับความสามารถดีมาก เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. นักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นในวิชาฟิสิกส์ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียน การนำเสนอการอภิปรายจึงแบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ซึ่งได้อภิปรายตามลำดับ ดังนี้

1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และนักเรียนที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 สอดคล้องกับ Lawson (2009: 336-364) ได้นำเสนอขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นสามารถพัฒนาทักษะการใช้เหตุผลและทักษะการโต้แย้งของนักเรียน เนื่องจากมีลักษณะกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนทำงานแบบร่วมมือ และมีการสังเกตและสร้างคำถามจากสถานการณ์ปัญหา พร้อมทั้งตั้งสมมติฐาน ที่นำสู่การรวบรวมข้อมูลและลงข้สรุปข้อมูลที่ได้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของเกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ที่พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลอง และสูงกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากกิจกรรมการเรียนการสอนในขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น ได้แก่ ขั้นการตั้งสมมติฐานที่หากหลาย ขั้นการพยากรณ์ และขั้นการลงข้อสรุป มีเหตุผลดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 3 การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย (Multiple Hypotheses) ขั้นตอนนี้มีกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าจากคำถามที่ได้ตั้งไว้ในขั้นที่ 2 การตั้งคำถามเชิงสาเหตุ การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้านี้เป็นการให้นักเรียนตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้ซึ่งอาจมีได้หลายสมมติฐาน นอกจากนี้นักเรียนยังได้ฝึกการคิดและการเชื่อมโยงถึงสาเหตุและผลที่เกิดสถานการณ์ปัญหาขึ้นมา โดยให้นักเรียนคำนึงคำตอบของสถานการณ์ปัญหาและตั้งสมมติฐานซึ่งเป็นการฝึกการให้เหตุผลแบบสมมตินัย “ถ้า... และ... แล้ว... ดังนั้น...” ทั้งนี้ สมมติฐานที่ได้เกิดจากการเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ปัญหา เช่น ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ข้อมูลที่มีอยู่เดิม และข้อสรุปชั่วคราว

ตัวอย่าง สมมติฐานที่หลากหลาย(การให้เหตุผลแบบสมมตินัย) ของนักเรียนที่สร้างขึ้นในบทเรียนเรื่อง โมเมนตัม

“ถ้ามวลของถุงทรายมีผลต่อแรงที่ปล่อยมากระทบพื้น ดังนั้นถุงทรายที่มีมวลมากกว่า แรงที่กระทบ

พื้นจะมากกว่า”

“ถ้าความสูงในการปล่อยถุงทรายมีผลต่อแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย และความสูงในการปล่อยถุงทรายเพิ่มขึ้น ดังนั้นแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายต้องเพิ่มขึ้น”

“ถ้าความสูงในการปล่อยถุงทรายมีผลต่อความเร็วของถุงทราย และความสูงในการปล่อยถุงทรายเพิ่มขึ้นตามลำดับ ดังนั้นความเร็วของถุงทรายก็เพิ่มขึ้น”

นอกจาก นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประเภทการให้เหตุผลแบบสมมตินัยแล้ว นักเรียนยังมีโอกาสได้ฝึกการเสนอแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองเพื่อเป็นการอธิบายสิ่งที่ตนเองเข้าใจและทบทวนมโนทัศน์หรือสมมติฐานร่วมกับเพื่อนในกลุ่มอีกครั้ง ทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิด ความตระหนักรู้ และการเชื่อมโยงข้อมูลจากการสังเกตอย่างมีเหตุผลกับข้อมูลความรู้จากประสบการณ์เดิม รวมถึงสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ผ่านการเขียนในรูปแบบการให้เหตุผลแบบสมมตินัย “ถ้า... และ... แล้ว... ดังนั้น...” ในส่วนนี้ครูสามารถตรวจสอบมโนทัศน์หรือสมมติฐานของนักเรียนให้มีความเข้าใจตรงกันกับประเด็นที่ศึกษาได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lawson (2001: 165) ได้กล่าวไว้ว่า วงจรการเรียนรู้แบบสมมตินัยเชิงประจักษ์ (Empirical-abductive learning cycles) เป็นวงจรที่เน้นให้นักเรียนได้ตั้งสมมติฐานที่เกี่ยวกับสาเหตุที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ปัญหา และมีการรวบรวมข้อมูลจนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ อีกทั้งการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์และช่วยพัฒนาการให้เหตุผลของนักเรียน รวมถึงช่วยให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้เดิมของตน

ขั้นที่ 4 การพยากรณ์ (Predictions) ขั้นตอนนี้มีกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดให้เหตุผล โดยการนำสมมติฐานต่างๆที่ร่วมกันสร้างขึ้นมาประเมินความเป็นไปได้ ว่าสมมติฐานใดบ้างที่สามารถตรวจสอบได้ การประเมินสมมติฐานของนักเรียนแบ่งออกเป็น 2 แนวทาง คือ 1) สมมติฐานที่มีความเป็นไปได้ซึ่งจะได้รับการสนับสนุน และ 2) สมมติฐานที่มีข้อมูลกล่าวอ้างขัดแย้งซึ่งจะได้รับการปฏิเสธ การประเมินสมมติฐานในลักษณะการสนับสนุนหรือปฏิเสธของนักเรียนนี้เป็นการฝึกการให้เหตุผลแบบอธิบาย“ถ้า... และ... แล้ว... ดังนั้น...”ต้องอาศัยข้อมูลการให้เหตุผลของนักเรียน ได้แก่ สมมติฐาน การเปรียบเทียบข้อมูลที่มีอยู่เดิมและข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การคาดคะเนข้อมูลที่มีอยู่เดิมและข้อมูลที่ได้จากการสังเกต

อีกทั้งในขั้นตอนที่ 4 การพยากรณ์ ยังมีกิจกรรมที่ให้นักเรียนวางแผนการตรวจสอบสมมติฐาน โดยสมมติฐานนั้นจะต้องผ่านการประเมินมาแล้ว ซึ่งนักเรียนได้ฝึกการเรียนรู้การวางแผนออกแบบวิธีการเพื่อนำปสู่การตรวจสอบสมมติฐาน การวางแผนวิธีการตรวจสอบสมมติฐานนี้เป็นการให้เหตุผลนิรนัย “ถ้า... และ... แล้ว... ดังนั้น...” โดยนักเรียนเชื่อมโยงข้อมูล เช่น สมมติฐานที่ผ่านการ

ประเมินแล้ว การวางแผนการออกแบบวิธีการ และการคาดคะเนข้อมูลที่จะได้จากการทดลองหรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกต อันนำไปสู่การพิสูจน์เพื่อหาคำตอบจากข้อสงสัยหรือคำถามที่นักเรียนได้กำหนดไว้ในเบื้องต้น ซึ่งกระบวนการเรียนรู้ในขั้นนี้จะก่อให้เกิดการเชื่อมโยงข้อมูลที่มีอยู่เดิมเป็นข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมความรู้จากประสบการณ์เดิมกับข้อมูลความรู้ที่ได้จากแหล่งต่างๆ อันจะนำไปสู่ความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษามากยิ่งขึ้น และสามารถสรุปมโนทัศน์ที่ศึกษาได้

ตัวอย่าง วิธีการตรวจสอบสมมติฐาน(การให้เหตุผลนิรนัย) ของนักเรียนที่สร้างขึ้นในบทเรียน เรื่อง โมเมนตัม

> *“**ถ้า**มวลมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายที่จะเคลื่อนที่ **และ**เปรียบเทียบกับจำนวนมวลของถุงทรายที่เพิ่มขึ้น ทำให้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย เพิ่มขึ้น **แล้ว**การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเร็ว และแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายควรจะเพิ่มขึ้น **ดังนั้น**สมมติฐานมวลมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายควรจะได้รับการสนับสนุน”*

นอกจากนี้ นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประเภทการให้เหตุผลแบบอธิบายและการให้เหตุผลแบบนิรนัยภายในกระบวนการเรียนการสอนขั้นการพยากรณ์ ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสระดมสมองและแบ่งปันความคิดร่วมกันภายในกลุ่ม อีกทั้งนักเรียนได้สร้างคำอธิบายที่เชื่อมโยงข้อมูลจากการสังเกตและข้อมูลจากการรวบรวมค้นคว้า และเป็นไปได้ว่าคำอธิบายมีความสอดคล้องกับโครงสร้างทางสติปัญญาที่มีอยู่เดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lawson (2002: 1-24) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรแบบสมมติฐานนิรนัย (cycles of hypothetico-deductive) ซึ่งมีลักษณะกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ สังเกตปัญหา ตั้งคำถามเชิงสาเหตุ ตั้งสมมติฐาน การพยากรณ์เปรียบเทียบ และลงข้อสรุป รวมทั้งระดมสมองเพื่อทดสอบสมมติฐานโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเกตและผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง อีกทั้งวงจรการเรียนรู้นี้ยังมีประสิทธิภาพจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้พื้นฐานจากทฤษฎีภาวะสมดุลของเพียเจต์ซึ่งประกอบไปด้วยภาวะสมดุล (Equilibrium) การซึมซับเข้าสู่โครงสร้าง (assimilation) และการปรับโครงสร้าง (accommodation)

ขั้นที่ 6 การลงข้อสรุป (Conclusion) ขั้นตอนนี้มีกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากตรวจสอบและปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้ มาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปรผล และสรุปผลความสัมพันธ์ของข้อมูลร่วมกันจนได้เป็นข้อสรุป ซึ่งการให้ข้อสรุปของนักเรียนนี้เป็นการฝึกการให้เหตุผลแบบอุปนัย“ถ้า... และ... แล้ว... ดังนั้น...” ซึ่งจะประกอบไปด้วยข้อความการให้เหตุผล ได้แก่ สมมติฐาน การทดสอบการวางแผน การพยากรณ์ ผลลัพธ์จากการสังเกตหรือผลลัพธ์ที่ได้จาก

การทดลอง และข้อสรุป อีกทั้งสิ่งสำคัญในขั้นนี้ คือ นักเรียนได้แบ่งปันความคิดและอภิปรายสรุปร่วมกันภายในกลุ่ม จนกระทั่งได้ข้อความการให้เหตุผลที่เป็นข้อสรุปหรือการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน

ตัวอย่าง การให้ข้อสรุป(การให้เหตุผลแบบอุปนัย) ของนักเรียนที่สร้างขึ้นในบทเรียน เรื่อง โมเมนตัม

> *“**ถ้า**มวลมีผลต่อความพยายามของถุงทรายที่จะเคลื่อนที่(สมมติฐาน) **และ**สังเกตและบันทึกข้อมูลจากการทดลองทุกครั้ง โดยในการทดลองนั้นเปรียบเทียบจำนวนมวลของถุงทรายที่เพิ่มขึ้น(การทดสอบการวางแผน) **แล้ว**ในการทดลองเมื่อเพิ่มจำนวนมวลของถุงทรายเป็น 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง ตามลำดับ จะทำให้ความพยายามที่จะหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น(การพยากรณ์) **และ**ในการทดลองเมื่อเพิ่มจำนวนมวลของถุงทรายเป็น 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง ตามลำดับ ทำให้ความพยายามที่จะหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น(ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**สมมติฐานมวลมีผลต่อความพยายามของถุงทรายที่จะเคลื่อนที่ได้รับการสนับสนุน(ข้อสรุป)”*

นอกจากนี้ นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประเภทการให้เหตุผลแบบอุปนัยในกระบวนการเรียนการสอนในขั้นการลงข้อสรุป ทำให้นักเรียนมีโอกาสในการแบ่งปันความคิดและสรุปร่วมกันภายในกลุ่ม อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการวิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปรผล และสรุปผลความสัมพันธ์ของข้อมูล รวมถึงได้สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้โดยผ่านการเขียนข้อสรุปหรือการให้เหตุผลแบบอุปนัย ในรูปแบบ“**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบการวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์) **แต่**... (ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**... (ข้อสรุป)” อันจะนำไปสู่การตรวจสอบและสรุปมโนทัศน์ที่ศึกษา จากการนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆของนักเรียน เช่น บรรยายสรุป สร้างตาราง สร้างกราฟ อีกทั้งแสดงหลักฐานต่างๆ เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานที่ได้สร้างไว้ในขั้นต้น สอดคล้องกับการวิจัยของ Lawson (2003: 1387-1408) ที่พบว่า เมื่อศึกษาการใช้วงจรแบบสมมติฐานพยากรณ์สามารถพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ ทักษะการโต้แย้ง และทักษะการใช้เหตุผลของนักเรียน เนื่องจากมีลักษณะกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้สังเกตปัญหา ตั้งคำถามเชิงสาเหตุ อธิบายข้อเสนอ วางแผนการทดสอบ เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการพยากรณ์และการสังเกต และเขียนข้อสรุป

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยแนวคิดสืบสอบ (Inquiry Appraoch) เช่นเดียวกัน ดังนั้น นักเรียนได้ทำการทดลอง เชื่อมโยงข้อมูลเพื่อนำไปสู่การสรุปผลการทดลองเช่นเดียวกัน ดังนั้น นักเรียนกลุ่มควบคุมได้ฝึกกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลด้วย แต่กลุ่มทดลองมีกิจกรรมที่เพิ่มพลังมากกว่า คือ การได้ฝึกการตั้งสมมติฐาน มีการใช้ความรู้เดิม หลักฐานที่มีอยู่มาคิด

และอภิปรายร่วมกันในการคัดเลือสมมติฐาน นำสมมติฐานมาใช้ในการคิดเพื่อวางแผนตวจสอบสมมติฐาน และมีการคาดคะเนหรือพยากรณ์ผลที่เกิดขึ้น หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนลงข้อสรุป นักเรียนกลุ่มทดลองได้ฝึกการนำข้อมูลที่ได้จากตรวจสอบและปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้ มาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปรผล และเชื่อมโยงสรุปผลความสัมพันธ์ของข้อมูลร่วมกันจนได้เป็นข้อสรุป ซึ่งการให้ข้อสรุปของนักเรียนนี้เป็นการฝึกการให้เหตุผลแบบอุปนัย ทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีกิจกรรมที่นำไปสู่การสรุปที่มีพลังมากกว่ากลุ่มควบคุม

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์อยู่ในระดับความสามารถดีมาก สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการเรียนการสอนฟิสิกส์แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ดังนั้น นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและสูงกว่ากลุ่มควบคุม อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 3 การตั้งสมมติฐานที่หลากหลายเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่พัฒนาให้นักเรียนมีโอกาสได้ลองคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า อีกทั้งให้นักเรียนได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่เดิมและข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ด้วยการกระตุ้นจากคำถามและสถานการณ์ เช่น สถานการณ์การปล่อยถุงทรายมวลต่างที่ความสูงเท่ากัน ใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนคือ *“นักเรียนคิดว่า ถ้าแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุนักเรียนจะตั้งสมมติฐานได้ว่าอย่างไร”* ซึ่งลักษณะคำถามแบบนี้จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายเหตุผล แปลความเกี่ยวกับกฎ ทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อการคาดคะเนคำตอบอันจะนำไปสู่ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ ขณะที่นักเรียนได้ฝึกการสร้างสมมติฐาน อาทิ *“ถ้ามวลมีผลต่อแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของของถุงทราย และมวลของถุงทรายมีจำนวนเพิ่มขึ้นตามลำดับ แล้วแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายอาจจะเพิ่มขึ้น”* หมายความว่า นักเรียนมีความสามารถในการรับรู้ในข้อเท็จจริงต่างๆ และมีความสามารถในการแปลความและอธิบายเกี่ยวกับข้อเท็จจริง กฎ ทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้น การที่นักเรียนกลุ่มทดลองได้ฝึกการตั้งสมมติฐานและประเมินสมมติฐานจึงส่งผลต่อต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนได้ (Bao et al., 2009: 586)

ขั้นที่ 4 การพยากรณ์เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสประเมินคำอธิบาย รวบรวมองค์ความรู้จากประสบการณ์เดิม และองค์ความรู้จากแหล่งอื่นๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ที่จะศึกษามากขึ้น อีกทั้งให้นักเรียนได้ฝึกกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบสมมติฐาน ดังตัวอย่างข้อความการให้เหตุผลของนักเรียน *"**และ**สังเกตจุดบนแถบกระดาษและบันทึกข้อมูลระยะทางบนแถบกระดาษ เวลา ความเร็ว ความเร่ง และแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายที่จำนวนมวลของถุงทรายที่เพิ่มขึ้น"* และนักเรียนได้ฝึกการพยากรณ์ข้อมูล ดังตัวอย่างข้อความ *"**แล้ว**ในการทดลองเมื่อเพิ่มจำนวนมวลของถุงทรายเป็น 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง ตามลำดับ จะทำให้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น"* ในส่วนนี้ นักเรียนจะสามารถพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับทัศนะของ Heller et al. (2012: 333-362) ที่กล่าวว่า "นักเรียนที่สามารถให้เหตุผลเพื่ออธิบายและพยากรณ์เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นนักเรียนที่มีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์"

ขั้นที่ 6 การลงข้อสรุปเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนหลังจากที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ อาทิ ข้อมูลการจดบันทึกที่ได้จากการสังเกต การวัดและอื่นๆ ในส่วนนี้จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาการรับรู้และมีความจำเกี่ยวกับเรื่องราวที่ได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง จากนั้นนักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาสร้างคำอธิบายหรือข้อสรุปที่อยู่ในรูปแบบการให้เหตุผลแบบอุปนัย"**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบการวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์) **แต่**... (ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**... (ข้อสรุป)" ทั้งนี้นักเรียนได้ฝึกการคิดให้เหตุผลและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างการพยากรณ์และการเก็บรวบรวมหลักฐาน ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ศึกษาชัดเจนยิ่งขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Sawtelle et al. (2012: 1096-1121)

ที่พบว่า ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบโมเดล (The Modeling Instruction) ที่มีลักษณะกิจกรรมให้นักเรียนได้มีโอกาสในการสร้างความเข้าใจมโนทัศน์ สร้างข้อสรุป และสามารถให้เหตุผลทางฟิสิกส์ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวนี้ สามารถฝึกให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ได้และการรับรู้ความสามารถของตนเอง

ขั้นที่ 7 การนำเสนอเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้นำเสนอด้วยการบรรยายสรุปผลจากการทำการทดลอง พร้อมทั้งแสดงรูปวาด ตาราง กราฟและอื่นๆ ในส่วนนี้นักเรียนจะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์พร้อมทั้งได้ฝึกสร้างมโนทัศน์ที่ศึกษา โดยผ่านการรับรู้ข้อเท็จจริงแสดงออกถึงการมีความเข้าใจ และสามารถอธิบายเหตุผลหรือข้อสรุปได้ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ที่ได้จากผลการทดลอง โดยใช้คำถามหลังการทดลอง ต่อมานักเรียนมีโอกาสนำกฎ ทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากกิจกรรมการเรียนไปใช้ในการแก้ปัญหาและ

ประยุกต์ใช้ในสถานการใหม่ อาทิ กิจกรรมการเรียนที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้กฎความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัม มวล และความเร็ว ($\vec{p} = m\vec{v}$) และตัวอย่างโจทย์ จากนั้นนักเรียนระดมความคิดเพื่อเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาโจทย์หรือสถานการณ์ใหม่ๆ ในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.3 อีกทั้งนักเรียนถูกกระตุ้นให้ระบุประโยชน์จากการนำมโนทัศน์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ด้วยคำถาม เช่น *"นักเรียนสามารถนำประโยชน์ เรื่อง โมเมนตัม ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง"* ในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.2 ซึ่งช่วยพัฒนานักเรียนด้านการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เนื่องจากนักเรียนได้ฝึกคิดเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ดังตัวอย่างข้อความ *"ใช้ความรู้เรื่อง โมเมนตัม เป็นพื้นฐานแนวคิดด้านความปลอดภัยในการใช้รถยนต์ด้านกีฬา และอื่นๆ"* และกิจกรรมสุดท้าย คือ นักเรียนถูกกระตุ้นด้วยสื่อแอนิเมชั่นและคำถามเพื่อนำไปสู่การสรุปบทเรียนหรือมโนทัศน์ที่ศึกษา ในส่วนนี้ เมื่อนักเรียนได้เห็นข้อความ ภาพเคลื่อนไหวจากสื่อแอนิเมชั่น ย่อมสร้างความเร้าใจและความอยากรู้อยากเห็น อีกทั้งมีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำเนื้อหาบทเรียนได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Mualem and Eylon (2010: 1094-1115) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.0001

ข้อเสนอแนะ

จากผลการนำขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้และการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นเป็นกระบวนการเรียนการสอนที่ครูสามารถนำไปพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยครูจำเป็นต้องคำนึงถึงรายละเอียดและการเตรียมตัวในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1. เนื่องจากลักษณะของข้อความและรูปประโยคของการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ประเภท คือ การให้เหตุผลแบบสมมตินัย การให้เหตุผลแบบอธิบาย การให้เหตุผลแบบนิรนัย และการให้เหตุผลแบบอุปนัย มีความแตกต่างกัน ดังนั้น ก่อนการจัดการเรียนการสอนครูผู้สอนควรศึกษา

และทำความเข้าใจลักษณะและรูปประโยคของการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ประเภท ให้เข้าใจชัดเจน จากนั้นวิเคราะห์เนื้อหาบทเรียน และกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย ขั้นตอนที่ 4 การพยากรณ์ และขั้นตอนที่ 6 การลงข้อสรุป เพื่อเขียนข้อความการใช้เหตุผล ซึ่งได้แก่

ขั้นตอนที่ 3 การตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย มีลักษณะการเขียนข้อความการให้เหตุผลแบบสมมตินัย (Abductive reasoning) ในเนื้อหาบทเรียนเรื่อง การชนในหนึ่งมิติ ตัวอย่างเช่น

> *“**ถ้า**การชนกันของรถทดลองทั้งสองคันมีผลต่อผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังการชน **และ**จากการชนกันของรถทดลองทั้งสามครั้ง **แล้ว**ผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังชนก็ต้องมีค่าเท่ากัน ”*

ขั้นตอนที่ 4 การพยากรณ์ มีลักษณะการเขียนข้อความการให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroductive reasoning) ในเนื้อหาบทเรียนเรื่อง การชนในหนึ่งมิติ ตัวอย่างเช่น

> “**ถ้า**การชนกันของรถทดลองทั้งสองคันมีผลต่อผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังการชน **และ**.เปรียบเทียบกับมวล ความเร็ว และผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังการชนกันในการทดลองแต่ละครั้ง **แล้ว**การเปลี่ยนแปลงของปริมาณมวล และผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังการชนจะต้องเท่าเดิม **ดังนั้น**(สมมติฐาน)การชนกันของรถทดลองทั้งสองคันมีผลต่อผลรวมของโมเมนตัมทั้งก่อนและหลังการชนจะต้องได้รับ**การสนับสนุน**”

และมีลักษณะการเขียนข้อความการให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) ในเนื้อหาบทเรียนเรื่อง การชนในหนึ่งมิติ ตัวอย่างเช่น

> *“**ถ้า**การชนกันของรถทดลองทั้งสองคันมีผลต่อผลรวมโมเมนตัมและผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังการชน **และ**สังเกตความเร็วบนแถบกระดาษและบันทึกข้อมูลมวล ผลรวมโมเมนตัม และผลรวมของพลังงานจลน์ของทั้งก่อนและหลังการชน **แล้ว**ในการทดลองแต่ละครั้ง ผลรวมโมเมนตัม และผลรวมของพลังงานจลน์ของทั้งก่อนและหลังการชนของรถทดลองจะต้องเท่าเดิม”*

ขั้นตอนที่ 6 การลงข้อสรุป มีลักษณะการเขียนข้อความการให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) ในเนื้อหาบทเรียนเรื่อง การชนในหนึ่งมิติ ตัวอย่างเช่น

> *“**ถ้า**การชนกันของรถทดลองทั้งสองคันมีผลต่อผลรวมโมเมนตัมและผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังการชน **(สมมติฐาน) และ**สังเกตความเร็วบนแถบกระดาษและบันทึกข้อมูลมวล ผลรวมโมเมนตัม และผลรวมของพลังงานจลน์ของทั้งก่อนและหลังการชน **(การทดสอบวางแผน) แล้ว**ในการทดลองแต่ละครั้ง ผลรวมโมเมนตัม และผลรวมของพลังงานจลน์ของทั้งก่อนและหลังการชนของรถทดลองจะต้องเท่าเดิม **(การพยากรณ์) และ**ในการทดลองแต่ละครั้ง ผลรวมโมเมนตัม และผลรวมของพลังงานจลน์ของทั้งก่อนและหลังการชน*

*ของรถทดลองเท่าเดิม **(ผลลัพธ์จากการสังเกต)** **ดังนั้น**สมมติฐานการชนกันของรถทดลองทั้งสองคันมีผลต่อผลรวมโมเมนตัมและผลรวมของพลังงานจลน์ทั้งก่อนและหลังการชน ได้รับการสนับสนุน **(ข้อสรุป)**"*

2. ในคาบเรียนแรกๆของการจัดการเรียนการสอน ครูควรอธิบายวิธีการเขียนข้อความการใช้เหตุผล เพื่อให้นักเรียนได้คิดและเขียนข้อความการใช้เหตุผลด้วยตนเอง โดยอาจทำงานเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล และการแสดงตัวอย่างการเขียนให้นักเรียนดูก่อน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจลักษณะของรูปประโยคหลังจากนั้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

เนื่องจากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า นักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างมีเหตุผลและฝึกการเขียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ลงในกระบวนการเรียนการสอนขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การพยากรณ์ การลงข้อสรุป ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาทักษะการกำหนดและการควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน และทักษะการพยากรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Aliseda, A. (2006). Abductive reasoning: Logical Investigations into Discovery and Explanation. Netherlands: Springer.

Bao, L. a. o. (2009). Learning and Scientific Reasoning. Education Forum, 323.

Cummings, L. (2005). Pragmatics a Multidisciplinary Perspective. Edinburgh: Edinburgh University Press.

Flick, L. B., & Lederman, N. G. (2004). Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Friedler, Y., Nachmias, R., & Linn, M. C. (1990). Learning Scientific Reasoning Skills in Microcomputer-Based Laboratories. Journal of Research in Science Teaching, 27, 173-191.

Giere, R. N. (1991). Understanding Scientific Reasoning. USA: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Gurria, A. (2013). PISA 2012 Results in Focus. Retrieved February 26, 2014 http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf

Harman, G., & Kulkarni, S. (2007). Reliable Reasoning: Induction and Statistical Learning Theory. Cambridge: The MIT Press.

Heller, J. I. a. o. (2012). Differential Effects of Three Professional Development Models on Teacher Knowledge and Student Achievement in Elementary Science. Journal of Research in Science Teaching, 49, 333-362.

Hogan, K. (1999). Thinking Aloud Together: A Test of an Intervention to Foster Students' Collaborative Scientific Reasoning. Journal of Research in Science Teaching, 36, 1085-1109.

Holyoak, K. J., & Morrison, R. G. (2005). The Cambridge handbook of thinking reasoning. USA: Cambridge University press.

Howson, C., & Urbach, P. (2006). Scientific Reasoning: The Bayesian Approach. USA: Carus Publishing Company.

IEA, International Association for the Evaluation of Educational Achievement,. (2008). TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades (M. O. a. e. a. Martin Ed.). United States: TIMSS & PIRLS International Study Center.

IEA, International Association for the Evaluation of Educational Achievement,. (Ed.) (2012). USA: TIMSS & PIRLS International Study Center.

Kant, I. (1992). The Cambridge Edition of the Works of Immanuel Kant: Lectures

on Logic. United Kingdom: Cambridge University Press.
Karplus, R. (1977). Science Teaching and The Development of Reasoning. Journal of Research in Science Teaching, 14, 169-175.
Lawson, A. E. (1995). Science Teaching and the development of thinking. California: Wadsworth Publishing Company.
Lawson, A. E. (2002). What Does Galileo's Discovery of Jupiter's Moons Tell Us About the Process of Scientific Discovery? Science & Education, 11, 1-24.
Lawson, A. E. (2003). The Nature and Development of Hypothetico-Predictive Argumentation with implication for Science Teaching. International Journal of Science Education, 25, 1387-1408.
Lawson, A. E. (2009). Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery. Journal of Research in Science Teaching, 94, 336-364.
Leslie, S. (2004). Piaget's Model. In Goswami, U. (Eds.), Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development. Australia Blackwell Publishing Ltd.
Mayer, R. E. (2003). Learning and Instruction. USA: Pearson Education, Inc.
Mclnerney, D. M., & Mclnerney, V. (2002). Educational psychology: constructing learning. Australia: Pearson Education Australia Pty Limited.
Moshman, D. (2011). Adolescent Rationality and Development: Cognition, Morality, and Identity 3thed. USA: Taylor and Francis Group, LLC.
National Institute of Education Testing Service. (2009). Summation of National Institute of Education Testing Service (Public Organization). Retrieved February 10 , 2012 http://www.niets.or.th/
National Research Council. (2005). How Students Learn: History, Mathematics, and Science in the Classroom. USA: the National Academy of Sciences.
OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development,. (2013). PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy.
Rips, L. J., & Varzi, A. C. (2008). Deductive reasoning and Induction. USA: Cambridge University press.
Vaughan, S., & . (2013). Scientific Inference: Learning from Data. The United Kingdom: Cambridge Press.
Wadsworth, B. J. (1996). Piaget's Theory of Cognitive and Affective Development. N.Y.: Longman Publishers USA.
เกรียงไกร อภัยวงศ์. (2548). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ : กระบวนการพื้นฐานในงานวิจัย. ประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: วิทยาลัยครูพระนคร.

จิตรา ทับแสง. (2529). ตรรกวิทยาทั่วไป. กรุงเทพมหานคร: วิทยาลัยครูพระนคร.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2551). พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ อักษร A-L ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

รูปทอง กว้างสวาสดิ์. (2554). การสอนการคิด. กรุงเทพมหานคร: ข้าวฟ่าง.

วิทยา ศักยาภินันท์. (2551). ตรรกศาสตร์: ศาสตร์แห่งการใช้เหตุผล. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2547). คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. Retrieved 2 พฤศจิกายน 2555 http://www3.ipst.ac.th/sa/images/book/science_assessment.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552ก). การศึกษาแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นานาชาติ. กรุงเทพมหานคร: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553ข). ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ บทสรุปเพื่อการบริหาร. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554ก). ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษากระทรวงศึกษาธิการ. (2550). ผลกระทบโลกาภิวัตน์ต่อการจัดการศึกษาไทยใน 5 ปีข้างหน้า. กรุงเทพมหานคร: ออฟเซ็ท เพรส.

สำนักทดสอบทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2550). การประเมินผลสัมฤทธิ์นักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2547. Retrieved 11 June 2007 http://bet.obec.go.th/gat_sat/bet_47.pdf

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมยศ ชิดมงคล	อาจารย์คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ ดร.ประมวล ศิริผันแก้ว	ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีครู (สสวท.)
3. อาจารย์ สุรสิงห์ นิรชร	ข้าราชการบำนาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สธน วิจารณ์วรรณลักษณ์	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ ดร.วิชัย เสวกงาม	อาจารย์คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ ดร.ปรีชาญ เดชศรี	รองผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีครู (สสวท.)

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นคร ไพศาสกิติสกุล	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ วราภรณ์ โฉมงาม	หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสายน้ำผึ้งในพระอุปถัมภ์ฯ
3. อาจารย์ วิเชียร วัฒนวิกรรม	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
4. อาจารย์ สุรสิงห์ นิรชร	ข้าราชการบำนาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2. แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้เป็นแบบวัดเพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบบวัดจะกำหนดข้อมูลซึ่งเป็นสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน สถานการณ์ที่มีความน่าสนใจ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

2. แบบวัดนี้เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เพื่อให้นักเรียนเลือกคำตอบจาก 4 ตัวเลือก โดยที่แบบวัดฉบับนี้เป็นแบบวัดที่ประกอบด้วย 5 สถานการณ์ จำนวน 15 ข้อ ทั้งหมด 9 หน้า ใช้เวลา 50 นาที ดังนี้

3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น และเลขที่ ลงในข้อสอบ

4. กรุณาทำแบบวัดนี้ทุกข้อ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ข้อมูลสูงสุด อ่านคำถามในแต่ละข้อให้เข้าใจ แล้วเลือกคำตอบที่นักเรียนเห็นว่าถูกต้องหรือเหมาะสมที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในข้อสอบ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบวัดชุดนี้ด้วยความตั้งใจ
ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนต่อไป

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

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1.1	1	
1.2	1	
1.3	1	
2.1	1	
2.2	1	
2.3	1	
3.1	1	
3.2	1	
3.3	1	
4.1	1	
4.2	1	
4.3	1	
5.1	1	
5.2	1	
5.3	1	
รวม	15	

ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

☐ ความสามารถอยู่ในระดับดี

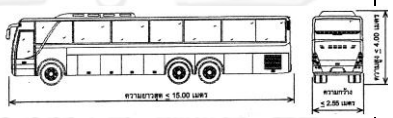
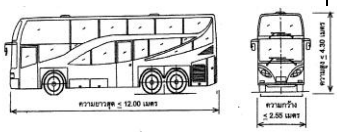
☐ ความสามารถอยู่ในระดับพอใช้

☐ ความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุง

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

<u>สถานการณ์ที่ 1</u> การเดินทางโดยรถทัวร์เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยม และมีการใช้บริการจำนวนไม่น้อย โดยรถทัวร์ส่วนใหญ่เป็นรถบัสสองชั้นที่ใช้ขนส่งผู้โดยสาร ซึ่งขนาดสัดส่วนของรถโดยสารโดยทั่วไปมี 3 ประเภท ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดสัดส่วนของรถที่ใช้ในการขนส่งผู้โดยสารตามกฎกระทรวงฉบับที่ 60

ขนาดสัดส่วน	**กฎกระทรวงฉบับที่ 60**		
ประเภทของรถบัส	**รถประเภท A**	**รถประเภท B**	**รถประเภท C**
	รถโดยสารหนึ่งชั้น	**รถโดยสารหนึ่งชั้น**	**รถโดยสารสองชั้น**
			
	***หมายเหตุ** รถบัสต้องมีรัศมีวงเลี้ยวไม่มากกว่า 12.50 เมตร และเมื่อเคลื่อนที่โดยมีรัศมีวงเลี้ยวด้านนอกเท่ากับ 12.50 จะต้องมีรัศมีวงเลี้ยวด้านในไม่น้อยกว่า 5.30 เมตร		
กว้าง	2.55 เมตร	2.55 เมตร	2.55 เมตร
ยาว	10.00 เมตร	15.00 เมตร	12.00 เมตร
		***หมายเหตุ** กรณีที่รถมีความยาวมากกว่า 12 เมตร ต้องมีเพลาล้อไม่น้อยกว่า 3 เพลาล้อ และต้องมีระบบบังคับเลี้ยวที่เพลาท้าย อีกทั้งรถที่มีความยาวมากกว่า 10 เมตร จะต้องมีระยะท้ายปัดไม่มากกว่า 0.6 เมตร	
สูง	3.20 เมตร	4.00 เมตร	4.30 เมตร
	***หมายเหตุ** ความสูงของรถต้องไม่ทำให้การทรงตัวของรถบัสต่ำกว่าเกณฑ์ที่อธิบดีประกาศกำหนด		

อย่างไรก็ตามได้มีการรายงานข่าวการเกิดอุบัติเหตุจากรถทัวร์ที่เป็นรถบัสสองชั้นอยู่เสมอ ซึ่งอุบัติเหตุส่วนใหญ่เกิดจากรถบัสมีปัญหาเกี่ยวกับระบบเบรก ทำให้บังคับรถไม่อยู่เป็นเหตุให้รถบัสเสียหลักตกข้างทางและพุ่งตกเหวทำให้มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ ซึ่งในระหว่างปี พ.ศ. 2556-2557 มีการรายงานจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุของรถทัวร์สองชั้น ดังนี้

ปี พ.ศ. 2556 รถทัวร์พลิกคว่ำที่จังหวัดแพร่และจังหวัดชุมพร และรถทัวร์ตกเหวที่จังหวัดพิษณุโลก มีผู้เสียชีวิตรวม 9 ศพ

ปี พ.ศ. 2557 รถตกเหวที่จังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดตากมีผู้เสียชีวิตรวม 47 ศพ

ทั้งนี้กรมการขนส่งทางบก กำหนดให้ระงับใช้รถบัสสองชั้นในเส้นทางลาดชั้น ขึ้นเขา-ลงเขา และคดเคี้ยวทั่วประเทศ หลังพบการทรงตัวไม่ดีของรถบัส และกำหนดให้รถบัสวิ่งได้เฉพาะ

ทางตรงและจำกัดความเร็ว (**ประยุกต์ข้อมูลข่าวจากไทยพีบีเอส (2557) และพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522**)

คำถามที่ 1.1

คำอธิบายใดสามารถอธิบายเหตุการณ์อุบัติเหตุทั้งหมดที่เกิดขึ้นได้ดีที่สุด

ก. รถบัสสองชั้นมีแนวโน้มเกิดอุบัติเหตุน้อยกว่ารถบัสชั้นเดียว

ข. ความสูงของรถบัสทำให้โอกาสการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มมากขึ้น

ค. จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุของรถทัวร์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี

ง. รถบัสที่มีความยาวมากกว่า 12 เมตร มีแนวโน้มเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

คำถามที่ 1.2

เพราะสาเหตุใด รถบัสชั้นเดียวจึงเกิดอุบัติเหตุน้อยกว่ารถบัสสองชั้น

ก. ตำแหน่งรวมของน้ำหนักของรถบัสชั้นเดียวอยู่ต่ำกว่าทำให้รถบัสพลิกคว่ำง่าย

ข. ตำแหน่งรวมของน้ำหนักของรถบัสสองชั้นอยู่สูงกว่าทำให้รถบัสพลิกคว่ำง่าย

ค. รถบัสสองชั้นที่มีความยาว 12 เมตร มีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุสูงกว่ารถบัสชั้นเดียว

ง. รถบัสสองชั้นมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่ามีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุสูงกว่ารถบัสชั้นเดียว

หมายเหตุ กำหนดให้จุดศูนย์ถ่วง คือจุดที่เหมือนตำแหน่งที่รวมของน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน

คำถามที่ 1.3

จากปัญหาอุบัติเหตุของรถบัสสองชั้นที่เกิดขึ้น แนวทางการแก้ปัญหาคืออะไร

ก. ห้ามรถบัสสองชั้นเดินทางบนท้องถนน

ข. ลดจำนวนผู้โดยสารต่อรถบัสสองชั้นหนึ่งคัน

ค. เดินรถรงค์ให้ผู้ใช้หยุดโดยสารรถบัสสองชั้น

ง. ลดความสูงของรถบัสสองชั้นลงเป็น 4.0 เมตร

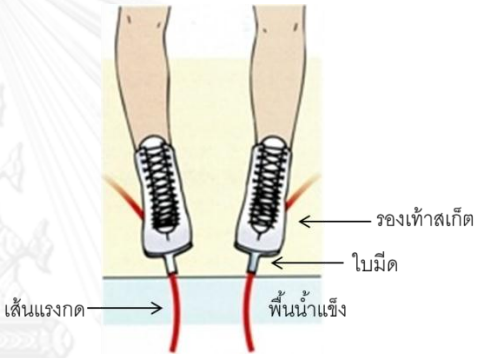
หมายเหตุ กำหนดให้จุดศูนย์ถ่วง คือจุดที่เหมือนตำแหน่งที่รวมของน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน

เนื้อหา อุบัติเหตุรถบัส

พฤติกรรมการเรียนรู้ การใช้เหตุผล (การให้เหตุผลแบบอุปนัย)

<u>สถานการณ์ที่ 2</u> การเคลื่อนที่บนพื้นน้ำแข็ง เกิดจากแรงกดและแรงเสียดทานทำให้น้ำแข็งละลายและลื่น อย่างไรก็ตาม จากการค้นพบของซอมอรไจ (Somorjai) พบว่าแรงกดและแรงเสียดทานไม่เพียงพอที่จะทำให้เคลื่อนที่บนพื้นน้ำแข็งได้แต่เป็น “ชั้นคล้ายน้ำ(Quasi-Fluid Layer)” ที่ทำให้น้ำแข็งลื่น อีกทั้งไม่ว่าน้ำแข็งจะมีอุณหภูมิเท่าไร ก็ยังคงพบชั้นคล้ายน้ำนี้อยู่ โดยชั้นคล้ายน้ำทำให้น้ำแข็งนิ่มลงด้วย นอกจากนี้รองเท้าสเก็ตยังเป็นอปุกรณ์สำคัญที่มีส่วนประกอบ 2 ส่วน ได้แก่ รองเท้า และใบมีด เมื่อนักสเก็ตน้ำแข็งลื่นไปบนพื้นน้ำแข็ง จะมีผิวสัมผัสกับน้ำแข็งเพียงเล็กน้อยแค่บริเวณขอบของใบมีด เพื่อลดแรงเสียดทาน ดังรูปภาพที่ 2-3 **(ประยุกต์มาจากบทความของสตรีรัตน์ โฮดัค, 2552)**

รูปภาพที่ 2 ส่วนประกอบของรองเท้าสเก็ต



รูปภาพที่ 3 รองเท้าสเก็ตสัมผัสบนพื้นน้ำแข็ง

ที่มา http://www.korearth.net/lecture/gen_geo/earth_present/ch03/platefit_fossil.jpg

ที่มา http://www.vcharkarn.com/varticle/38339

คำถามที่ 2.1

จงเลือกข้อสรุปข้อใดต่อไปนี้ ที่สอดคล้องหรือสนับสนุนโดยข้อมูลข้างต้น

ก. การเคลื่อนที่บนพื้นน้ำแข็งต้องอาศัยเพียงชั้นคล้ายน้ำเท่านั้น

ข. การเคลื่อนที่บนพื้นน้ำแข็งต้องอาศัยทั้งแรงกดและแรงเสียดทาน

ค. แรงเสียดทานจะลดลงเมื่อชั้นคล้ายน้ำที่ทำให้น้ำแข็งลื่นมีจำนวนน้อยลง

ง. แรงเสียดทานจะลดลงเมื่อขอบของใบมีดมีพื้นที่ผิวสัมผัสน้ำแข็งน้อยลง

คำถามที่ 2.2

เพราะสาเหตุใด ที่ทำให้แรงเสียดทานมากขึ้นจึงทำให้การเคลื่อนที่บนพื้นน้ำแข็งช้าลง

ก. ชั้นคล้ายน้ำมีจำนวนมากขึ้นจนทำให้น้ำแข็งลื่น

ข. ส่วนประกอบของรองเท้าสเก็ตตรงตามมาตรฐาน

ค. ขอบของใบมีดมีพื้นผิวสัมผัสกับน้ำแข็งมากขึ้น

ง. ลักษณะของพื้นผิวน้ำแข็งมีความราบเรียบเสมอกัน

หมายเหตุ กำหนดให้แรงเสียดทาน คือ แรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งเกิดขึ้นระหว่างผิววัตถุกับพื้นที่สัมผัสและมีทิศตรงกันข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ

คำถามที่ 2.3

ถ้าต้องการให้เคลื่อนที่บนพื้นผิวน้ำแข็งได้เร็วกว่าเดิม จะมีวิธีการอย่างไร

ก. ออกแบบขอบใบมีดให้มีความหนาลดลง

ข. เพิ่มความหนาของพื้นผิวน้ำแข็งให้มากขึ้น

ค. รักษาอุณหภูมิของสถานที่ใช้เล่นสเก็ตน้ำแข็งให้คงที่

ง. เพิ่มส่วนประกอบของรองเท้าสเก็ตให้มีน้ำหนักมากขึ้น

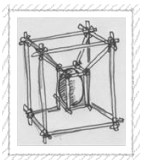
<u>เนื้อหา</u> ฟิสิกส์ของสเก็ตน้ำแข็ง

<u>พฤติกรรมการเรียนรู้</u> การใช้เหตุผล (การให้เหตุผลแบบอุปนัย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>สถานการณ์ที่ 3</u> ในโรงเรียนแห่งหนึ่ง นักเรียนได้ทำการทดลองในแต่ละแบบจำลองทั้งหมด 10 ครั้ง โดยการนำแบบจำลองมาห่อหุ้มไข่ดิบและออกแบบแบบจำลองดังกล่าว จากนั้นปล่อยแบบจำลองลงมาจากชั้น 3 ของอาคารลงสู่พื้นคอนกรีตที่ความสูง 6 เมตร และบันทึกผลการทดลอง ปรากฏว่าผลลัพธ์มีทั้งไข่ดิบที่แตกและไม่แตก ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 บันทึกเวลาโดยเฉลี่ย น้ำหนัก และผลลัพธ์ของการทดลองของแบบจำลองประเภทต่างๆ

ลักษณะของแบบจำลอง (ทำการทดลอง 10 ครั้ง)	**ประเภทที่ 1**	**ประเภทที่ 2**	**ประเภทที่ 3**
	ไม่มีสิ่งใดห่อหุ้มไข่ดิบ		
		นำไข่ดิบมาติดร่มชูชีพที่ทำจากถุงพลาสติกหรือกระดาษหนังสือพิมพ์	นำไข่ดิบมาห่อหุ้มด้วยโครงสร้างที่ทำมาจากหลอด
เวลาโดยเฉลี่ย (วินาที)	2.14	4.46	2.00
น้ำหนักโดเฉลี่ย (กิโลกรัม)	0.02	0.03	0.08
ผลลัพธ์ (แรงที่ไข่กระทบพื้น)	ไข่ดิบแตกทั้ง 10 ใบ	ไข่ดิบแตก 7 ใบ	ไข่ดิบแตก 3 ใบ

คำถามที่ 3.1

จากผลการทดลองในข้างต้น ข้อสรุปใดเป็นจริง

ก. แนวโน้มของไข่ดิบที่มีการห่อหุ้มและติดร่มชูชีพทำให้ไข่แตกน้อยลง

ข. แบบจำลองที่มีน้ำหนักมากจะใช้เวลาโดยเฉลี่ยในการตกลงมามากขึ้น

ค. แรงที่ไข่กระทบพื้นจะมากขึ้นเมื่อใช้เวลาโดยเฉลี่ยในการตกลงมามากขึ้น

ง. เมื่อปล่อยไข่ดิบที่ไม่มีสิ่งใดห่อหุ้มลงมาทำให้แรงที่ไข่กระทบต่อพื้นมีน้อยที่สุด

* ***หมายเหตุ*** กำหนดให้ แรงที่ไข่กระทบพื้นมีมากกว่า สังเกตได้จากจำนวนไข่ดิบที่แตกมากขึ้น ในทำนองเดียวกับ แรงที่ไข่กระทบพื้นมีน้อย สังเกตได้จากจำนวนไข่ดิบที่แตกน้อยลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำถามที่ 3.2

เพราะสาเหตุใด เมื่อปล่อยไข่ดิบลงมาจากอาคารจึงทำให้ไข่แตกทั้งหมด 10 ใบ

ก. แบบจำลองประเภทที่ 1 มีปริมาณแรงที่ไข่กระทบพื้นมากที่สุด

ข. การออกแบบจำลองประเภทที่ 1 สามารถลดแรงที่ไข่กระทบพื้นได้

ค. น้ำหนักของแต่ละแบบจำลองที่เพิ่มขึ้นทำให้จำนวนไข่ดิบแตกเพิ่มมากขึ้น

ง. ระยะเวลาในการตกลงมาของแบบจำลองประเภทที่ 1 น้อยกว่าประเภทอื่นๆ

หมายเหตุ กำหนดให้ การดล คือ ปริมาณแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้นๆ หรือการเปลี่ยนโมเมนตัมในช่วงเวลาสั้นๆ

คำถามที่ 3.3

ถ้าต้องการให้ผลการทดลองมีไข่ดิบแตกน้อยที่สุด จะมีวิธีการอย่างไร

ก. ลดความกว้างของร่มชูชีพที่ให้กางออกน้อยลง เพื่อเพิ่มเวลาในการลอยในอากาศ

ข. เพิ่มจำนวนไข่ดิบในแต่ละแบบจำลอง เพื่อให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นและใช้เวลาในการตกน้อยลง

ค. ลดจำนวนหลอดที่ใช้ในการสร้างโครงสร้างของแบบจำลอง เพื่อลดความยืดหยุ่นและน้ำหนัก

ง. สร้างแบบจำลองไข่ดิบให้มีทั้งโครงสร้างหลอดและร่มชูชีพ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและเวลา

<u>เนื้อหา</u> โมเมนตัมและการดล

<u>พฤติกรรมการเรียนรู้</u> การใช้เหตุผล (การให้เหตุผลแบบอุปนัย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

คำชี้แจง

1. แบบสอบนี้เป็นแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัมและการชน โดยแบบทดสอบจะกำหนดข้อมูลซึ่งเป็นข้อเท็จจริงตามธรรมชาติของวัตถุที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมและการชนมาประกอบ การพิจารณาพร้อมทั้งกำหนดโจทย์ปัญหามาให้

2. แบบสอบฉบับนี้เป็นแบบสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ทั้งหมด 28 หน้า ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ดังนี้

3. กรุณาทำแบบสอบนี้ทุกข้อ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ข้อมูลสูงสุด อ่านคำถามในแต่ละข้อให้เข้าใจ แล้วเลือกคำตอบที่นักเรียนเห็นว่าถูกต้องหรือเหมาะสมที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (x) ลงในกระดาษคำตอบ ดังรูป

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1.				
2.				

ขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบชุดนี้ด้วยความตั้งใจ
ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจคำถามข้อ 1- 30 แล้วตอบคำถามโดยเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

1. พิจารณาข้อความดังต่อไปนี้

1) หน่วยของโมเมนตัม คือ นิวตัน-วินาที

2) เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเสมอ

3) เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง อัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุไม่เป็นศูนย์

4) อัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุ มีทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุนั้น

ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

ก. ข้อ 2) และ ข้อ 3) ข. ข้อ 3) และ ข้อ 4)

ค. ข้อ 1) ข้อ 3) และ ข้อ 4) ง. ข้อ 1) ข้อ 2) ข้อ 3) และ ข้อ 4)

(ด้านความรู้ : รับรู้และจำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัมได้)

2. พิจารณาข้อความดังต่อไปนี้

1) แรงดลที่กระทำต่อวัตถุมีทิศเดียวกับการดลเสมอ

2) โมเมนตัมของวัตถุจะมีทิศเดียวกับความเร็วเสมอ

3) การดลที่กระทำต่อวัตถุมีทิศเดียวกับแรงลัพธ์เสมอ

4) การเปลี่ยนโมเมนตัมของวัตถุทิศเดียวกับโมเมนตัมตอนหลังเสมอ

ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

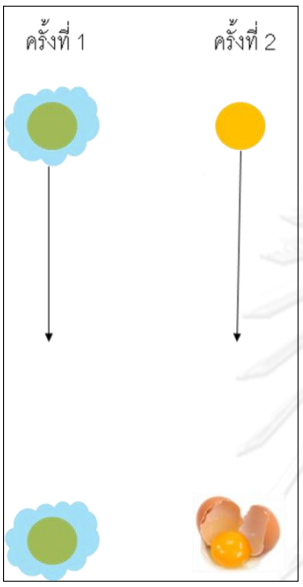
ก. ข้อ 1) และ ข้อ 2) ข. ข้อ 1) และ ข้อ 3)

ค. ข้อ 1) ข้อ 2) และ ข้อ 3) ง. ข้อ 1) ข้อ 2) ข้อ 3) และ ข้อ 4)

(ด้านความรู้ : รับรู้และจำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การดลและแรงดลได้)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. นักเรียนทำการทดลองครั้งที่ 1 โดยการนำฟองน้ำห่อหุ้มไข่ดิบให้หนาพอควรแล้วปล่อยลงมาจากชั้น 2 ของอาคารลงสู่พื้นคอนกรีต ปรากฏว่าไข่ไม่แตก แต่เมื่อทำการทดลองครั้งที่ 2 โดยไม่ใช้สิ่งใดห่อหุ้มไข่ดิบแล้วปล่อยลงมาจากชั้น 2 ของอาคารลงสู่พื้นคอนกรีต ปรากฏว่าไข่ แตก ผลการทดลองดังกล่าวสามารถอธิบายด้วยหลักการทางฟิสิกส์ได้อย่างไร



ภาพที่ 2 การทดลองปล่อยไข่ดิบลงมาจากอาคารทั้ง 2 ครั้ง

ก. การมีฟองน้ำหุ้มช่วยรับอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดลได้น้อยกว่าการไม่มีฟองน้ำหุ้ม

ข. การไม่ใช้สิ่งใดห่อหุ้มช่วยรับอัตราหน่วงได้ดีกว่าการมีฟองน้ำหุ้ม ส่งผลให้แรงดลที่กระทำต่อไข่มีค่ามาก

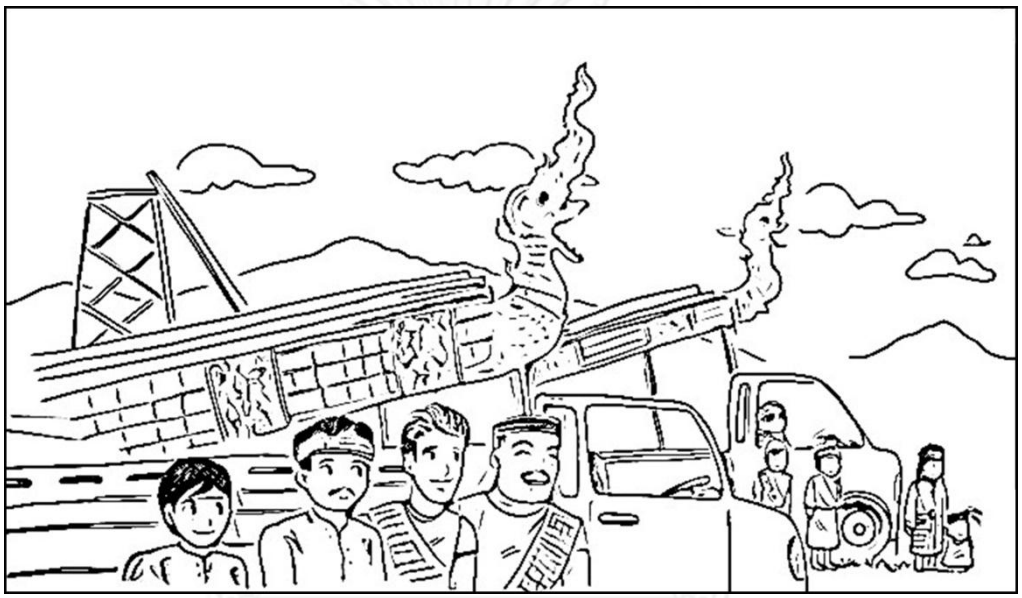
ค. การไม่ใช้สิ่งใดห่อหุ้มช่วยรับโมเมนตัมของไข่ดีกว่าการมีฟองน้ำหุ้ม ส่งผลให้แรงดลที่กระทำต่อไข่มีค่ามาก

ง. การไม่ใช้สิ่งใดห่อหุ้มจะมีระยะเวลาการรับแรงดลน้อยกว่าการมีฟองน้ำหุ้ม ส่งผลให้แรงดลที่กระทำต่อไข่มีค่ามาก

(ด้านความเข้าใจ : อธิบายความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การดลและแรงดลได้)

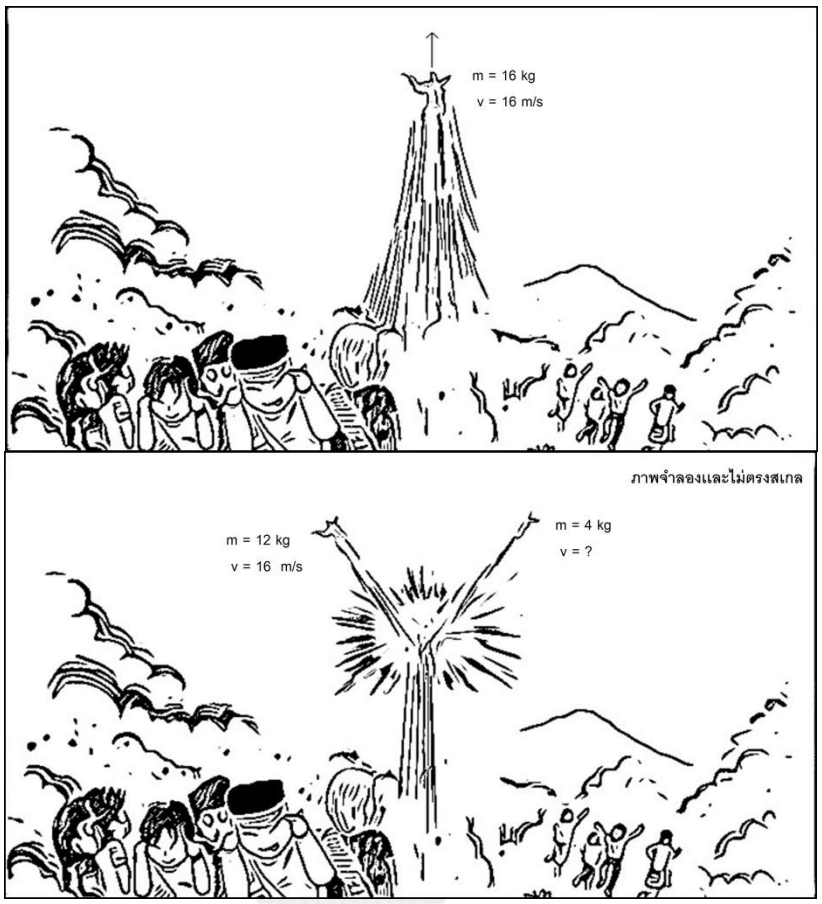
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. งานประเพณีบุญบั้งไฟเป็นงานบุญที่จัดขึ้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนมิถุนายนของทุกปี ซึ่งเป็นช่วงเริ่มฤดูทำนาโดยมีจุดประสงค์เพื่อบูชาคุณของพระพุทธเจ้า การสืบต่ออายุศาสนา เป็นการขอฝน และเชื่อมความสามัคคีทั้งภายในและนอกหมู่บ้าน ชาวบ้านต่างให้ความสำคัญกับประเพณีบุญบั้งไฟและมองว่าเป็นประเพณีที่ทำให้ฝนตกต้องตามฤดูกาล ในการเตรียมบั้งไฟแต่ละบั้งนั้น จะใช้เวลาทำประมาณสองถึงสามเดือนจึงจะเสร็จและมีพิธีกรรมมากมายตามความเชื่อเพื่อจะทำให้บั้งไฟสูงขึ้น



ภาพที่ 6 การลำเลียงบั้งไฟเมื่อนำไปปล่อยขึ้นสู่ท้องฟ้า

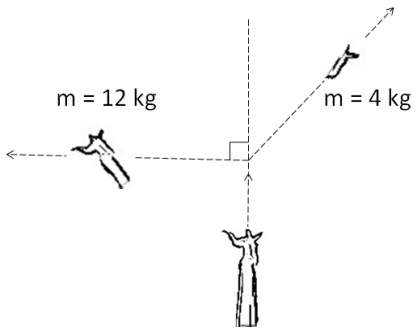
อย่างไรก็ตามบั้งไฟที่ใช้แข่งขันมีอันตรายมาก โดยเฉพาะในขั้นตอนการเจาะรูเพื่อใส่ชนวน นี้ต้องอาศัยความชำนาญ ดังตัวอย่างชาวบ้านหนองเลิง ตำบลแคนน้อย อำเภอคำเขื่อนแก้ว จังหวัดยโสธร หลายคนมีความชำนาญในการทำบั้งไฟ แต่ปรากฏว่าบั้งไฟหมื่นที่บรรจุดินปืน 16 กิโลกรัม เป็นบั้งไฟขนาดกลางที่ถูกปล่อยพุ่งขึ้นไปบนท้องฟ้าตามแนวดิ่ง ขณะที่บั้งไฟมีความเร็ว 16 เมตรต่อวินาที และสูงจากพื้น 78.4 เมตร เกิดระเบิดแตกออกเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกมีมวล 12 กิโลกรัม เคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางเดิมด้วยอัตราเร็ว 16 เมตรต่อวินาที และส่วนที่สองมวล 4 กิโลกรัม ซึ่งชิ้นส่วนของบั้งไฟทั้งสองนี้เองที่ตกใส่ชาวบ้านที่มาชมงานประเพณีทำให้มีผู้บาดเจ็บ



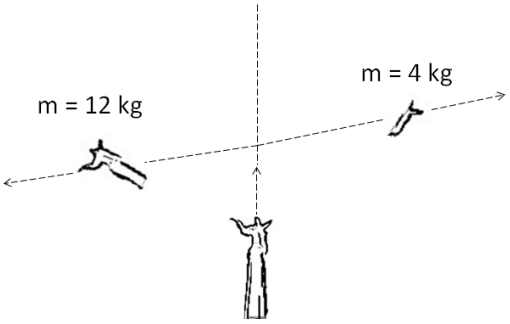
ภาพที่ 7 บั้งไฟถูกปล่อยขึ้นสู่ท้องฟ้าตามแนวดิ่งและเกิดระเบิดแตกเป็นสองส่วน

(4.1) จากสถานการณ์ข้างต้น แผนภาพใดแสดงลักษณะการระเบิดของบั้งไฟได้ถูกต้อง

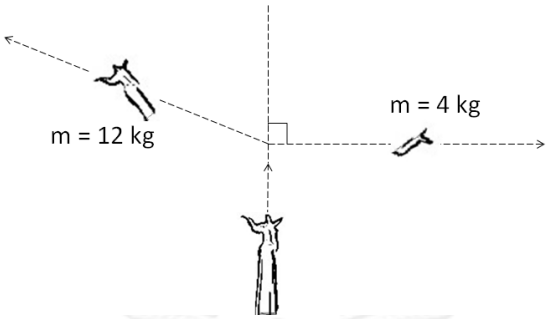
ก.



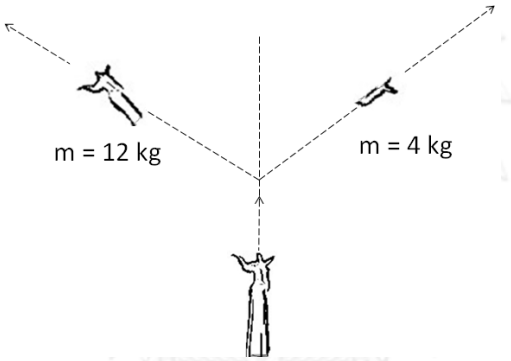
ข.



ค.



ง.



(ด้านความเข้าใจ : แปลความหมายทิศทางของวัตถุหลังจากการระเบิดได้)

(4.2) ก่อนที่บั้งไฟจะระเบิดขึ้นนั้นขนาดของโมเมนตัมเดิมมีค่าเท่าใด

ก. 96 กิโลกรัม-เมตร/วินาที ข. 192 กิโลกรัม-เมตร/วินาที

ค. 256 กิโลกรัม-เมตร/วินาที ง. 275 กิโลกรัม-เมตร/วินาที

(ด้านการนำไปใช้ : นำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง โมเมนตัมไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับอุบัติเหตุบั้งไฟได้)

(4.3) เมื่อบั้งไฟระเบิด บั้งไฟส่วนที่สองมวล 4 กิโลกรัม จะเคลื่อนที่ตกลงมาด้วยอัตราเร็วเท่าใด

ก. 16 เมตรต่อวินาที ข. 48 เมตรต่อวินาที

ค. 64 เมตรต่อวินาที ง. 80 เมตรต่อวินาที

(ด้านการนำไปใช้ : นำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การระเบิด กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และการรวมเวกเตอร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับอุบัติเหตุบั้งไฟได้)

(4.4) จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นผู้ชมควรยืนอยู่ห่างจากการปล่อยบั้งไฟอย่างน้อยเท่าใด เพื่อไม่ให้ได้รับอันตรายอันเกิดจากการระเบิดของบั้งไฟ

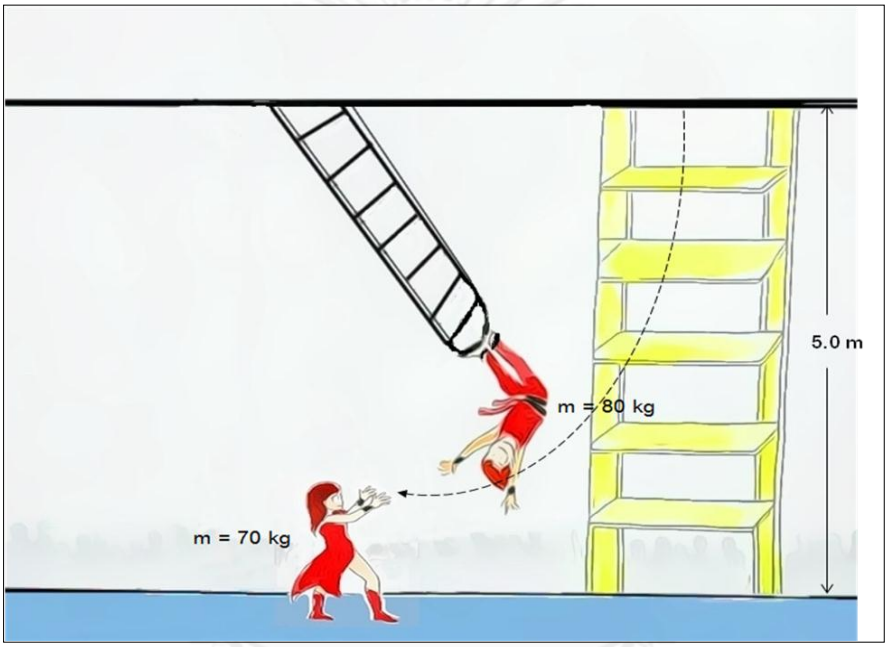
ก. 64 เมตร ข. 309 เมตร

ค. 618 เมตร ง. 690 เมตร

(ด้านการนำไปใช้ : นำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การระเบิดและกฎการเคลื่อนที่ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับอุบัติเหตุบั้งไฟได้)

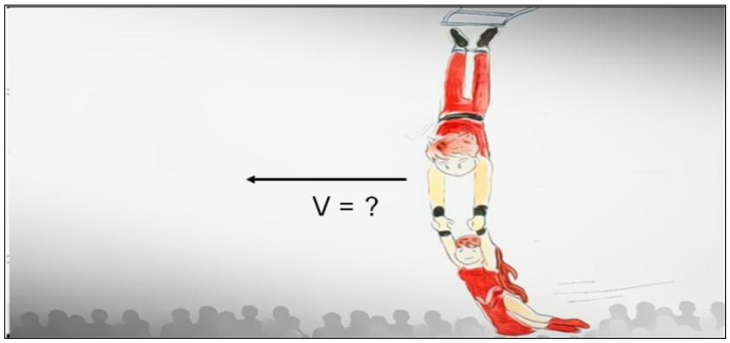
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ได้เชิญการแสดงกายกรรมฉางซาที่มีชื่อเสียง จากมณฑลหูหนาน สาธารณรัฐประชาชนจีนมาแสดงที่โรงยิมเนเซี่ยม โดยที่รายได้จากการจัดแสดงเพื่อกิจกรรมบำเพ็ญประโยชน์ต่อชุมชนในจังหวัดปัตตานี ในช่วงหนึ่งของการแสดงนี้มีนักกายกรรม 2 คน ซึ่งนักกายกรรมชายมีมวล 80 กิโลกรัม ผูกเท้าไว้กับบันไดด้วยเชือก จากนั้นโหนตัวลงมาจากแท่นที่ความสูง 5.0 เมตร เพื่อให้ตัวแกว่งตัวลงไปจับมือกับนักกายกรรมหญิงมวล 70 กิโลกรัม ซึ่งกำลังยืนอยู่ในตำแหน่ง ดังภาพ กำหนดให้ จุดศูนย์กลางมวลของนักกายกรรมชายโหนตัวลงมาจับมือกับนักกายกรรมหญิงพอดี



ภาพที่ 11 นักแสดงกายกรรมชายโหนตัวจากแท่นสูงเพื่อมาจับมือกับนักกายกรรมหญิง

(5.1) เมื่อนักกายกรรมชายโหนตัวมาจับมือนักกายกรรมหญิง แล้วนักแสดงกายกรรมทั้งสองคนจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกันด้วยขนาดของความเร็วเท่าใด



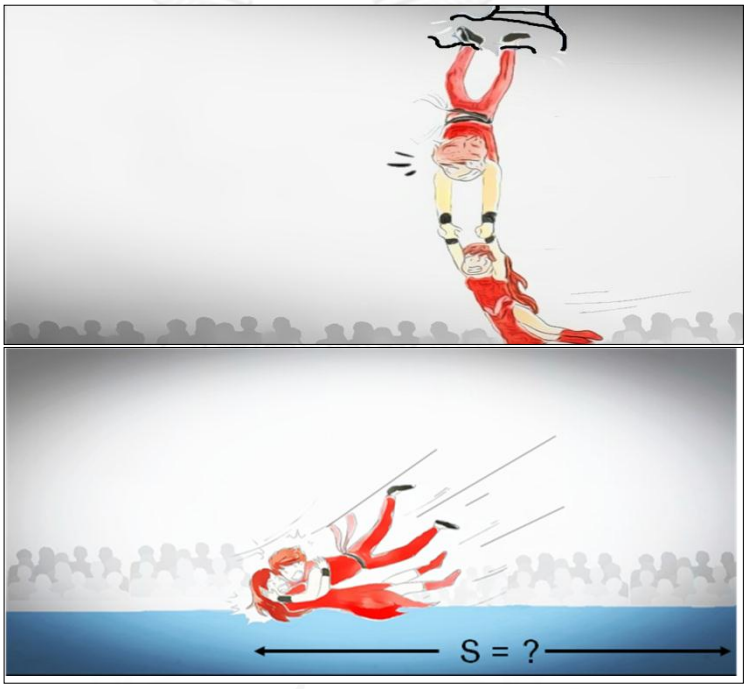
ภาพที่ 12 นักแสดงกายกรรมทั้งสองคนจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน

ก. 5.3 เมตร/วินาที ข. 5.7 เมตร/วินาที

ค. 10.0 เมตร/วินาที ง. 11.4 เมตร/วินาที

(ด้านการนำไปใช้ : นำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงานไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงกายกรรมฉางซาได้)

(5.2) ขณะที่นักกายกรรมทั้งสองจับมือกันและกำลังยกตัว ปรากฏว่าผ้าที่ผูกเท้ากับบันไดเชือกของนักกายกรรมชายหลุดทำให้นักกายกรรมทั้งสองคนไถลไปด้วยกัน



ภาพที่ 13 นักกายกรรมทั้งสองคนไถลไปด้วยกันหลังจากผ้าที่ผูกเท้าหลุดจากบันไดเชือก

ระยะทางที่นักกายกรรมทั้งสองคนไถลไปด้วยกันนั้นมีค่าเท่าใด จึงจะหยุดนิ่ง กำหนดให้สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์ของนักกายกรรมทั้งสองกับพื้นมีค่า $\mu_k = 0.25$

ก. 5.3 เมตร ข. 5.7 เมตร

ค. 10.0 เมตร ง. 11.4 เมตร

(ด้านการนำไปใช้ : นำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น และทฤษฎีบทงานและพลังงานจลน์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงกายกรรมฉางซาได้)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(5.3) การแสดงกายกรรมฉางซาเป็นลักษณะการชนแบบใด และขณะที่นักกายกรรมทั้งสองไถลไปด้วยกันมีการอนุรักษ์โมเมนตัมหรือไม่

ก. การชนแบบยืดหยุ่น และมีการอนุรักษ์โมเมนตัม

ข. การชนแบบยืดหยุ่น และไม่มีการอนุรักษ์โมเมนตัม

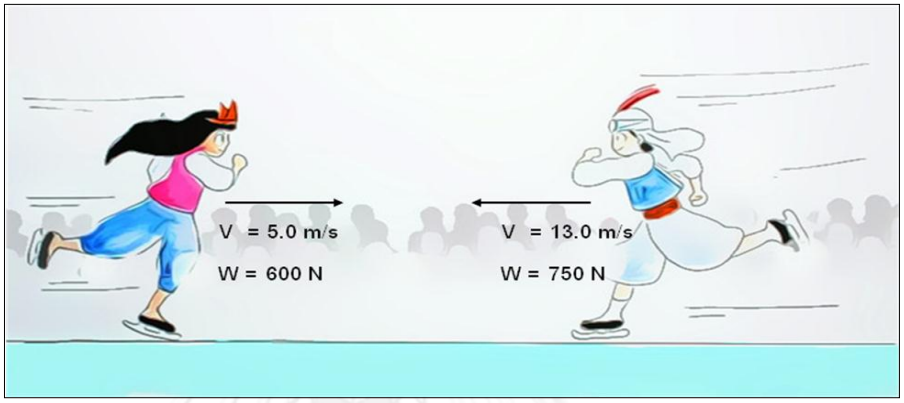
ค. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น และมีการอนุรักษ์โมเมนตัม

ง. การชนแบบไม่ยืดหยุ่น และไม่มีการอนุรักษ์โมเมนตัม

(ด้านความเข้าใจ : อธิบายเกี่ยวกับเรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่นและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. ห้างบิ๊กซีซูเปอร์เซ็นเตอร์ได้เชิญการแสดงดิสนีย์ออนไอซ์มาโชว์ความอลังการ เพื่อให้เด็กๆได้สัมผัสกับความสวยงามของโลกแห่งการ์ตูนอย่างทั่วถึง ซึ่งการแสดงนั้นประกอบด้วยเจ้าหญิง-เจ้าชาย และการ์ตูนจาก 8 เทพนิยายดังของดิสนีย์ โดยในโชว์ช่วงหนึ่งอะลาดินและเจ้าหญิงจัสมินวิ่งเข้าหากัน โดยอะลาดินซึ่งมีน้ำหนัก 750 นิวตัน วิ่งด้วยความเร็ว 13.0 เมตร/วินาที และเจ้าหญิงจัสมินน้ำหนัก 600 นิวตัน วิ่งด้วยความเร็ว 5 เมตร/วินาที



ภาพที่ 14 ช่วงหนึ่งอะลาดินและเจ้าหญิงจัสมินวิ่งเข้าหากัน

(6.1) ขนาดของโมเมนตัมเริ่มต้นของของอะลาดินและเจ้าหญิงจัสมินมีค่าเท่าใด

ก. 1125 และ 300 กิโลกรัม-เมตร/วินาที

ข. 1125 และ 350 กิโลกรัม-เมตร/วินาที

ค. 975 และ 300 กิโลกรัม-เมตร/วินาที

ง. 975 และ 350 กิโลกรัม-เมตร/วินาที

(ด้านการนำไปใช้ : นำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง โมเมนตัมไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงดิสนีย์ออนไอซ์ได้)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(6.2) หลังจากนั้นอะลาดินได้ยกตัวเจ้าหญิงจัสมินขึ้น ขนาดของความเร็วของนักแสดงทั้งสองมีค่าเท่าใด

ภาพที่ 15 อะลาดินยกตัวเจ้าหญิงจัสมินเหนือศีรษะ

ก. 5.0 เมตร/วินาที

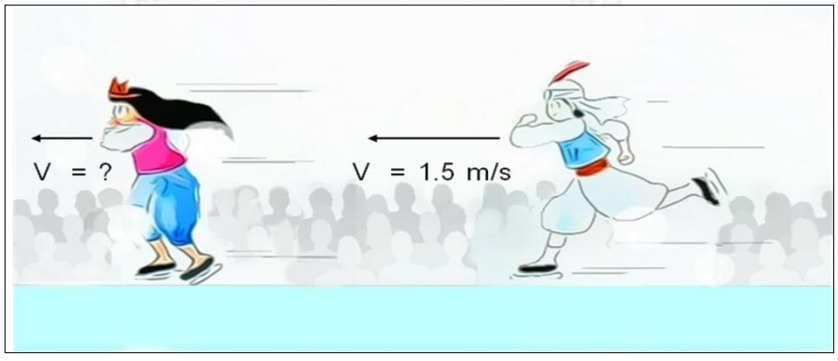
ข. 9.4 เมตร/วินาที

ค. 10.0 เมตร/วินาที

ง. 11.4 เมตร/วินาที

(ด้านการนำไปใช้ : นำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การชนในหนึ่งมิติ การชนแบบไม่ยืดหยุ่น และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงดิสนีย์ออนไอซ์ได้)

(6.3) หลังจากนั้นอะลาดินได้วางเจ้าหญิงจัสมินลงและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดิมด้วยความเร็ว 1.5 เมตร/วินาที



ภาพที่ 16 อะลาดินได้วางเจ้าหญิงจัสมินลงและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดิม

ในระหว่างการวางเจ้าหญิงจัสมินลง หากไม่ต้องคำนึงถึงแรงแนวระดับภายนอกใดๆ ที่น้ำแข็งกระทำต่อคนทั้งสอง ขนาดของความเร็วของเจ้าหญิงจัสมินหลังจากการวางทันทีมีค่าเท่าใด

ก. 5.3 เมตร/วินาที ข. 5.7 เมตร/วินาที

ค. 8.4 เมตร/วินาที ง. 9.4 เมตร/วินาที

(ด้านการนำไปใช้ : นำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การระเบิด และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงดิสนีย์ออนไอซ์ได้)

(6.4) จงคำนวณการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์รวมของทั้งอะลาดินและเจ้าหญิงจัสมิน ในขณะที่อะลาดินยกเจ้าหญิงจัสมินขึ้นกับตอนหลังจากที่อะลาดินวางเจ้าหญิงจัสมินลงแล้วว่ามีค่าเท่าใด

ก. 2,735 จูล ข. 5,400 จูล

ค. 7,269 จูล ง. 8,243 จูล

(ด้านการนำไปใช้ : นำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การชนในหนึ่งมิติ การระเบิด และทฤษฎีบทงานและพลังงานจลน์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงดิสนีย์ออนไอซ์ได้)

(6.5) ในขณะที่อะลาดินและเจ้าหญิงจัสมินวิ่งเข้าหากัน นักเรียนคิดว่าเป็นการชนแบบใด และมีการอนุรักษ์โมเมนตัมหรือไม่

ก. การชนในหนึ่งมิติ และมีการอนุรักษ์โมเมนตัม

ข. การชนในหนึ่งมิติ และไม่มีการอนุรักษ์โมเมนตัม

ค. การชนในสองมิติ และมีการอนุรักษ์โมเมนตัม

ง. การชนในสองมิติ และไม่มีการอนุรักษ์โมเมนตัม

(ด้านความเข้าใจ : อธิบายเกี่ยวกับเรื่อง การชนในหนึ่งมิติและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

เครื่องมือในการทดลอง

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์โดยใช้วิธีสอนแบบทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ โดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รหัสวิชา ว 30202 วิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2**

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **จำนวน 3 คาบ เวลา 150 นาที**

ผู้สอน นางสาวจุฬาลักษณ์ ยิ้มดี

<u>มาตรฐานและผลการเรียนรู้</u>

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ อธิบายและทดลองความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ในแนวตรง

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. สังเกตและทดลองเกี่ยวกับโมเมนตัม
2. ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่กำหนดได้
3. ระบุทิศทางของโมเมนตัมได้
4. สรุปความหมายของโมเมนตัมโดยใช้หลักฐานจากการทำการทดลองได้
5. คำนวณค่าของโมเมนตัมของวัตถุได้เมื่อกำหนดมวลและความเร็วของวัตถุ
6. ยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมได้
7. ยกตัวอย่างและตระหนักถึงความสำคัญของการนำความรู้เรื่องโมเมนตัมไปใช้ได้

สาระ

โมเมนตัม หมายถึง ปริมาณความพยายามของวัตถุที่จะเคลื่อนที่และเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางเดียวกับทิศทางของความเร็ว โมเมนตัมของวัตถุหาได้จากผลคูณของมวลและความเร็ว มีหน่วยเป็น กิโลกรัม เมตรต่อวินาที

ความสัมพันธ์ระหว่างมวล ความเร็วและโมเมนตัม ได้ว่า

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

ถ้าให้

m เป็นมวลของวัตถุ มีหน่วย กิโลกรัม (kg)

$\vec{v}$ เป็นความเร็วของวัตถุ มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

$\vec{p}$ เป็นโมเมนตัมของวัตถุ มีหน่วย กิโลกรัม เมตรต่อวินาที (kg m/s)

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นการสังเกตปัญหา (10 นาที)

1. ครูแสดงภาพตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ โมเมนตัม ดังภาพ

รูปภาพที่ 1 การเตะลูกฟุตบอล

รูปภาพที่ 2 การยิงลูกสนุกเกอร์ของนักกีฬา

รูปภาพที่ 3 การปล่อยจรวดขึ้นสู่บรรยากาศ

รูปภาพที่ 4 อุบัติเหตุทางรถยนต์

จากนั้นจึงใช้คำถามดังต่อไปนี้

1.1 จากภาพนักเรียนเคยเห็นเหตุการณ์ดังกล่าวหรือไม่ และสังเกตเห็นอะไรจากภาพดังกล่าว (วัตถุมีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น)

1.2 นักเรียนคิดว่าสาเหตุสำคัญที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่คืออะไร (แรง)

1.3 วัตถุที่เคลื่อนที่ไปมีลักษณะและทิศทางอย่างไร (วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วและมีทิศเดียวกับแรงที่ผลักวัตถุนั้น)

1.4 นักเรียนคิดว่าแรงที่ทำให้วัตถุหยุดการเคลื่อนที่เท่ากันหรือไม่ เพราะสาเหตุใด (ไม่เท่ากัน เพราะมวลของวัตถุแตกต่างกัน และความเร็วแตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำให้การใช้แรงในการรับวัตถุแตกต่างกัน)

2. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน จากนั้นให้นักเรียนส่งตัวแทนออกมารับเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การออกแรงรับถุงทราย

3. ครูสาธิตกิจกรรมร่วมกับนักเรียนทั้ง 2 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1 การปล่อยถุงทรายมวลต่างกันที่ความสูงเท่ากัน และสถานการณ์ที่ 2 การปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันที่ความสูงต่างกัน หลังจากนั้นให้นักเรียนบันทึกการสังเกตสถานการณ์ โดยใช้คำถามดังนี้

3.1 ลักษณะทางกายภาพของถุงทรายเมื่อมีการเคลื่อนที่มีลักษณะเป็นอย่างไร ระบุทั้ง 2 สถานการณ์ (สถานการณ์ที่ 1 ถุงทรายเป็นสีน้ำตาลอ่อน มวลประมาณ 500 กรัม เมื่อถุงทรายจำนวน 1 ถุง เคลื่อนที่ลง จะต้องใช้แรงในการรับถุงทรายน้อยกว่าถุงทราย 2 ถุง และสถานการณ์ที่ 2 ถุงทรายเป็นสีน้ำตาล

อ่อน มวลประมาณ 500 กรัม เมื่อถุงทรายที่เคลื่อนที่ลงจากระดับความสูงประมาณ 0.7 เมตร ใช้แรงในการรับถุงทรายมากกว่าที่ระดับความสูงประมาณ 0.3 เมตร)

ขั้นที่ 2 ขั้นการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (10 นาที)

4. ครูให้นักเรียนระดมความคิด และร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่ม พร้อมทั้งตั้งคำถามที่เกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดสถานการณ์นั้น เช่น “เพราะสาเหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์เช่นนี้” ลงในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การออกแรงหยุดถุงทราย โดยใช้คำถามดังนี้

4.1 นักเรียนคิดว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดสถานการณ์ทั้งสองคืออะไร พร้อมทั้งระบุเป็นคำถาม (สถานการณ์ที่ 1 เพราะสาเหตุใดถุงทรายที่จำนวนต่างกันจึงเคลื่อนที่ด้วยแรงต่างกัน และสถานการณ์ที่ 2 เพราะสาเหตุใดระดับความสูงต่างกันจึงทำให้ความเร็วของถุงทรายต่างกัน)

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตรวจสอบผลการตั้งคำถามจากสถานการณ์ พร้อมทั้งให้สมาชิกในชั้นเรียนกำหนดขอบเขตของตัวแปรและคำถามที่สนใจในประเด็นดังนี้

5.1 กำหนดขอบเขตของตัวแปร ได้แก่ มวล แรงที่ใช้ในการหยุดถุงทราย ความเร็ว ความสูง

5.2 กำหนดขอบเขตการตั้งคำถามที่สนใจ ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 การปล่อยถุงทรายมวลต่างกันที่ความสูงเท่ากัน

1) เพราะสาเหตุใดถุงทรายที่จำนวนต่างกันจึงใช้แรงในการหยุดถุงทรายแตกต่างกัน

สถานการณ์ที่ 2 การปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันที่ความสูงต่างกัน

1) เพราะสาเหตุใดถุงทรายที่เคลื่อนที่ลงด้วยความสูงระดับต่างๆจึงใช้แรงในการหยุดถุงทรายแตกต่างกัน

2) เพราะสาเหตุใดระดับความสูงต่างกันจึงทำให้ความเร็วของถุงทรายต่างกัน

6. ครูให้นักเรียนระบุตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของถุงทรายลงในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 โดยใช้คำถามดังนี้

6.1 ตัวแปรหรือปัจจัยใดที่มีผลต่อการหยุดถุงทรายที่จะเคลื่อนที่ลง (มวล แรงที่ใช้ในการหยุดถุงทราย ความเร็ว ความสูง เวลา)

ขั้นที่ 3 ขั้นการตั้งสมมติฐาน (10 นาที)

7. ครูกล่าวต่อไปว่า จากคำถามที่นักเรียนได้กำหนดไว้ นักเรียนลองคาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้หรือคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าอย่างมีกฎเกณฑ์และเหตุผลซึ่งเรียกว่า สมมติฐาน นอกจากนี้ครูอธิบายการสร้างสมมติฐานว่าเป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือข้อมูลที่มีอยู่เดิมและข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยกำหนดสถานการณ์ตัวอย่างดังนี้

7.1 ถ้าครูแสดงลูกบอล 1 ลูก และลูกบาส 1 ลูก ที่มีมวลแตกต่างกัน และปล่อยให้ตกลงสู่พื้นในแนวดิ่ง และทำให้ลูกบอลและลูกบาสทั้งสองลูกนั้น ต้องการแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่แตกต่างกัน แล้วบางทีจำนวนมวลของลูกบอลและลูกบาสอาจจะมีผลต่อแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของลูกบอล โดยครูใช้คำถามดังต่อไปนี้

1) ถ้าครูเปลี่ยนแปลงตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งอย่างตั้งใจ ตัวแปรที่ครูเปลี่ยนนี้เรียกว่าอะไร (ตัวแปรต้น) จากสถานการณ์ดังกล่าวตัวแปรใดที่เป็นตัวแปรต้น (จำนวนมวลของลูกบอลและลูกบาส)

2) สิ่งที่เปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากผลของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต้นเรียกว่าอะไร (ตัวแปรตาม)

3) จากสถานการณ์ข้างต้น จำนวนมวลของลูกบอลแตกต่างกัน เพราะฉะนั้นตัวแปรตามในการทดลองนี้คืออะไร (แรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุ)

4) จากสถานการณ์ข้างต้น สิ่งใดบ้างในสถานการณ์ที่ถูกกำหนดให้เหมือนกัน (ความเร็วขนาดเท่ากันไปในทิศทางเดียวกัน)

5) สิ่งที่เราจัดหรือกำหนดให้เหมือนกันหรือเท่ากัน ในสถานการณ์นี้เรียกว่าอะไร (ตัวแปรควบคุม)

7.2 ครูนำนักเรียนทบทวนสถานการณ์ที่ 1 การปล่อยถุงทรายมวลต่างกันที่ความสูงเท่ากันที่มีอยู่ในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การออกแรงหยุดถุงทราย และให้นักเรียนระดมสมอง เพื่อสร้างสมมติฐาน โดยครูใช้คำถามดังต่อไปนี้

1) นักเรียนคิดว่า ถ้าแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุนักเรียนจะตั้งสมมติฐานได้ว่าอย่างไร จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันกำหนดประเด็นการสร้างสมมติฐานดังนี้

สมมติฐานที่ 1

ถ้า...มวลมีผลต่อแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของของถุงทราย

และ...มวลของถุงทรายมีจำนวนเพิ่มขึ้นตามลำดับ

แล้ว...(บางที)แรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายอาจจะเพิ่มขึ้น

7.3 ครูนำนักเรียนทบทวนสถานการณ์ที่ 2 การปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันที่ความสูงต่างกันที่มีอยู่ในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การออกแรงหยุดถุงทราย และให้นักเรียนระดมสมอง เพื่อสร้างสมมติฐานที่หลากหลาย โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

1) นักเรียนคิดว่า ถ้าแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับความสูงในการปล่อยถุงทรายนักเรียนจะตั้งสมมติฐานได้ว่าอย่างไร จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันกำหนดประเด็นการสร้างสมมติฐานดังนี้

สมมติฐานที่ 1

ถ้า...ความสูงในการปล่อยถุงทรายมีผลต่อแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่และความเร็วของถุงทราย

และ...ความสูงในการปล่อยถุงทรายเพิ่มขึ้นตามลำดับ

แล้ว...(บางที)แรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่และความเร็วของถุงทรายต้องเพิ่มขึ้น

สมมติฐานที่ 2

ถ้า...ความสูงในการปล่อยถุงทรายมีผลต่อความเร็วของถุงทราย

และ...ความสูงในการปล่อยถุงทรายเพิ่มขึ้นตามลำดับ

แล้ว...(บางที)ความเร็วของถุงทรายก็เพิ่มขึ้น

ขั้นที่ 4 ขั้นการพยากรณ์ (30 นาที)

8. ครูให้นักเรียนนำสมมติฐาน เรื่อง การออกแรงรับถุงทราย ที่แต่ละกลุ่มได้สร้างไว้จากขั้นที่ 3 มาประเมินถึงความเป็นไปได้ที่สมมติฐานอาจจะถูกสนับสนุนหรือขัดแย้ง โดยนักเรียนจะได้ข้อความการประเมินสมมติฐาน ดังตัวอย่าง

สถานการณ์ที่ 1 *การปล่อยถุงทรายมวลต่างกันที่ความสูงเท่ากัน*

ถ้า*...มวลมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายที่จะเคลื่อนที่*

และ*...เปรียบเทียบกับจำนวนมวลของถุงทรายที่เพิ่มขึ้น ทำให้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายเพิ่มขึ้น*

แล้ว*...การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเร็ว และแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายควรจะเพิ่มขึ้น*

ดังนั้น*...สมมติฐานมวลมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายควรจะได้รับ**การสนับสนุน***

สถานการณ์ที่ 2 *การปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันที่ความสูงต่างกัน*

ถ้า*...ความสูงในการปล่อยถุงทรายมีผลต่อแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่และความเร็วของถุงทราย*

และ*...เปรียบเทียบกับระดับความสูงในการปล่อยถุงทรายที่เพิ่มขึ้น ทั้งปริมาณความเร็ว แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายเพิ่มขึ้น*

แล้ว*...การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเร็วของถุงทราย และแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายจะต้องเพิ่มขึ้น*

ดังนั้น*...สมมติฐานระดับความสูงในการปล่อยถุงทรายมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายควรจะได้รับ**การสนับสนุน***

9. ครูให้นักเรียนนำสมมติฐานที่ผ่านการประเมินแล้วคาดว่าเป็นไปได้หรือถูกสนับสนุน มากำหนดแนวทางการวางแผนการทดสอบ และคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

สถานการณ์ที่ 1 การปล่อยถุงทรายมวลต่างกันที่ความสูงเท่ากัน

1) จากสมมติฐาน **ถ้า**...มวลมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย นักเรียนจะมีแนวทางการวางแผนในการทดลองอย่างไร (**และ**...สังเกตและบันทึกข้อมูลจากการทดลองทุกครั้ง โดยในการทดลองนั้นเปรียบเทียบจำนวนมวลของถุงทรายที่เพิ่มขึ้น)

2) ต่อไปครูหยิบถุงทรายขึ้นมา 3 ถุง แล้วถามนักเรียนว่าถ้าครูปล่อยถุงทราย 3 ถุง ให้ตกลงสู่พื้น นักเรียนลองทายสิว่าแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายจะมีมากขึ้นหรือน้อยลงเมื่อเทียบกับการปล่อยถุงทรายทั้ง 1 และ 2 ถุง (แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น)

3) ครูถามนักเรียนว่า คำตอบของนักเรียนที่ว่า “แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น” นักเรียนใช้เหตุผลอะไรมาตอบ (จากการสังเกตเห็น เมื่อครูเพิ่มจำนวนถุงทรายเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ครูต้องใช้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายเพิ่มขึ้น)

4) การทดลองนี้ นักเรียนจะสามารถพยากรณ์จากสมมติฐานมวลมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายได้ว่าอย่างไรบ้าง (**แล้ว**...ในการทดลองเมื่อเพิ่มจำนวนมวลของถุงทรายเป็น 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง ตามลำดับ จะทำให้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น**)**

สถานการณ์ที่ 2 การปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันที่ความสูงต่างกัน

1) จากสมมติฐาน **ถ้า**...ความสูงในการปล่อยถุงทรายมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย นักเรียนจะมีแนวทางการวางแผนในการทดลองอย่างไร (**และ**...สังเกตและบันทึกข้อมูลจากการทดลองทุกครั้ง โดยในการทดลองนั้นเปรียบเทียบระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น)

2) ต่อไปครูปล่อยถุงทรายให้ตกลงมาที่ระดับความสูง 0.75 เมตร แล้วถามนักเรียนว่าถ้าครูปล่อยถุงทรายที่ความสูง 0.75 เมตร นักเรียนลองทายสิว่าแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายจะมีมากขึ้นหรือน้อยลงเมื่อเทียบกับการปล่อยถุงทรายที่ระดับความสูงทั้ง 0.15 และ 0.30 เมตร (แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น)

3) ครูถามนักเรียนว่า คำตอบของนักเรียนที่ว่า “แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น” นักเรียนใช้เหตุผลอะไรมาตอบ (จากการสังเกตเห็น เมื่อครูเพิ่มความสูงในการปล่อยถุงทรายเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ครูต้องใช้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายเพิ่มขึ้น)

4) ในการทดลองนี้ นักเรียนจะสามารถพยากรณ์จากสมมติฐานมวลมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายได้ว่าอย่างไรบ้าง (**แล้ว**...ในการทดลองเมื่อเพิ่มความสูงในการปล่อยถุงทรายเป็น 0.15 เมตร 0.30 เมตร และ 0.45 เมตร ตามลำดับ จะทำให้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น**)**

10. นักเรียนระดมสมองและแบ่งปันความคิดร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อกำหนดแนวทางการวางแผนการทดสอบ และคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า โดยนักเรียนจะได้ข้อความการวางแผนการทดสอบและการพยากรณ์ ดังตัวอย่าง

สถานการณ์ที่ 1 *การปล่อยถุงทรายมวลต่างกันที่ความสูงเท่ากัน*

ถ้า*...มวลมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย*

และ*...สังเกตจุดบนแถบกระดาษและบันทึกข้อมูลระยะทางบนแถบกระดาษ ความเร็ว ความเร่ง และแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายที่จำนวนมวลของถุงทรายที่เพิ่มขึ้น*

แล้ว*...ในการทดลองเมื่อเพิ่มจำนวนมวลของถุงทรายเป็น 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง ตามลำดับ จะทำให้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น*

สถานการณ์ที่ 2 *การปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันที่ความสูงต่างกัน*

ถ้า*...ความสูงในการปล่อยถุงทรายมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย*

และ*...สังเกตจุดบนแถบกระดาษและบันทึกข้อมูลระยะทางบนแถบกระดาษ เวลา ความเร็ว ความเร่ง และแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายที่ระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น*

แล้ว*...ในการทดลองเมื่อเพิ่มความสูงในการปล่อยถุงทรายเป็น 0.15 เมตร 0.30 เมตร และ 0.45 เมตร ตามลำดับ จะทำให้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น*

11. ครูสังเกตการณ์ทำงานร่วมกันและการปฏิสัมพันธ์ในระหว่างที่นักเรียนกำลังระดมความคิดในการวางแผนการทดสอบของนักเรียน

ขั้นที่ 5 ขั้นการรวบรวมหลักฐาน (30 นาที)

12. ครูให้นักเรียนนำแนวทางการวางแผนการทดสอบและคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าที่ได้จากขั้นที่ 4 มาใช้เพื่อนำไปสู่การทดลองที่มีความชัดเจนมากขึ้น จากนั้นให้นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มออกมารับเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การทดลองออกแรงหยุดถุงทราย

13. ครูให้นักเรียนศึกษาวิธีทำกิจกรรมที่ 1.2 ให้เข้าใจ โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับวิธีทำกิจกรรม ชี้แจง และแนะแนวในการทำกิจกรรม รวมทั้งข้อควรระวังในการใช้อุปกรณ์

14. ครูให้นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มออกมารับอุปกรณ์และเริ่มลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยปล่อยถุงทรายให้ตกลงสู่พื้น สังเกตความเร็วในการปะทะพื้นจากแถบกระดาษของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง พร้อมทั้งรวบรวมหลักฐานทั้งหมด วิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าวลงในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.2

15. ครูสังเกตการทำงานร่วมกัน การปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนในระหว่างการปฏิบัติการทดลอง พร้อมทั้งแนะนำหรือใช้คำถาม เพื่อช่วยแนะแนวทางในการคิดและแก้ปัญหาของนักเรียน ในประเด็นดังนี้

15.1 การบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่นักเรียนได้วางแผนแนวทางการทดสอบไว้

15.2 การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่างๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

15.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน เช่น หลักฐานจากแถบกระดาษที่นำมาสร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์ของความเร็วกับเวลา และข้อมูลที่ได้จากเอกสารอ้างอิงหรือค้นคว้าในแหล่งข้อมูลต่างๆ เป็นต้น

ขั้นที่ 6 ขั้นการลงข้อสรุป (10 นาที)

16. ครูกล่าวต่อไปว่า หลังจากการทดลอง นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือหลักฐาน ข้อสนเทศที่ได้มาจากการวิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปลผล สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างการเก็บรวบรวมหลักฐาน พร้อมทั้งตอบคำถามหลังการทดลองลงในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.2

17. ครูนำนักเรียนอภิปรายการลงข้อสรุป และอธิบายการเขียนข้อสรุปในรูปแบบ “**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบวางแผน) **แล้ว**... (การพยากรณ์) **แต่**... (ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**... (ข้อสรุป)”

ขั้นที่ 7 ขั้นการนำเสนอ (50 นาที)

18. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเตรียมนำเสนอข้อมูลและหลักฐานในรูปแบบต่างๆ จากนั้นออกมานำเสนอข้อมูลที่ได้จากการลงข้อสรุปในรูปแบบต่างๆ หน้าชั้นเรียนกลุ่มละ 2 นาที จนครบทุกกลุ่ม โดยที่นักเรียนจะนำเสนอข้อสรุป ดังตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สถานการณ์ที่ 1 *การปล่อยถุงทรายมวลต่างกันที่ความสูงเท่ากัน*

ถ้า.....*มวลมีผลต่อแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่* ***(สมมติฐานมวลมีผลต่อแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่)***

และ.....*สังเกตและบันทึกข้อมูลจากการทดลองทุกครั้ง โดยในการทดลองนั้นเปรียบเทียบจำนวนมวลของถุงทรายที่เพิ่มขึ้น* ***(การทดสอบวางแผน)***

แล้ว.....*ในการทดลองเมื่อเพิ่มจำนวนมวลของถุงทรายเป็น 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง ตามลำดับ จะทำให้แรงที่จะหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น* ***(การพยากรณ์)***

และ.....*ในการทดลองเมื่อเพิ่มจำนวนมวลของถุงทรายเป็น 1 ถุง 2 ถุง และ 3 ถุง ตามลำดับ ทำให้แรงที่จะหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น* ***(ผลลัพธ์จากการสังเกต)***

ดังนั้น.....*สมมติฐานมวลมีผลต่อแรงของถุงทรายที่จะเคลื่อนที่ได้รับการสนับสนุน* ***(ข้อสรุป)***

สถานการณ์ที่ 2 *การปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันที่ความสูงต่างกัน*

ถ้า.....*ความสูงในการปล่อยถุงทรายมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย* ***(สมมติฐานความสูงมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย)***

และ.....*สังเกตและบันทึกข้อมูลความเร็วจากการทดลองทุกครั้ง โดยในการทดลองนั้นเปรียบเทียบระดับความสูงของถุงทรายที่เพิ่มขึ้น* ***(การทดสอบวางแผน)***

แล้ว.....*ในการทดลองเมื่อเพิ่มความสูงในการปล่อยถุงทรายเป็น 0.15 เมตร 0.30 เมตร และ 0.45 เมตร ตามลำดับ จะทำให้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น* ***(การพยากรณ์)***

และ.....*ในการทดลองเมื่อเพิ่มความสูงในการปล่อยถุงทรายเป็น 0.15 เมตร 0.30 เมตร และ 0.45 เมตร ตามลำดับ ทำให้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายมีมากขึ้น* ***(ผลลัพธ์จากการสังเกต)***

ดังนั้น.....*สมมติฐานความสูงในการปล่อยถุงทรายมีผลต่อแรงในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายได้รับการสนับสนุน* ***(ข้อสรุป)***

19. ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเกี่ยวกับผลที่ได้จากการทดลอง โดยใช้คำถามหลังการทดลองดังนี้

19.1 จากการทดลองทำให้นักเรียนทราบได้ว่าแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง (ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุ)

19.2 เมื่อถุงทรายตกลงสู่พื้น ความเร็วของถุงทรายมีทิศทางการเคลื่อนที่อย่างไร และมีทิศทางเดียวกับโมเมนตัมหรือไม่ (ความเร็วของถุงทรายมีทิศทางในแนวดิ่งและมีทิศทางเดียวกับโมเมนตัม)

19.3 การหยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่าอะไร (โมเมนตัมหรือปริมาณความพยายามของวัตถุที่จะเคลื่อนที่)

19.4 มีตัวอย่างเหตุการณ์ใดบ้าง ที่แสดงให้เห็นถึงแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุ (การที่ลูกแอปเปิ้ลตกลงสู่พื้น การโยนรับผลไม้จากท่าเรือขึ้นสู่ตลาด เป็นต้น)

19.5 โมเมนตัมคืออะไร (โมเมนตัม คือ ปริมาณความพยายามของวัตถุที่จะเคลื่อนที่ซึ่งขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุ และเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางเดียวกับทิศทางของความเร็ว)

19.6 จากความรู้ เรื่อง โมเมนตัม สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆได้อย่างไรบ้าง(ใช้เป็นพื้นฐานแนวคิดด้านความปลอดภัยในการใช้รถยนต์ ด้านการกีฬา และอื่นๆ)

20. ครูอธิบายสมการความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัม มวล และความเร็ว โดยโมเมนตัมใช้สัญลักษณ์ $\vec{p}$ ซึ่งเป็นปริมาณความพยายามของวัตถุที่จะเคลื่อนที่ และปริมาณนี้หาได้จากสมการความสัมพันธ์ $\vec{p} = m\vec{v}$ พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างโจทย์การคำนวณเกี่ยวกับโมเมนตัม ดังนี้

20.1 ถ้ารถแข่งมีมวล 1.5×10^4 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็ว 300 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นรถแข่งคันนี้จะเคลื่อนที่โดยมีโมเมนตัมกี่กิโลกรัม•เมตรต่อวินาที

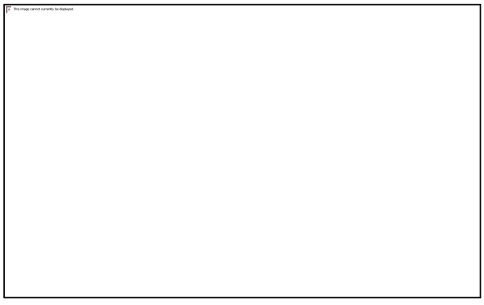
(เนื่องจาก $\vec{p} = m\vec{v} = (1.5 \times 10^4)(300 \times \frac{5}{18}) = 1.25 \times 10^5$ กิโลกรัม•เมตรต่อวินาที)

21. ครูให้นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มออกมารับเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.3 การแก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับโมเมนตัม

22. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิด เพื่อเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาโจทย์เรื่องโมเมนตัมลงในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.3 การแก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับโมเมนตัม โดยให้เวลาแก้ปัญหาโจทย์ประมาณ 10 นาที จากนั้นครูสุ่มนักเรียนตัวแทนกลุ่มจำนวน 2 กลุ่ม ที่สามารถแก้ปัญหาโจทย์ได้ออกมานำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาโจทย์เรื่องโมเมนตัมทั้ง 2 ข้อ

23. ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุปบทเรียนเรื่อง โมเมนตัม โดยแสดงสื่อแอนิเมชั่น เรื่อง โมเมนตัมในฟิสิกส์ ดังภาพ

รูปภาพที่ 5 การวิ่งของรถแข่ง



รูปภาพที่ 6 การบินของเครื่องบินไอพ่น

และใช้คำถามดังต่อไปนี้

23.1 โมเมนตัมจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อวัตถุมีลักษณะเป็นอย่างไร (เมื่อวัตถุกำลังเคลื่อนที่)

23.2 นักเรียนจะสรุปความหมายของโมเมนตัมได้ว่าอย่างไร (โมเมนตัม คือ ปริมาณความพยายามของวัตถุที่จะเคลื่อนที่และเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางเดียวกับทิศทางของความเร็ว โมเมนตัมของวัตถุหาได้จากผลคูณของมวลและความเร็ว)

23.3 ปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อโมเมนตัม (มวลและความเร็วของวัตถุ)

23.4 นักเรียนยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัม (การที่รถยนต์เกิดอุบัติเหตุชนกันบนถนน)

การวัดและประเมินผล

1. ประเมินความถูกต้องของการตอบคำถามในชั้นเรียน

2. ประเมินความถูกต้องของการเขียนตอบในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 - 1.3 และ

3. ประเมินการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้แบบประเมินกิจกรรมได้แก่ 1) ด้านการวางแผนการทดลองที่มีการกำหนดวิธีการและขั้นตอนในการทำงาน 2) ด้านการปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ได้อย่างราบรื่น 3) ด้านการเลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม มีความเป็นระเบียบ ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว และ 4) บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์

4. ประเมินความถูกต้องของการให้เหตุผลในสมมติฐานและข้อสรุปของนักเรียน

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การออกแรงหยุดถุงทราย และเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การแก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับโมเมนตัม

2. Power point เรื่อง โมเมนตัม

3. สื่อแอนิเมชั่น เรื่อง โมเมนตัมในฟิสิกส์ (Momentum in Physics) สืบค้นได้จาก http://www.youtube.com/watch?v=T9lehHxv-C8

4. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาเรื่อง การออกแรงหยุดถุงทราย ได้แก่

1) ถุงทรายจำนวน 5 ถุง

2) เครื่องเคาะสัญญาณเวลา 1 เครื่อง

3) หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เครื่อง

4) สายไฟ 1 ชุด

5) แถบกระดาษ/กระดาษคาร์บอน

6) เครื่องจับเวลา

7) กระดาษฟริปชาร์ต

5. หนังสือเรียนวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2 เรื่อง โมเมนตัม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การออกแรงรับถุงทราย

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ที่ครูสาธิต แล้วบันทึกผลการสังเกต ตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ ระบุตัวแปร และตั้งสมมติฐานที่มีความเกี่ยวข้องกับ สถานการณ์ทั้ง 2 สถานการณ์

สถานการณ์ที่ 1 การปล่อยถุงทรายมวลต่างกันที่ความสูงเท่ากัน	**สถานการณ์ที่ 2** การปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันที่ความสูงต่างกัน
1. **บันทึกผลการสังเกต**	1. **บันทึกผลการสังเกต**
2. **ตั้งคำถามเกี่ยวกับสาเหตุที่เกิดสถานการณ์นี้**	2. **ตั้งคำถามเกี่ยวกับสาเหตุที่เกิดสถานการณ์นี้**
3. **ตัวแปรที่มีผลต่อแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย คือ** • **ตัวแปรต้น คือ** • **ตัวแปรตาม คือ** • **ตัวแปรควบคุม คือ**	3. **ตัวแปรที่มีผลต่อแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย คือ** • **ตัวแปรต้น คือ** • **ตัวแปรตาม คือ** • **ตัวแปรควบคุม คือ**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สถานการณ์ที่ 1 การปล่อยถุงทรายมวลต่างกันที่ความสูงเท่ากัน	**สถานการณ์ที่ 2** การปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันที่ความสูงต่างกัน
4. **ตั้งสมมติฐาน**	4. **ตั้งสมมติฐาน**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การทดลองออกแรงหยุดถุงทราย

รายชื่อสมาชิกกลุ่ม

1. **ชื่อ**.....**เลขที่**..... **ชั้น**.....
2. **ชื่อ**.....**เลขที่**..... **ชั้น**.....
3. **ชื่อ**.....**เลขที่**..... **ชั้น**.....
4. **ชื่อ**.....**เลขที่**..... **ชั้น**.....
5. **ชื่อ**.....**เลขที่**..... **ชั้น**.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติ ดังนี้

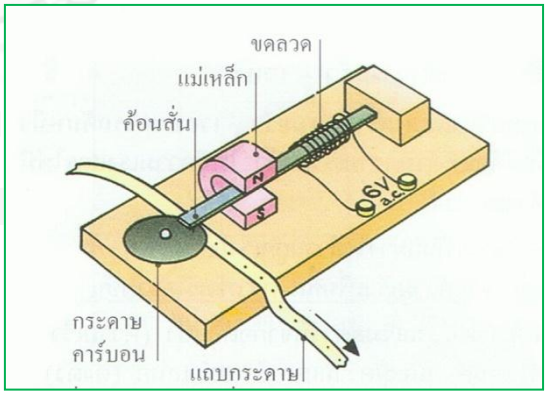
1. อ่านวิธีทำกิจกรรมการทดลองให้เข้าใจ
2. ตอบคำถามก่อนทำกิจกรรม
3. ทำกิจกรรมและบันทึกผลการทดลอง
4. ตอบคำถามหลังทำกิจกรรม

วัตถุประสงค์ของกิจกรรม

1. สังเกตและทดลองเกี่ยวกับโมเมนตัม
2. ระบุทิศทางของโมเมนตัมได้
3. อธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมได้
4. อธิบายความหมายของโมเมนตัมได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ถุงทรายจำนวน 5 ถุง
2. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา 1 เครื่อง
3. หม้อแปลไฟฟ้าโวลต์ต่ำ 1 เครื่อง
4. สายไฟ 1 ชุด
5. แถบกระดาษ/กระดาษคาร์บอน
6. เครื่องจับเวลา
7. กระดาษฟริปชาร์ต



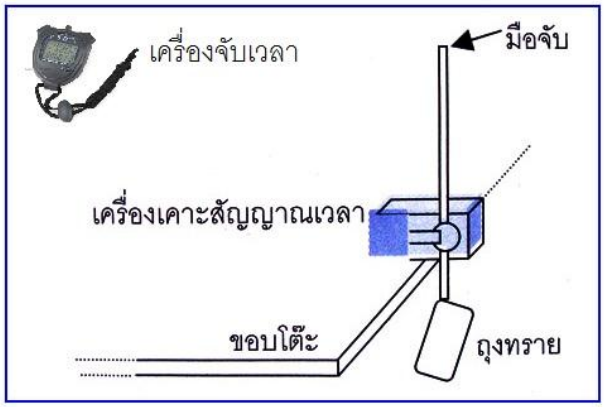
รูปภาพที่ 7 เครื่องเคาะสัญญาณเวลา

ตอนที่ 1

<u>วัตถุประสงค์ที่ 1</u> เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุและมวล

<u>วิธีทำกิจกรรม</u>

1. จัดเตรียมเครื่องเคาะสัญญาณเวลาดังรูปภาพที่ 5 และนำสายไฟต่อเข้ากับหม้อแปลงโวลต์ต่ำ 4-6 โวลต์
2. นำแถบกระดาษผ่านช่องใต้คันเคาะของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา โดยให้อยู่ใต้แผ่นกระดาษคาร์บอน

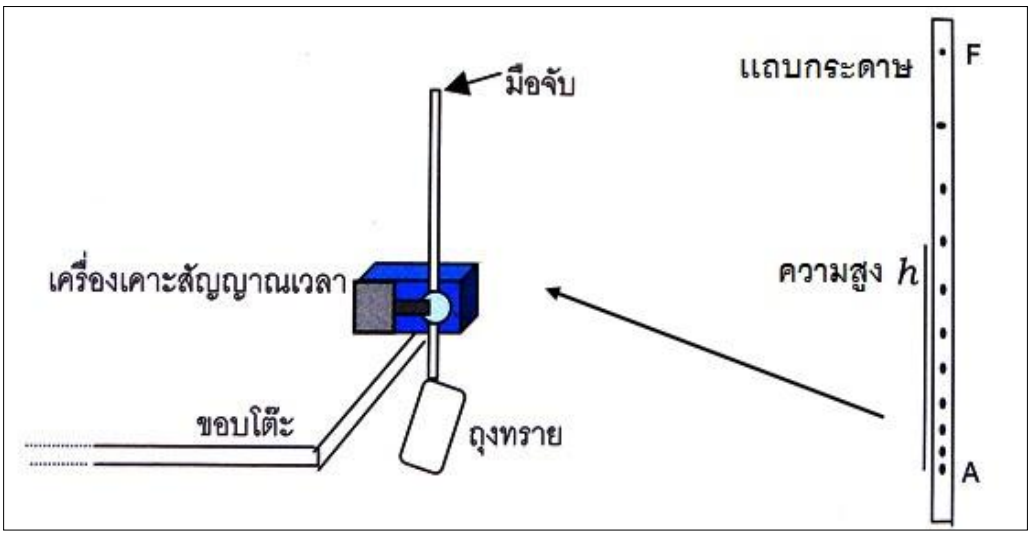


3. นำถุงทรายต่อกับแถบกระดาษที่ปลายด้านหนึ่ง โดยใช้เชือกเชื่อมระหว่างถุงทรายกับแถบกระดาษไว้ และเตรียมจับเวลาของการทดลองแต่ละครั้ง ดังรูปภาพที่ 8

รูปภาพที่ 8 นำถุงทรายต่อกับแถบกระดาษ

4. เปิดสวิตซ์เครื่องเคาะสัญญาณทำงานและสังเกตแถบกระดาษ เมื่อถุงทรายตกลงสู่พื้นจึงปิดสวิตซ์ จากนั้นจึงนำแถบกระดาษที่ได้มาเขียนข้อความที่ด้านหลังว่า “ถุงทราย 1 ถุง ที่ระดับความสูง 0.50 เมตร”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



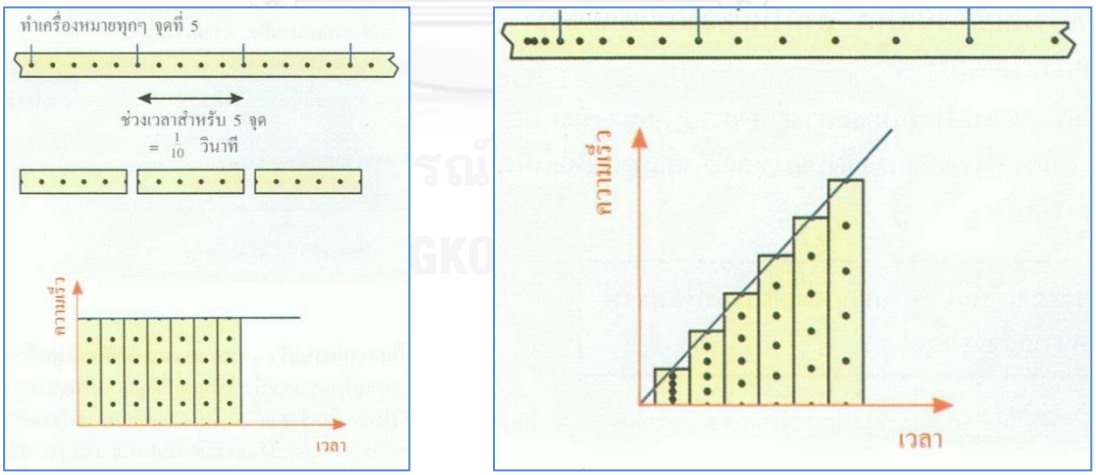
รูปภาพที่ 9 ถุงทรายและลักษณะแถบกระดาษที่ได้จากการทดลอง

5. ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 2-4 โดยเพิ่มจำ[redacted]ของถุงทรายเป็น 2, 3, 4 และ 5 ถุง ตามลำดับ โดยใช้ระดับความสูงในการปล่อยถุงทรายเพียง 0.50 เมตร เท่านั้น ดังรูปภาพที่ 11

6. นำข้อมูลระยะทางบนแถบกระดาษซึ่งจะได้จำนวน 5 แถบ มาบันทึกผลลงในตารางที่ 1.1

7. คำนวณหาความเร็วของแถบสัญญาณทั้งเส้น และบันทึกผลลงในตารางเกี่ยวกับตัวแปรระยะทางและเวลา (เวลามีค่าเท่ากับ $x\frac{1}{50}$) โดยที่ x คือจำนวนจุดทั้งหมดที่ลบด้วยหนึ่ง เพราะลบด้วยจุดเริ่มต้น 1 จุด

8. ใช้กรรไกรตัดกระดาษทุกๆ 5 จุด (ทำเครื่องหมายแสดงลำดับไว้) และนำมาทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา เพื่อเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ ดังรูปภาพที่ 10 แผนภูมิแท่งของความเร็วกับเวลา



รูปภาพที่ 10 แผนภูมิแท่งของความเร็วกับเวลา

9. หลังจากที่นักเรียนทำการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว นักเรียนเตรียมนำเสนอ **ตาราง** การบันทึกผลการทดลองและผลจากการคำนวณ โดยเกี่ยวกับ มวลของถุงทราย กับระยะทางบนแถบกระดาษ เวลา ความเร็ว ผลคูณระหว่างมวลกับความเร็วของถุงทราย ความเร่ง และแรง พร้อมทั้ง

ให้นักเรียนเตรียมนำเสนอ**กราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ** และการรวบรวมหลักฐานจากแถบกระดาษ**กราฟความสัมพันธ์ของความเร็วกับเวลา** และ**ข้อสรุป**

ตารางที่1.1 บันทึกผลการทดลองของระยะทางบนแถบกระดาษ เวลา ความเร็ว ความเร่ง และแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายที่จำนวนมวลต่างๆ (ถุงทราย 1 ถุงมีมวลเท่ากับ ..... กิโลกรัม)

ครั้งที่	**มวลของถุงทราย** (kg)	**ระยะทางบนแถบกระดาษ** (m)	**เวลา** (s)	**ความเร็ว** (m/s)	**ความเร่ง** (m/s^2)	**แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย** (N)
1						
2						
3						
4						
5						

ให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง*แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย*และ*มวลของถุงทราย* โดยให้แกนนอนแสดงจำนวนมวลของถุงทรายและแกนตั้งแสดงแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย

คำถามตอนที่ **เพื่อการวิเคราะห์และสรุปผล**

1. เมื่อปล่อยถุงทรายที่มีมวลต่างกัน ในระดับความสูงที่เท่ากัน คือ 0.5 เมตร และแรงที่เกิดขึ้นเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

_____

_____

2. นักเรียนคิดว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงที่ทำให้วัตถุหยุดการเคลื่อนที่นั้นคือสิ่งใด

_____

3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายและมวลของถุงทรายจะมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด

_____

_____

สรุปผลจากการทำกิจกรรมตอนที่ 1

CHULALONGKORN UNIVERSITY

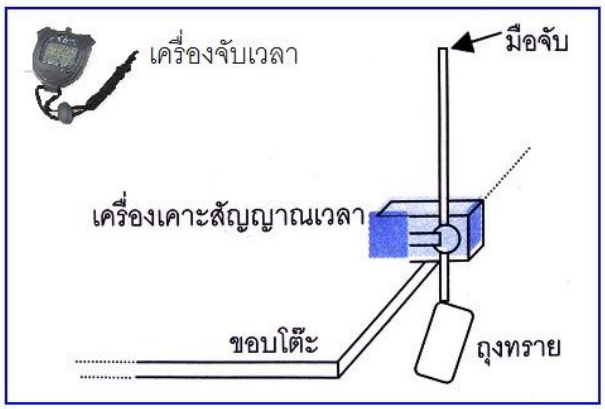
ให้นักเรียนเขียนข้อสรุปเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ 1 การปล่อยถุงทรายมวลต่างกันที่ความสูงเท่ากัน โดยนำข้อมูลและหลักฐานมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปรผล และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในรูปแบบ “**ถ้า**... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบวางแผน) **แล้ว** ... (การพยากรณ์) **แต่**... (ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**... (ข้อสรุป)”

ตอนที่ 2

<u>วัตถุประสงค์ที่ 2</u> เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุและความเร็ว

<u>วิธีทำกิจกรรม</u>

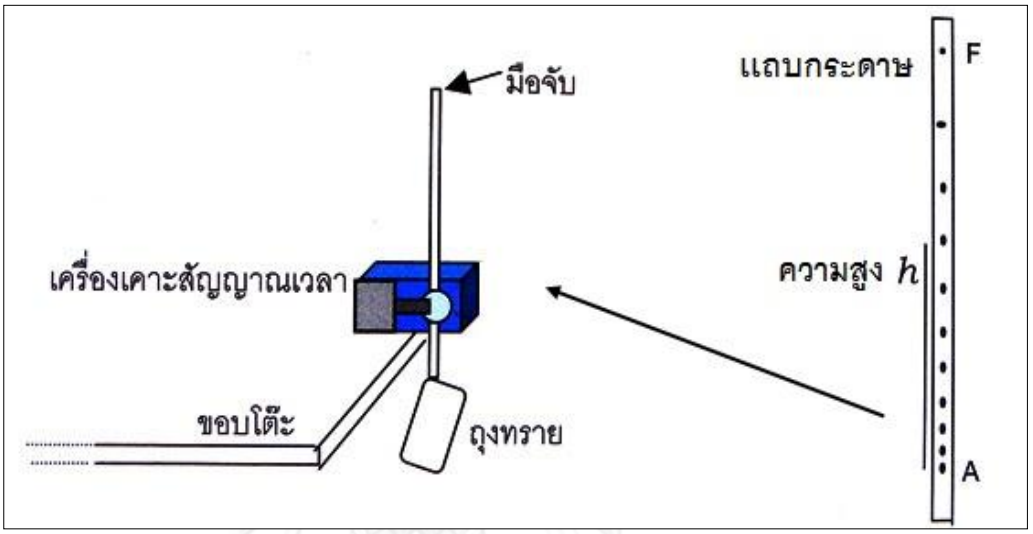
1. จัดเตรียมเครื่องเคาะสัญญาณเวลาดังรูปภาพที่ 5 และนำสายไฟต่อเข้ากับหม้อแปลงโวลต์ต่ำ 4-6 โวลต์
2. นำแถบกระดาษผ่านช่องใต้คันเคาะของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา โดยให้อยู่ใต้แผ่นกระดาษคาร์บอน



3. นำถุงทรายต่อกับแถบกระดาษที่ปลายด้านหนึ่ง โดยใช้เชือกเชื่อมระหว่างถุงทรายกับแถบกระดาษไว้ และเตรียมจับเวลาของการทดลองแต่ละครั้ง ดังรูปภาพที่ 8

รูปภาพที่ 8 นำถุงทรายต่อกับแถบกระดาษ

4. เปิดสวิตซ์เครื่องเคาะสัญญาณทำงานและสังเกตแถบกระดาษ เมื่อถุงทรายตกลงสู่พื้นจึงปิดสวิตซ์ จากนั้นจึงนำแถบกระดาษที่ได้มาเขียนข้อความที่ด้านหลังว่า “ถุงทราย 1 ถุง ที่ระดับความสูง 0.15 เมตร”



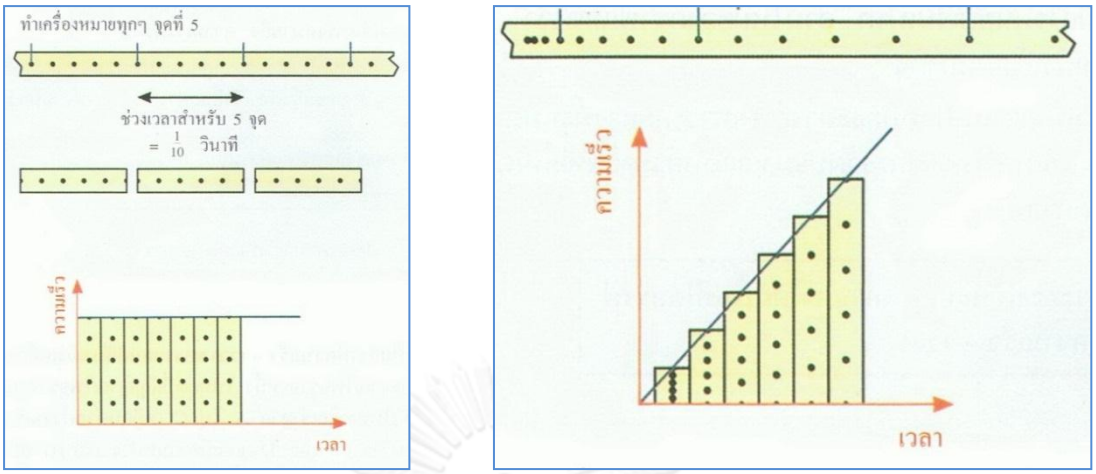
รูปภาพที่ 9 ลักษณะแถบกระดาษที่ได้จากการทดลอง

5. ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 2-4 โดยเปลี่ยนระดับความสูงของถุงทรายเป็น 0.15, 0.30, 0.45, 0.60 และ 0.75 เมตร ตามลำดับ โดยใช้ถุงทรายเพียง 1 ถุงเท่านั้น ดังรูปภาพที่ 9

6. นำข้อมูลระยะทางบนแถบกระดาษซึ่งจะได้จำนวน 5 แถบ มาบันทึกผลลงในตารางที่ 1.2

7. คำนวณหาความเร็วของแถบสัญญาณทั้งเส้น และบันทึกผลลงในตารางเกี่ยวกับตัวแปรระยะทางและเวลา (เวลามีค่าเท่ากับ $x\frac{1}{50}$) โดยที่ x คือจำนวนจุดทั้งหมดที่ลบด้วยหนึ่ง เพราะลบด้วยจุดเริ่มต้น 1 จุด

8. ใช้กรรไกรตัดกระดาษทุกๆ 5 จุด (ทำเครื่องหมายแสดงลำดับไว้) และนำมาทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา เพื่อเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ ดังรูปภาพที่ 10 แผนภูมิแท่งของความเร็วกับเวลา



รูปภาพที่ 10 แผนภูมิแท่งของความเร็วกับเวลา

9. หลังจากที่นักเรียนทำการทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว นักเรียนเตรียมนำเสนอ **ตาราง** การบันทึกผลการทดลองและผลจากการคำนวณ โดยเกี่ยวกับ มวลของถุงทราย กับระยะทางบนแถบกระดาษ เวลา ความเร็ว ผลคูณระหว่างมวลกับความเร็วของถุงทราย ความเร่ง และแรง พร้อมทั้งให้นักเรียนเตรียมนำเสนอ**กราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ** และการรวบรวมหลักฐานจากแถบกระดาษ**กราฟความสัมพันธ์ของความเร็วกับเวลา** และ**ข้อสรุป**

ตารางที่1.2 ระยะทางบนแถบกระดาษ เวลา ความเร็ว ความเร่ง และแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายที่ระดับความสูงต่างๆ (ถุงทราย 1 ถุงมีค่าเท่ากับ ..... กิโลกรัม)

ครั้งที่	ความสูงในการปล่อยถุงทราย (m)	ระยะทางบนแถบกระดาษ (m)	เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	ความเร่ง (m/s^2)	แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย (N)
1						
2						
3						
4						
5						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง*แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย*และ*ความเร็วของถุงทราย* โดยให้แกนนอนแสดงจำนวนความเร็วของถุงทรายและแกนตั้งแสดงแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย

คำถามตอนที่ **เพื่อการวิเคราะห์และสรุปผล**

1. เมื่อปล่อยถุงทรายมวลเท่ากัน คือ 0.5 กิโลกรัมที่ระดับความสูงต่างกัน ความเร็วและแรงที่เกิดขึ้นเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

_____

_____

2. จากกิจกรรมตอนที่ 1 ความเร็วของถุงทรายมีทิศทางการเคลื่อนที่อย่างไร

_____

3. จากกิจกรรมตอนที่ 1 แรงที่ทำให้วัตถุหยุดการเคลื่อนที่หมายถึงอะไร

_____

_____

4. นักเรียนคิดว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงที่ทำให้วัตถุหยุดการเคลื่อนที่นั้นคือสิ่งใด

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายและความเร็วของถุงทรายจะมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด

_____

_____

สรุปผลจากการทำกิจกรรมตอนที่ 2

ให้นักเรียนเขียนข้อสรุปเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ 2 การปล่อยถุงทรายมวลเท่ากันที่ความสูงต่างกัน โดยนำข้อมูลและหลักฐานมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปรผล และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในรูปแบบ "ถ้า... (สมมติฐาน) **และ**... (การทดสอบวางแผน) **แล้ว** ... (การพยากรณ์) **แต่**... (ผลลัพธ์จากการสังเกต) **ดังนั้น**... (ข้อสรุป)"

คำถามหลังจากทำกิจกรรมทั้ง 2

เพื่อการวิเคราะห์และสรุปผล

1. แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่า _____

2. จากการทดลองทำให้นักเรียนทราบได้ว่าแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง _____

3. เมื่อถุงทรายตกลงสู่พื้น ความเร็วของถุงทรายมีทิศทางการเคลื่อนที่อย่างไร และมีทิศทางเดียวกับโมเมนตัหรือไม่

_____

_____

4. โมเมนตัมคืออะไร

_____

_____

5. มีตัวอย่างเหตุการณ์ใดบ้าง ที่แสดงให้เห็นถึงแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุ

_____

_____

6. นักเรียนสามารถนำประโยชน์ เรื่อง โมเมนตัม ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.3 การแก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับโมเมนตัม

ชื่อ..... ชั้น .....

เลขที่..... กลุ่มที่.....

1. ถ้ารถไฟฟ้า BTS มีผู้โดยสารเต็ม มีมวล 96 X 10^3 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 108 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะมีโมเมนตัมเท่าใด และเป็นกี่เท่าของรถบรรทุกที่มีมวล 16 ตัน ที่วิ่งอยู่ด้วยความเร็ว 54 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2. ถ้ารถบรรทุกที่แล่นไปบนถนนมีมวล 1.5 X 10^4 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไปทางทิศตะวันออก ดังนั้นโมเมนตัมและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถบรรทุกมีค่าเป็นเท่าใด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โมเมนตัม

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รหัสวิชา ว 30202 วิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2**

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **จำนวน 3 คาบ เวลา 150 นาที**

ผู้สอน นางสาวจุฬาลักษณ์ ยิ้มดี

<u>มาตรฐานและผลการเรียนรู้</u>

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ อธิบายและทดลองความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ในแนวตรง

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. สังเกตและทดลองเกี่ยวกับโมเมนตัม
2. ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่กำหนดได้
3. ระบุทิศทางของโมเมนตัมได้
4. สรุปความหมายของโมเมนตัมโดยใช้หลักฐานจากการทำการทดลองได้

5. คำนวณค่าของโมเมนตัมของวัตถุได้เมื่อกำหนดมวลและความเร็วของวัตถุ

6. ยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัมได้

7. ยกตัวอย่างและตระหนักถึงความสำคัญของการนำความรู้เรื่องโมเมนตัมไปใช้ได้

สาระ

โมเมนตัม หมายถึง ปริมาณความพยายามของวัตถุที่จะเคลื่อนที่และเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางเดียวกับทิศทางของความเร็ว โมเมนตัมของวัตถุหาได้จากผลคูณของมวลและความเร็ว มีหน่วยเป็น กิโลกรัม เมตรต่อวินาที

ความสัมพันธ์ระหว่างมวล ความเร็วและโมเมนตัม ได้ว่า

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

ถ้าให้

m เป็นมวลของวัตถุ มีหน่วย กิโลกรัม (kg)

$\vec{v}$ เป็นความเร็วของวัตถุ มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

$\vec{P}$ เป็นโมเมนตัมของวัตถุ มีหน่วย กิโลกรัม เมตรต่อวินาที (kg m/s)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำ (15 **นาที**)

1. ครูแสดงภาพตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ โมเมนตัม ซึ่งเป็นกีฬาที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ดังภาพ

รูปภาพที่ 1 การชู้ตลูกบาส รูปภาพที่ 2 การยิงลูกสนุกเกอร์

จากนั้นจึงใช้คำถามดังต่อไปนี้

1.1 จากภาพนักเรียนเคยเห็นเล่นกีฬาดังกล่าวหรือไม่ นักเรียนสังเกตเห็นอะไรจากภาพดังกล่าว (มีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น)

1.2 วัตถุที่เคลื่อนที่ไปมีลักษณะและทิศทางอย่างไร (วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วและมีทิศเดียวกับแรงที่ผลักวัตถุนั้น)

1.3 นักเรียนคิดว่าอะไรคือสาเหตุสำคัญที่ทำให้ลูกบาสกับลูกสนุ้กเกอร์เคลื่อนที่ได้ (แรง)

1.4 นักเรียนคิดว่าแรงที่ทำให้ลูกบาสกับลูกสนุ้กเกอร์หยุดการเคลื่อนที่เท่ากันหรือไม่ เพราะสาเหตุใด (ไม่เท่ากัน เพราะมวลของลูกบาสกับลูกสนุ้กเกอร์แตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำให้การใช้แรงในการรับลูกบาสกับลูกสนุ้กเกอร์แตกต่างกัน)

2. ครูแสดงลูกบอล 1 ลูก และลูกบาส 1 ลูก ที่มีมวลแตกต่างกัน เพื่อให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบใน เรื่องปริมาณแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของลูกบอลและลูกบาสทั้งสองและสาเหตุที่ทำให้ลูกบอลและลูกบาสทั้งสองลูกนั้นต้องการแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่แตกต่างกัน โดยครูใช้คำถามดังต่อไปนี้

2.1 เมื่อครูออกแรงผลักลูกบอลและลูกบาสทั้ง 2 ลูกด้วยแรงขนาดเท่ากันไปในทิศทางเดียวกัน ลักษณะของแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของลูกบอลและลูกบาสทั้ง 2 ลูกเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร (แตกต่างกัน คือ ลูกบอลหรือลูกบาสที่มีมวลมากจะใช้แรงที่ใช้หยุดลูกบอลหรือลูกบาสนั้นมากกว่า)

2.2 ถ้าลักษณะของแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของลูกบอลและลูกบาสทั้ง 2 ลูกแตกต่างกัน และอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้แรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุแตกต่างกัน (มวล)

2.3 ถ้าลูกบอลและลูกบาสทั้งสองมีน้ำหนักแตกต่างกัน จะส่งผลต่อแรงที่ใช้ในการรับลูกบาสและลูกบอลทั้งสองลูกหรือไม่ และส่งผลต่อโมเมนตัมอย่างไร (มวลจะส่งผลต่อแรงที่ใช้ในการรับลูกบาสและลูกบอลทั้งสอง)

3. ครูกล่าวต่อไปว่า สาเหตุที่ทำให้ลูกบอลและลูกบาสทั้ง 2 ลูก ต้องใช้แรงในการหยุดการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน คือ โมเมนตัม นักเรียนคิดว่าโมเมนตัมคืออะไร และโมเมนตัมมีขนาดและทิศทางอย่างไรวันนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้กัน

ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรม (120 นาที)

4. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน และให้นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มออกมารับเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การออกแรงหยุดถุงทราย จากนั้นครูให้นักเรียนศึกษาวิธีทำกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การออกแรงหยุดถุงทราย ให้เข้าใจ โดยใช้เวลาประมาณ 5 นาที

5. ครูนำนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับวิธีทำกิจกรรม โดยใช้คำถามตามเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การออกแรงหยุดถุงทราย จากนั้นครูชี้แจงและแนะแนวในการทำกิจกรรม รวมทั้งข้อควรระวังในการใช้อุปกรณ์

6. ครูให้นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มออกมารับอุปกรณ์และเริ่มลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยปล่อยถุงทรายให้ตกลงสู่พื้น สังเกตการเคลื่อนที่และขนาดของแรงที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย และบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าวลงในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1

7. เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มทำการทดลองเสร็จ และนำอุปกรณ์การทดลองมาคืนเรียบร้อยแล้ว จากนั้นครูให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลที่ได้จากการทดลองหน้าชั้นเรียนกลุ่มละ 3 นาที

8. ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเกี่ยวกับผลที่ได้จากการทดลอง โดยใช้คำถามหลังการทดลองดังนี้

8.1 จากการทดลองทำให้นักเรียนทราบได้ว่าแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง (ขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุ)

8.2 เมื่อถุงทรายตกลงสู่พื้น ความเร็วของถุงทรายมีทิศทางการเคลื่อนที่อย่างไร และมีทิศทางเดียวกับโมเมนตัมหรือไม่ (ความเร็วของถุงทรายมีทิศทางในแนวดิ่งและมีทิศทางเดียวกับโมเมนตัม)

8.3 แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่าอะไร (โมเมนตัม)

8.4 มีตัวอย่างเหตุการณ์ใดบ้าง ที่แสดงให้เห็นถึงแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุ (การที่ลูกแอปเปิ้ลตกลงสู่พื้น การที่รถยนต์ยางระเบิดชนเสาไฟฟ้า เป็นต้น)

8.5 โมเมนตัมคืออะไร (โมเมนตัม คือ ปริมาณความพยายามของวัตถุที่จะเคลื่อนที่หรือแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุ และเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางเดียวกับทิศทางของความเร็ว)

8.6 ความรู้ เรื่อง โมเมนตัม สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในในกิจกรรมต่างๆได้อย่างไรบ้าง (ใช้เป็นพื้นฐานแนวคิดด้านความปลอดภัยในการใช้รถยนต์และอื่นๆ)

9. ครูอธิบายสมการความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัม มวล และความเร็ว โดยโมเมนตัมใช้สัญลักษณ์ $\vec{P}$ ซึ่งเป็นปริมาณความพยายามของวัตถุที่จะเคลื่อนที่ และปริมาณนี้หาได้จากสมการความสัมพันธ์ $\vec{P} = m\vec{v}$ พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างโจทย์การคำนวณเกี่ยวกับโมเมนตัม ดังนี้

9.1 ถ้ารถแข่งมีมวล 1.5×10^4 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็ว 300 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นรถแข่งคันนี้จะเคลื่อนที่โดยมีโมเมนตัมกี่กิโลกรัม•เมตรต่อวินาที

(เนื่องจาก $\vec{P} = m\vec{v} = (1.5 \times 10^4)(300 \times \frac{5}{18}) = 1.25 \times 10^5$ กิโลกรัม•เมตรต่อวินาที)

10. ครูให้นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มออกมารับเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.2 การแก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับโมเมนตัม

11. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิด เพื่อเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาโจทย์เรื่องโมเมนตัมลงในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.2 การแก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับโมเมนตัม โดยให้เวลาแก้ปัญหาโจทย์ประมาณ 10 นาที จากนั้นครูสุ่มนักเรียนตัวแทนกลุ่มจำนวน 2 กลุ่ม ที่สามารถแก้ปัญหาโจทย์ได้ออกมานำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาโจทย์เรื่องโมเมนตัมทั้ง 2 ข้อ

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุป (15 **นาที**)

12. ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อนำไปสู่การสรุปบทเรียนเรื่อง โมเมนตัม โดยแสดงสื่อแอนิเมชั่น เรื่อง โมเมนตัมในฟิสิกส์ ดังภาพ

รูปภาพที่ การวิ่งของรถแข่ง รูปภาพที่ 4 การบินของเครื่องบินไอพ่น

และใช้คำถามดังต่อไปนี้

12.1 โมเมนตัมจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อวัตถุมีลักษณะเป็นอย่างไร (เมื่อวัตถุกำลังเคลื่อนที่)

12.2 นักเรียนจะสรุปความหมายของโมเมนตัมได้ว่าอย่างไร (โมเมนตัม คือ ปริมาณความพยายามของวัตถุที่จะเคลื่อนที่และเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีทิศทางเดียวกับทิศทางของความเร็ว โมเมนตัมของวัตถุหาได้จากผลคูณของมวลและความเร็ว)

12.3 ปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อโมเมนตัม (มวลและความเร็วของวัตถุ)

12.4 นักเรียนยกตัวอย่างเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับโมเมนตัม (การที่รถยนต์เกิดอุบัติเหตุชนกันบนถนน)

13. ครูให้นักเรียนส่งตัวแทนกลุ่มออกมารับเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.3 บันทึกหลังการเรียนเรื่อง โมเมนตัม จากนั้นครูให้นักเรียนทบทวนบทเรียน โดยการเขียนบันทึกหลังการเรียนลงในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.3 บันทึกหลังการเรียนเรื่อง โมเมนตัม ตามประเด็นดังนี้

13.1 นักเรียนได้ความรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับ เรื่องโมเมนตัม

13.2 นักเรียนประทับใจในการเรียนรู้เรื่องนี้หรือไม่ อย่างไร

13.3 นักเรียนต้องการทราบอะไรเพิ่มเติมอีกบ้าง

การประเมินผลการเรียนรู้

1. ประเมินความถูกต้องของการตอบคำถามในชั้นเรียน

2. ประเมินความถูกต้องของการเขียนตอบในเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 - 1.3

3. ประเมินการปฏิบัติการทดลอง โดยใช้แบบประเมินกิจกรรมได้แก่ 1) ด้านการวางแผนการทดลองที่มีการกำหนดวิธีการและขั้นตอนในการทำงาน 2) ด้านการปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ได้อย่างราบรื่น 3) ด้านการเลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม มีความเป็นระเบียบ ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว และ 4) บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์

สื่อการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การออกแรงหยุดถุงทราย และเอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การแก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับโมเมนตัม

2. Power point เรื่อง โมเมนตัม

3. สื่อแอนิเมชั่น เรื่อง โมเมนตัมในฟิสิกส์ (Momentum in Physics) สืบค้นได้จาก http://www.youtube.com/watch?v=T9lehHxv-C8

4. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาเรื่อง การออกแรงหยุดถุงทราย ได้แก่

1) ถุงทรายจำนวน 5 ถุง

2) เครื่องเคาะสัญญาณเวลา 1 เครื่อง

3) หม้อแปลงไฟฟ้า 1 เครื่อง

4) สายไฟ 1 ชุด

5) แถบกระดาษ/กระดาษคาร์บอน

6) เครื่องจับเวลา

5. หนังสือเรียนวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2 เรื่อง โมเมนตัม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การออกแรงหยุดถุงทราย

ชื่อ..... ชั้น .....

เลขที่..... กลุ่มที่.....

<u>กิจกรรม</u> การทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวล ความเร็ว แรง รวมถึงขนาดและทิศทางของโมเมนตัมของวัตถุ

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติ ดังนี้

1. อ่านวิธีทำกิจกรรมการทดลองซึ่งแบ่งเป็น 2 ตอนให้เข้าใจ
2. ทำกิจกรรมและบันทึกผล

ตอนที่ 1

<u>วัตถุประสงค์ที่ 1</u> เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุและความเร็ว

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

1. ถุงทรายจำนวน 5 ถุง
2. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา 1 เครื่อง
3. หม้อแปลไฟฟ้าโวลต์ต่ำ 1 เครื่อง
4. สายไฟ 1 ชุด

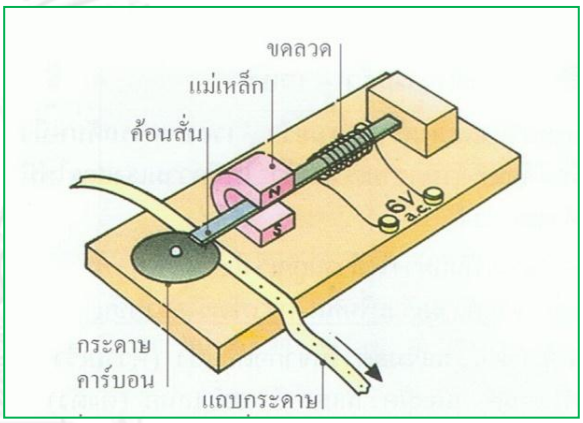
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. แถบกระดาษ/กระดาษคาร์บอน

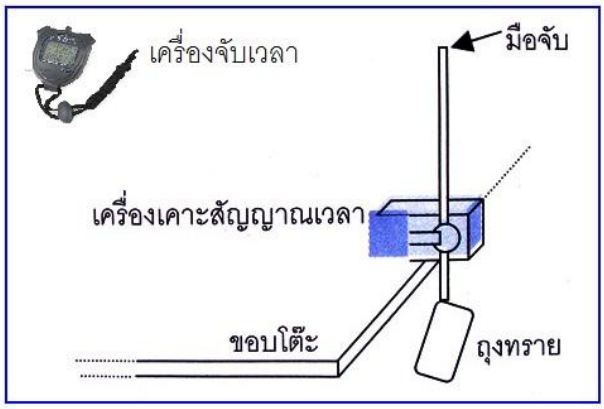
6. เครื่องจับเวลา 1 เครื่อง

วิธีทำกิจกรรม

1. จัดเตรียมเครื่องเคาะสัญญาณเวลาดังรูปภาพที่ 5 และนำสายไฟต่อเข้ากับหม้อแปลงโวลต์ต่ำ 4-6 โวลต์
2. นำแถบกระดาษผ่านช่องใต้คันเคาะของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา โดยให้อยู่ใต้แผ่นกระดาษคาร์บอน



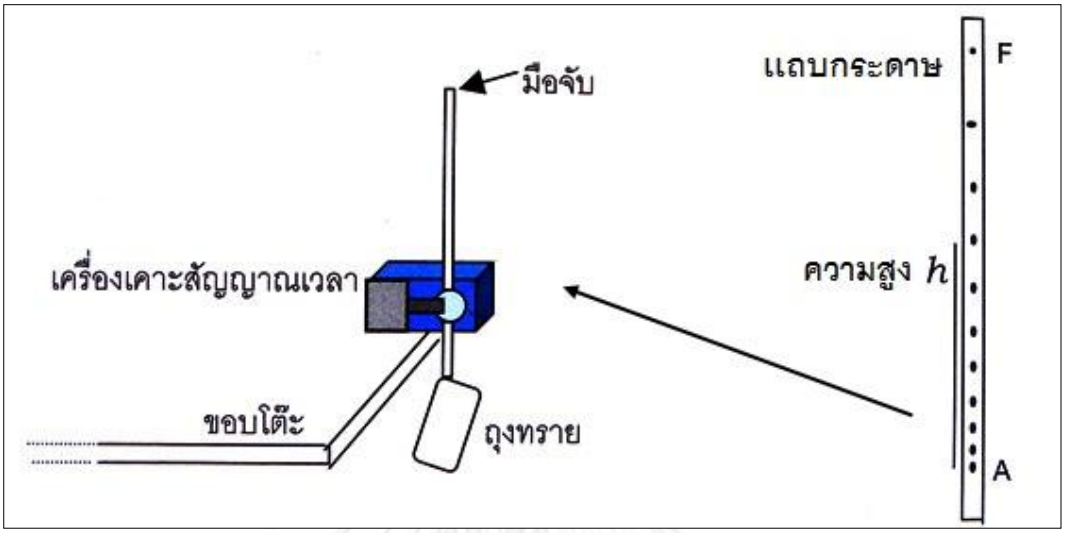
รูปภาพที่ 5 เครื่องเคาะสัญญานเวลา



รูปภาพที่ 6 นำถุงทรายต่อกับแถบกระดาษ

3. นำถุงทรายต่อกับแถบกระดาษที่ปลายด้านหนึ่ง โดยใช้เชือกเชื่อมระหว่างถุงทรายกับแถบกระดาษไว้ และเตรียมจับเวลาของการทดลองแต่ละครั้ง ดังรูปภาพที่ 6

4. เปิดสวิตซ์เครื่องเคาะสัญญาณทำงานและสังเกตแถบกระดาษ เมื่อถุงทรายตกลงสู่พื้นจึงปิดสวิตซ์ จากนั้นจึงนำแถบกระดาษที่ได้มาเขียนข้อความที่ด้านหลังว่า “ถุงทราย 1 ถุง ที่ระดับความสูง 0.15 เมตร”



รูปภาพที่ 6 ลักษณะแถบกระดาษที่ได้จากการทดลอง

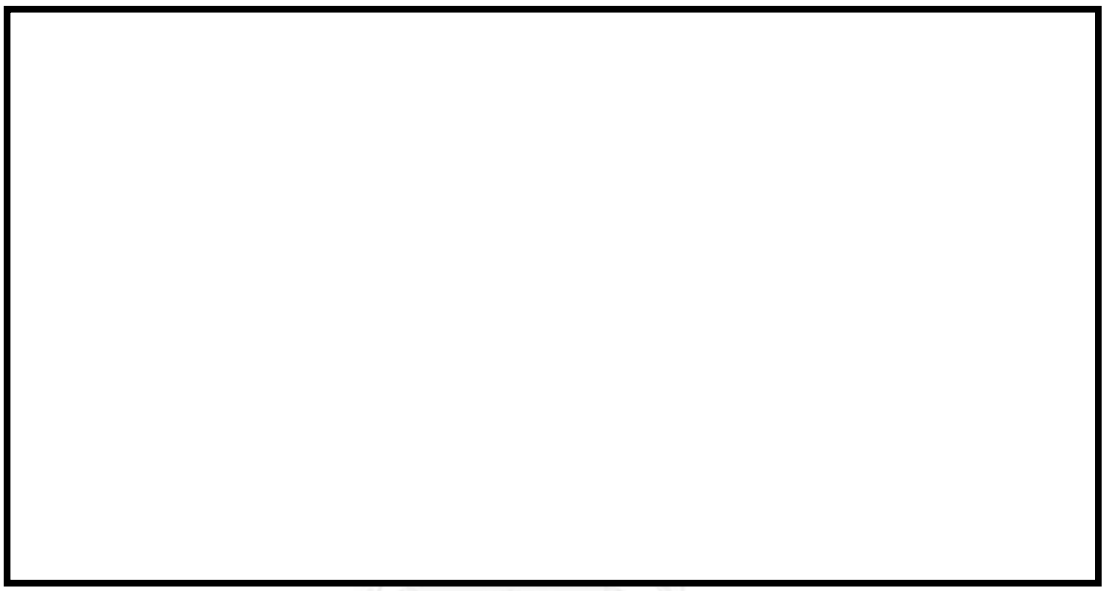
5. ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 2-4 โดยเปลี่ยนระดับความสูงของถุงทรายเป็น 0.30, 0.45, 0.60 และ 0.75 เมตร ตามลำดับ โดยใช้ถุงทรายเพียง 1 ถุงเท่านั้น ดังรูปภาพที่ 6

6. นำข้อมูลระยะทางบนแถบกระดาษซึ่งจะได้จำนวน 5 แถบ มาบันทึกผลลงในตารางที่ 1.1

ตารางที่1.1 ระยะทางบนแถบกระดาษ เวลา ความเร็ว ความเร่ง และแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายที่ระดับความสูงต่างๆ (ถุงทราย 1 ถุงมีค่าเท่ากับ ..... กิโลกรัม)

ครั้งที่	ความสูงในการปล่อยถุงทราย (m)	ระยะทางบนแถบกระดาษ (m)	เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	ความเร่ง (m/s^2)	แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย (N)
1						
2						
3						
4						
5						

ให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง*แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย*และ*ความเร็วของถุงทราย* โดยให้แกนนอนแสดงจำนวนความเร็วของถุงทรายและแกนตั้งแสดงแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย



คำถามตอนที่ เพื่อการวิเคราะห์และสรุปผล

1. เมื่อปล่อยถุงทรายมวลเท่ากัน คือ 0.5 กิโลกรัมที่ระดับความสูงต่างกัน ความเร็วและแรงที่เกิดขึ้นเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

_____

_____

2. จากกิจกรรมตอนที่ 1 ความเร็วของถุงทรายมีทิศทางการเคลื่อนที่อย่างไร

_____

_____

3. จากกิจกรรมตอนที่ 1 แรงที่ทำให้วัตถุหยุดการเคลื่อนที่หมายถึงอะไร

_____

4. นักเรียนคิดว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงที่ทำให้วัตถุหยุดการเคลื่อนที่นั้นคือสิ่งใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

_____

_____

5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายและความเร็วของถุงทรายจะมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด

_____

_____

สรุปผลจากการทำกิจกรรมตอนที่ 1

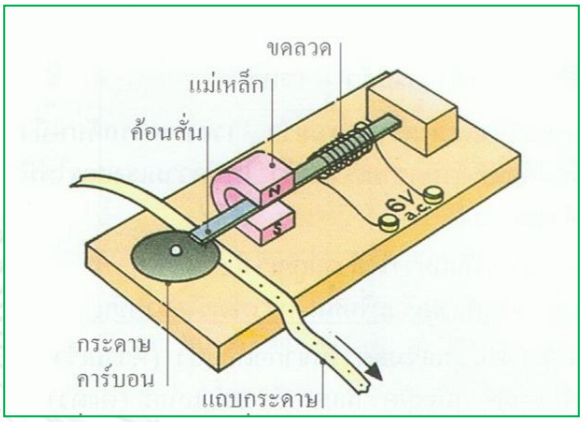
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 2

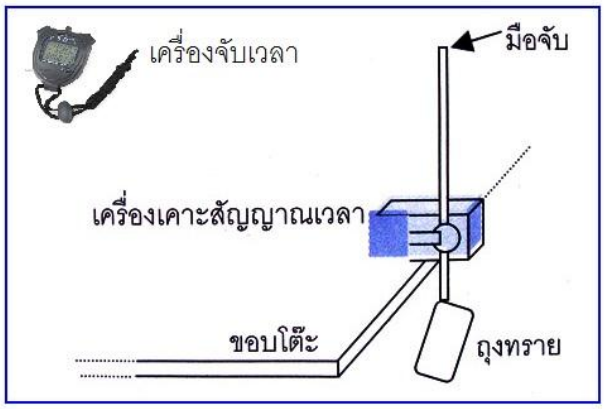
<u>วัตถุประสงค์ที่ 2</u> เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุและมวล

<u>วิธีทำกิจกรรม</u>

1. จัดเตรียมเครื่องเคาะสัญญาณเวลาดังรูปภาพที่ 5 และนำสายไฟต่อเข้ากับหม้อแปลงโวลต์ต่ำ 4-6 โวลต์
2. นำแถบกระดาษผ่านช่องใต้คันเคาะของเครื่องเคาะสัญญาณเวลา โดยให้อยู่ใต้แผ่นกระดาษคาร์บอน



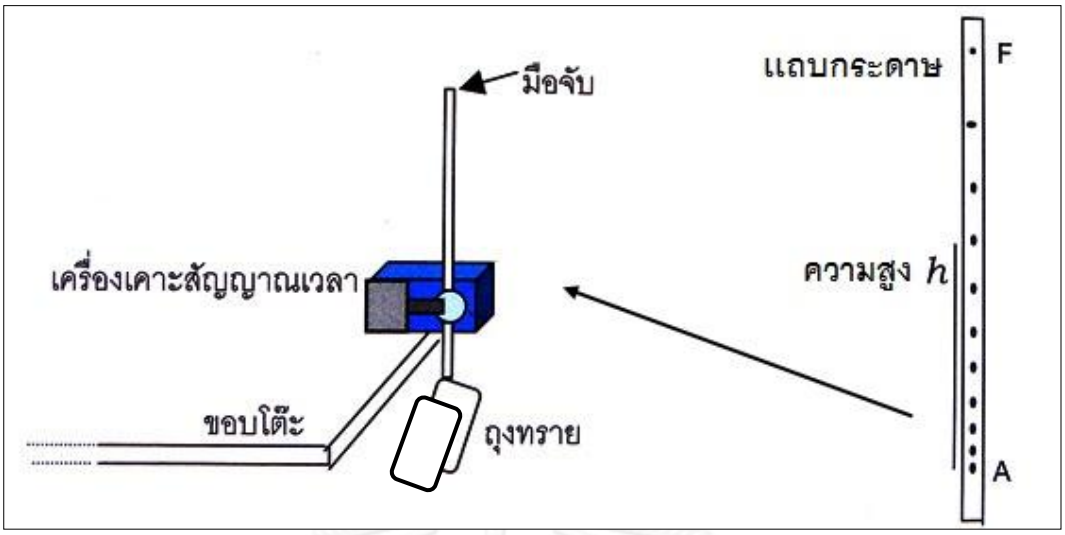
รูปภาพที่ 5 เครื่องเคาะสัญญาณเวลา



รูปภาพที่ 6 นำถุงทรายต่อกับแถบกระดาษ

3. นำถุงทรายต่อกับแถบกระดาษที่ปลายด้านหนึ่ง โดยใช้เชือกเชื่อมระหว่างถุงทรายกับแถบกระดาษไว้ และเตรียมจับเวลาของการทดลองแต่ละครั้ง ดังรูปภาพที่ 6
4. เปิดสวิตซ์เครื่องเคาะสัญญาณทำงานและสังเกตแถบกระดาษ เมื่อถุงทรายตกลงสู่พื้นจึงปิดสวิตซ์ จากนั้นจึงนำแถบกระดาษที่ได้มาเขียนข้อความที่ด้านหลังว่า “ถุงทราย 1 ถุง ที่ระดับความสูง 0.50 เมตร”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปภาพที่ 7 ถุงทรายและลักษณะแถบกระดาษที่ได้จากการทดลอง

5. ทำการทดลองซ้ำในข้อที่ 2-4 โดยเพิ่มจำนวนของถุงทรายเป็น 2, 3, 4 และ 5 ถุง ตามลำดับ โดยใช้ระดับความสูงในการปล่อยถุงทรายเพียง 0.50 เมตร เท่านั้น ดังรูปภาพที่ 7

6. นำข้อมูลระยะทางบนแถบกระดาษซึ่งจะได้จำนวน 5 แถบ มาบันทึกผลลงในตารางที่ 1.2

ตารางที่1.2 ระยะทางบนแถบกระดาษ เวลา ความเร็ว ความเร่ง และแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายที่จำนวนมวลต่างๆ (ถุงทราย 1 ถุงมีมวลเท่ากับ ..... กิโลกรัม)

ครั้งที่	มวลของถุงทราย (kg)	ระยะทางบนแถบกระดาษ (m)	เวลา (s)	ความเร็ว (m/s)	ความเร่ง (m/s^2)	แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย (N)
1						
2						
3						
4						
5						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ให้นักเรียนเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง*แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย*และ*มวลของถุงทราย* โดยให้แกนนอนแสดงจำนวนมวลของถุงทรายและแกนตั้งแสดงแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทราย

คำถามตอนที่ → เพื่อการวิเคราะห์และสรุปผล

1. เมื่อปล่อยถุงทรายที่มีมวลต่างกัน ในระดับความสูงที่เท่ากัน คือ 0.5 เมตร ความเร็วและแรงที่เกิดขึ้นเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

_____

_____

2. นักเรียนคิดว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงที่ทำให้วัตถุหยุดการเคลื่อนที่นั้นคือสิ่งใด

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของถุงทรายและมวลของถุงทรายจะมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใด

_____

_____

สรุปผลจากการทำกิจกรรมตอนที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำถามหลังจากทำกิจกรรมทั้ง 2

เพื่อการวิเคราะห์และสรุปผล

1. แรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุ เรียกว่า _____

2. จากการทดลองทำให้นักเรียนทราบได้ว่าแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง _____

3. เมื่อถุงทรายตกลงสู่พื้น ความเร็วของถุงทรายมีทิศทางการเคลื่อนที่อย่างไร และมีทิศทางเดียวกับโมเมนตัหรือไม่

_____

_____

4. โมเมนตัมคืออะไร

_____

_____

5. มีตัวอย่างเหตุการณ์ใดบ้าง ที่แสดงให้เห็นถึงแรงที่ใช้หยุดการเคลื่อนที่ของวัตถุ

_____

_____

6. นักเรียนสามารถนำประโยชน์ เรื่อง โมเมนตัม ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.2 การแก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับโมเมนตัม

ชื่อ..... ชั้น .....

เลขที่..... กลุ่มที่.....

1. ถ้ารถไฟฟ้า BTS มีผู้โดยสารเต็ม มีมวล 96 ตัน วิ่งด้วยความเร็ว 108 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะมีโมเมนตัมเท่าใด และเป็นกี่เท่าของรถบรรทุกที่มีมวล 16 ตัน ที่วิ่งอยู่ด้วยความเร็ว 54 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2. ถ้ารถบรรทุกที่แล่นไปบนถนนมีมวล 1.5×10^4 กิโลกรัม กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไปทางทิศตะวันออก ดังนั้นโมเมนตัมและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถบรรทุกมีค่าเป็นเท่าใด

เอกสารประกอบกิจกรรมที่ 1.3 บันทึกหลังการเรียนเรื่อง โมเมนตัม

ชื่อ..... ชั้น .....

เลขที่..... กลุ่มที่.....

1. บันทึกหลังการเรียน ในประเด็นดังนี้

1.1 นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร

1.2 นักเรียนประทับใจในการเรียนรู้เรื่องนี้หรือไม่ อย่างไร

1.3 นักเรียนต้องการทราบอะไรเพิ่มเติมอีกบ้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2. คุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

1. คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

(1) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ได้ผลการตรวจสอบ ดังตารางที่ 15

(2) คุณภาพของข้อสอบรายข้อ พิจารณาจากการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ได้ผลดังตารางที่ 2 และเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนกดังตารางที่ 16

ตารางที่ 15 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประเภทการให้เหตุผลแบบอุปนัย

สถานการณ์	พฤติกรรมบ่งชี้	ข้อสอบ	IOC	ความหมาย
1. อุบัติเหตุรถบัส	ระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์	ข้อสอบข้อที่ 1.1	1	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุสาเหตุของสถานการณ์ปัญหา	ข้อสอบข้อที่ 1.2	1	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบที่นำไปสู่การลงข้อสรุป	ข้อสอบข้อที่ 1.3	1	วัดได้สอดคล้อง
2. ศักยภาพด้านพลังงานของประเทศในอาเซียน	ระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์	ข้อสอบข้อที่ 2.1	0.5	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุสาเหตุของสถานการณ์ปัญหา	ข้อสอบข้อที่ 2.2	0.5	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบที่นำไปสู่การลงข้อสรุป	ข้อสอบข้อที่ 2.3	0.5	วัดได้สอดคล้อง
3. ฟิสิกส์ของสเก็ตน้ำแข็ง	ระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์	ข้อสอบข้อที่ 3.1	1	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุสาเหตุของสถานการณ์ปัญหา	ข้อสอบข้อที่ 3.2	0.5	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบที่นำไปสู่การลงข้อสรุป	ข้อสอบข้อที่ 3.3	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 15 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประเภทการให้เหตุผลแบบอุปนัย (ต่อ)

สถานการณ์	เกณฑ์การประเมิน	ข้อสอบ	IOC	ความหมาย
4. สะพานสื่อความสมดุล	ระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์	ข้อสอบข้อที่ 4.1	1	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุสาเหตุของสถานการณ์ปัญหา	ข้อสอบข้อที่ 4.2	1	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบที่นำไปสู่การลงข้อสรุป	ข้อสอบข้อที่ 4.3	1	วัดได้สอดคล้อง
5. โมเมนตัมและการดล	ระบุข้อสรุปของสถานการณ์โดยใช้ข้อเท็จจริงและหลักฐานเชิงประจักษ์	ข้อสอบข้อที่ 5.1	1	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุสาเหตุของสถานการณ์ปัญหา	ข้อสอบข้อที่ 5.2	0.5	วัดได้สอดคล้อง
	ระบุวิธีการสำรวจตรวจสอบที่นำไปสู่การลงข้อสรุป	ข้อสอบข้อที่ 5.3	0.5	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 16 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โรงเรียนนนทรีวิทยา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 40 คน

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ความหมาย	สรุป
1.1	0.57	ปานกลาง	0.29	พอใช้	นำไปใช้ได้
1.2	0.30	ค่อนข้างยาก	0.35	พอใช้	นำไปใช้ได้
1.3	0.69	ค่อนข้างง่าย	0.28	พอใช้	นำไปใช้ได้
2.1	0.32	ค่อนข้างยาก	0.25	พอใช้	นำไปใช้ได้
2.2	0.57	ปานกลาง	0.57	ดี	นำไปใช้ได้
2.3	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.22	พอใช้	นำไปใช้ได้
3.1	0.30	ค่อนข้างยาก	0.35	พอใช้	นำไปใช้ได้
3.2	0.65	ค่อนข้างยาก	0.57	ดี	นำไปใช้ได้
3.3	0.50	ปานกลาง	0.31	พอใช้	นำไปใช้ได้
4.1	0.35	ค่อนข้างยาก	0.32	พอใช้	นำไปใช้ได้
4.2	0.69	ค่อนข้างง่าย	0.28	พอใช้	นำไปใช้ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ความหมาย	สรุป
4.3	0.45	ปานกลาง	0.24	พอใช้	นำไปใช้ได้
5.1	0.69	ค่อนข้างง่าย	0.45	ดี	นำไปใช้ได้
5.2	0.45	ปานกลาง	0.55	ดี	นำไปใช้ได้
5.3	0.30	ค่อนข้างยาก	0.22	พอใช้	นำไปใช้ได้

2. คุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ประกอบด้วย

(1) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมิน ได้ผลการตรวจสอบ ดังตารางที่ 17

(2) คุณภาพของข้อสอบรายข้อ พิจารณาจากการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ได้ผลดังตารางที่ 2 และเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนกดังตารางที่ 18

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ข้อสอบ	IOC	ความหมาย
1. ด้านความรู้	รับรู้และจำความรู้เกี่ยวกับโมเมนตัมได้	ข้อสอบข้อที่ 1	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	รับรู้และจำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง แรงและการเปลี่ยน	ข้อสอบข้อที่ 3	0.75	วัดได้สอดคล้อง

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ข้อสอบ	IOC	ความหมาย
	โมเมนตัมได้			
	รับรู้และจำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การดลและแรงดลได้	ข้อสอบข้อที่ 6	1	วัดได้สอดคล้อง
	รับรู้และจำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่น และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้	ข้อสอบข้อที่ 10	1	วัดได้สอดคล้อง
	รับรู้และจำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การชนในหนึ่งมิติ การระเบิด และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้	ข้อสอบข้อที่ 11	1	วัดได้สอดคล้อง
	รับรู้และจำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การชน และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้	ข้อสอบข้อที่ 12	0.75	วัดได้สอดคล้อง
2. ด้านความเข้าใจ	อธิบายเกี่ยวกับ เรื่อง โมเมนตัมได้	ข้อสอบข้อที่ 2	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายเกี่ยวกับ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมได้	ข้อสอบข้อที่ 4	0.75	วัดสอดคล้อง
	อธิบายความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การดลและแรงดลได้	ข้อสอบข้อที่ 7	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การดลและแรงดลได้	ข้อสอบข้อที่ 8	0.75	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน (ต่อ)

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ข้อสอบ	IOC	ความหมาย
2. ด้านความเข้าใจ	อธิบายความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	ข้อสอบข้อที่ 13	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การชนแบบยืดหยุ่นและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้	ข้อสอบข้อที่ 14	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	แปลความหมายทิศทางของวัตถุหลังจากการระเบิดได้	ข้อสอบข้อที่ 15.1	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายเกี่ยวกับ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่นและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้	ข้อสอบข้อที่ 17.3	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	อธิบายเกี่ยวกับ เรื่อง การชนในหนึ่งมิติและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้	ข้อสอบข้อที่ 18.5	0.75	วัดได้สอดคล้อง
3. ด้านการนำความรู้ไปใช้	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง โมเมนตัมไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับอุบัติเหตุบั้งไฟได้	ข้อสอบข้อที่ 15.2	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง โมเมนตัมไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงดิสนีย์ออนไอซ์ได้	ข้อสอบข้อที่ 18.1	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม	ข้อสอบข้อที่ 5	0.75	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ข้อสอบ	IOC	ความหมาย
	ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับกีฬาเทนนิสได้			
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การดลไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับกีฬาเทเบิลเทนนิสได้	ข้อสอบข้อที่ 9.1	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การดลและแรงดลไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับกีฬาเทเบิลเทนนิสได้	ข้อสอบข้อที่ 9.2	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การระเบิด กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และการรวมเวกเตอร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับอุบัติเหตุบั้งไฟได้	ข้อสอบข้อที่ 15.3	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การระเบิดและกฎการเคลื่อนที่ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับอุบัติเหตุบั้งไฟได้	ข้อสอบข้อที่ 15.4	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง โมเมนตัม การชนในสองมิติ และการรวมเวกเตอร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาใน	ข้อสอบข้อที่ 16.1	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน (ต่อ)

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ข้อสอบ	IOC	ความหมาย
3. ด้านการนำความรู้ไปใช้	สถานการณ์เกี่ยวกับอุบัติเหตุรถยนต์ได้			
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การชนในสองมิติ และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับอุบัติเหตุรถยนต์ได้	ข้อสอบข้อที่ 16.2	1	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การชนในสองมิติไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับอุบัติเหตุรถยนต์ได้	ข้อสอบข้อที่ 16.3	0.75	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงานไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงกายกรรมฉางซาได้	ข้อสอบข้อที่ 17.1	1	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การชนแบบไม่ยืดหยุ่น และทฤษฎีบทงานและพลังงานจลน์ไปใช้ในการ	ข้อสอบข้อที่ 17.2	1	วัดได้สอดคล้อง

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	ข้อสอบ	IOC	ความหมาย
	แก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงกายกรรมฉางซาได้			
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การชนในหนึ่งมิติ การชนแบบไม่ยืดหยุ่น และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงดิสนีย์ออนไอซ์ได้	ข้อสอบข้อที่ 18.2	1	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การระเบิด และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงดิสนีย์ออนไอซ์ได้	ข้อสอบข้อที่ 18.3	1	วัดได้สอดคล้อง
	นำความรู้เกี่ยวกับ เรื่อง การชนในหนึ่งมิติ การระเบิด และทฤษฎีบทงานและพลังงานจลน์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการแสดงดิสนีย์ออนไอซ์ได้	ข้อสอบข้อที่ 18.4	0.75	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 18 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โรงเรียนนนทรีวิทยา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 40 คน

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ความหมาย	สรุป
1	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
2	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.30	พอใช้	นำไปใช้ได้
3	0.24	ค่อนข้างยาก	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
4	0.32	ค่อนข้างยาก	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
5	0.27	ค่อนข้างยาก	0.60	ดีมาก	นำไปใช้ได้
6	0.24	ค่อนข้างยาก	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
7	0.38	ค่อนข้างยาก	0.30	พอใช้	นำไปใช้ได้
8	0.30	ค่อนข้างยาก	0.50	ดี	นำไปใช้ได้
9.1	0.24	ค่อนข้างยาก	0.31	พอใช้	นำไปใช้ได้

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ความหมาย	สรุป
9.2	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
10	0.46	ปานกลาง	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
11	0.24	ค่อนข้างยาก	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
12	0.24	ค่อนข้างยาก	0.40	ดี	นำไปใช้ได้
13	0.59	ปานกลาง	0.60	ดีมาก	นำไปใช้ได้
14	0.27	ค่อนข้างยาก	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
15.1	0.51	ปานกลาง	0.40	ดี	นำไปใช้ได้
15.2	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
15.3	0.24	ค่อนข้างยาก	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
15.4	0.24	ค่อนข้างยาก	0.30	พอใช้	นำไปใช้ได้
16.1	0.54	ปานกลาง	0.60	ดีมาก	นำไปใช้ได้
16.2	0.54	ปานกลาง	1.00	ดีมาก	นำไปใช้ได้

ตารางที่ 18 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง โมเมนตัมและการชน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โรงเรียนนนทรีวิทยา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 40 คน (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ความหมาย	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ความหมาย	สรุป
16.3	0.35	ค่อนข้างยาก	0.50	ดี	นำไปใช้ได้
17.1	0.38	ค่อนข้างยาก	0.50	ดี	นำไปใช้ได้
17.2	0.57	ปานกลาง	0.60	ดีมาก	นำไปใช้ได้
17.3	0.24	ค่อนข้างยาก	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
18.1	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
18.2	0.30	ค่อนข้างยาก	0.30	พอใช้	นำไปใช้ได้
18.3	0.32	ค่อนข้างยาก	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้
18.4	0.32	ค่อนข้างยาก	0.30	พอใช้	นำไปใช้ได้
18.5	0.49	ปานกลาง	0.21	พอใช้	นำไปใช้ได้

ตารางที่ 19 เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนก (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2544: 18 อ้างถึงใน ไพศาล วรคำ. 2554: 296)

ความยาก (p)	**ความหมาย**	**อำนาจจำแนก (r)**	**ความหมาย**
0.80 – 1.00	ง่ายมาก	0.60 – 1.00	ดีมาก
0.60 – 0.79	ค่อนข้างง่าย	0.40 – 0.59	ดี
0.40 – 0.59	ปานกลาง	0.20 – 0.39	พอใช้
0.20 – 0.39	ค่อนข้างยาก	0.10 - 0.19	ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง
0.00 – 0.19	ยากมาก	0.00 – 0.09	ต่ำมาก ต้องปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ขั้นตอนแบบอนุมานเบื้องต้น

ตัวอย่างภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้น

เรื่อง โมเมนตัมและการชน

ขั้นที่ 5 รวบรวมหลักฐาน

นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองและบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ เรื่อง แรงและการเปลี่ยนโมเมนตัม (กิจกรรมการทดลองการปาและปล่อยลูกบอล)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อุปกรณ์การทดลองที่นักเรียนใช้ในการสังเกตการณ์เคลื่อนที่ของแบบจำลองไข่ดิบที่ตกกระทบพื้น เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ เรื่อง การดลและแรงดล (กิจกรรมการทดลองไข่ดิบผู้รอดชีวิต)

นักเรียนสังเกตการณ์เคลื่อนที่ของแบบจำลองไข่ดิบที่ตกกระทบพื้น เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ เรื่อง การดลและแรงดล (กิจกรรมการทดลองไข่ดิบผู้รอดชีวิต)

ขั้นที่ 7 การนำเสนอ

นักเรียนแต่ละกลุ่มเตรียมนำเสนอข้อมูล โดยนำข้อมูลได้จากการสังเกต การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำใหม่

นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อมูลและผลการทดลองที่ได้ในรูปแบบต่างๆ

Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจุฬาลักษณ์ ยิ้มดี เกิดวันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2530 ภูมิลำเนาจังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2551

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University