ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถาม
ตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์
และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นายอทิติย์ ชูตระกูลวงศ์

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 INQUIRY INSTRUCTION USING QUESTIONS BASED ON BLOOM'S TAXONOMY OF EDUCATIONAL OBJECTIVES ON PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT AND INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Artiti Chutrakoolwong

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	ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นายอทิติย์ ชูตระกูลวงศ์
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิตา รักษ์พลเมือง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วีระชาติ สวนไพรินทร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อทิติย์ ชูตระกูลวงศ์ : ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (EFFECTS OF INQUIRY INSTRUCTION USING QUESTIONS BASED ON BLOOM'S TAXONOMY OF EDUCATIONAL OBJECTIVES ON PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT AND INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.อลิศรา ชูชาติ, 192 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม (2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป (3) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม และ (4) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.85 และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.78 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์คิดเป็นร้อยละ 76.43 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70

2. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5383433427 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT / INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS / INQUIRY INSTRUCTION USING QUESTIONS BASED ON BLOOM'S TAXONOMY OF EDUCATIONAL OBJECTIVES

ARTITI CHUTRAKOOLWONG: EFFECTS OF INQUIRY INSTRUCTION USING QUESTIONS BASED ON BLOOM'S TAXONOMY OF EDUCATIONAL OBJECTIVES ON PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT AND INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASST. PROF. ALISARA CHUCHAT, Ph.D., 192 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this study were to (1) study the physics learning achievement of upper secondary school students who learned through inquiry instruction using questions based on bloom's taxonomy of educational objectives, (2) compare the physics learning achievement of students between an experimental group that learned through inquiry instruction using questions based on bloom's taxonomy of educational objectives and a control group that learned through a conventional teaching method, (3) compare the integrated science process skills of students between, before and after learning science through inquiry instruction using questions based on bloom's taxonomy of educational objectives, and (4) compare the integrated science process skills of students between the experimental group and the control group. The samples were two classes of Mathayom Suksa 4 students of school in Amphoe Hua-Hin, Prachuapkhirikhan Province during the second semester of the academic year of 2013. The research instruments were a physics learning achievement test with reliability at 0.85 and an integrated science process skills with reliability at 0.78. The collected data was analyzed by means of percentage, standard deviation and a t-test.

The research findings were summarized as follows

1. After the experiment, the average scores of physics learning achievement of the experimental group was 76.43 percent which was higher than the criterion score set at 70 percent

2. After the experiment, the percentage average scores of physics learning achievement of the experimental group was higher than the control group at .05 level of significance.

3. After the experiment, the experimental group had an percentage average scores of integrated science process skills higher than before the experiment at .05 level of significance.

4. After the experiment, the experimental group had an percentage average scores of integrated science process skills higher than the control group at .05 level of significance.

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์และมีคุณค่าต่อการวิจัย รวมถึงการอบรม สั่งสอน ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการประกอบวิชาชีพครูในอนาคต ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในพระคุณของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ วีระชาติ สวนไพรินทร์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร และคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ ในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกแด่ลูกศิษย์คนนี้ในระหว่างการดำเนินการวิจัย ตลอดจนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 และ 4/2 ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติทุกท่าน ที่คอยห่วงใย เป็นกำลังใจ และสนับสนุนให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุน และให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามการวิจัย 8

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8

สมมติฐานของการวิจัย 9

ขอบเขตของการวิจัย 10

ข้อตกลงเบื้องต้น 11

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 11

กรอบแนวคิดในการวิจัย 13

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

1. การเรียนการสอนแบบสืบสอบกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 16

1.1 ความสำคัญของการเรียนการสอนแบบสืบสอบกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 16

1.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 18

1.3 ความหมายของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 19

1.4 ประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 21

1.5 ขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 23

1.6 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 27

2. การใช้คำถามในการเรียนการสอน 30

2.1 ความสำคัญของการใช้คำถามในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 30

2.2 ประเภทของคำถามในการเรียนการสอน 31

2.3 ลักษณะของคำถามที่ดีในการเรียนการสอน 58

หน้า

2.4 วิธีการถามคำถามที่ดีในการเรียนการสอน 59
2.5 เทคนิคการใช้คำถามที่ดีในการเรียนการสอน 62
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 63
3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 63
3.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 64
3.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 69
3.4 การสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 70
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 72
4.1 ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 72
4.2 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 73
4.3 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 74
4.4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน 88
4.5 พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน 97
4.6 แนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 102
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 105
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 111
1. รูปแบบการวิจัย 111
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 112
3. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย 113
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 122
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 123
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 124
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ 125
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน 126
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 129
สรุปผลการวิจัย 129
อภิปรายผล 130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ข้อเสนอแนะ 132
รายการอ้างอิง 133
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 145
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 147
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 156
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 185
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 192

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบสำคัญและระดับการสืบสอบ 17
ตารางที่ 2 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ 83
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนจำนวน 3 ห้องเรียน และค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test) 113
ตารางที่ 4 การทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ (Post Hoc Tests) โดยสถิติทดสอบ Bonferroni 113
ตารางที่ 5 จำนวนข้อสอบในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จำแนกตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด 115
ตารางที่ 6 จำนวนข้อของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน จำแนกตามพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน 117
ตารางที่ 7 จำแนกเนื้อหาและจำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ 120
ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง 125
ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลอง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ 125
ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนการทดลอง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ 126
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง 127
ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานหลังการทดลอง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ 128
ตารางที่ 13 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ จำนวน 40 ข้อ 186

ตารางที่ 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ 187
ตารางที่ 15 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน จำนวน 30 ข้อ..... 189
ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบที่ต้องการวัดของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน 190

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 14
ภาพที่ 2 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design..... 111

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในโลกสังคมปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตทุกคน ทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่างๆ เครื่องมือเครื่องใช้ ตลอดจนผลผลิตต่างๆ และวิทยาศาสตร์มีส่วนในการพัฒนามนุษย์ ทั้งความเจริญทางวัตถุและทางด้านจิตใจ ทำให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ คิดวิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ รวมทั้งวิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge based Society) ที่ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1993; National Research Council [NRC], 1996; Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2013; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2556ข) เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม

ความรู้ในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องสอนให้นักเรียนได้รู้วิธีการที่จะเรียนรู้ (Learn how to learn) มากกว่าเนื้อหาความรู้ (ประเวศ วะสี, 2541: 72; ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2545; 6) ดังจะเห็นได้จากแนวการจัดการเรียนรู้ที่กระทรวงศึกษาธิการ (2551: 1) ระบุว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น เพื่อให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น มีทักษะในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้น มีเหตุผล รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และรู้จักใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีความรักในวิชาวิทยาศาสตร์ มีความสนใฝ่รู้ สามารถนำความรู้ ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต (กรมวิชาการ, 2545: 9)

วิทยาศาสตร์มิได้มุ่งเฉพาะแต่เนื้อหาสาระ แต่ยังครอบคลุมไปถึงกระบวนการแสวงหาความรู้ การใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 14) ที่กล่าวว่า ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าหาความรู้ ซึ่งจะประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพราะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เกิดจากการค้นคว้าทดลองซึ่งผู้ทดลองมีโอกาสฝึกฝนทั้งด้านการปฏิบัติและพัฒนาด้านการคิดอย่างมีระบบ ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรเน้นให้นักเรียนรู้จักและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ต่างๆ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544: ค) การได้มาซึ่งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นอกเหนือไปจากสาระความรู้ ถือว่าเป็นคุณค่าสูงสุดของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะไม่เพียงแต่นักเรียนจะใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ ความเข้าใจในสาระความรู้เท่านั้น นักเรียนยังใช้ทักษะดังกล่าวเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายนอกห้องเรียนอีกด้วย ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเป็นทักษะที่จำเป็นที่ใช้ในการแก้ปัญหา จากความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ถึงแม้เนื้อหาสาระจะเปลี่ยนแปลงไปตามสาระความรู้ แต่สิ่งที่ไม่เปลี่ยนแปลงคือวิธีการที่ได้มาซึ่งสาระความรู้ใหม่นั้นต้องอาศัยการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั่นเอง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Enger and Yager, 2001) ประกอบด้วยทักษะต่างๆ 13 ทักษะ ที่สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) ประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การใช้เลขจำนวน การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสสเปสกับเวลา การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การพยากรณ์ 2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (Integrated Science Process Skills) ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548)

เมื่อพิจารณาผลการประเมินโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ที่ประเมินผลการศึกษาของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ในปี พ.ศ.2543 พ.ศ.2546 พ.ศ.2549 พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2555 ในภาพรวมนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) เท่ากับ 421, 432, 429, 425 และ 444 คะแนน ตามลำดับ ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยที่มีค่า 500 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556ข) และผลจากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติของสมาคมนานาชาติเพื่อการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (International Association for Assessment in Education: IEA) หรือที่เรียกว่า TIMSS (Trend in International Mathematics and Science Study) ซึ่งในปัจจุบันมีประเทศ

เข้าร่วมโครงการทั้งหมด 63 ประเทศ 14 รัฐ พบว่า ในปี พ.ศ.2542 พ.ศ.2550 และ พ.ศ.2554 ในภาพรวมนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 482, 471 และ 451 คะแนน ตามลำดับ ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติที่มีค่า 500 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) โดยขอบเขตของการประเมินครอบคลุม 2 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (Content Domain) ประกอบด้วย 4 กลุ่มวิชา คือ ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์และอวกาศ และ 2) ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ประกอบด้วยพฤติกรรมการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ ความรู้และความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ความรู้ และการบูรณาการความรู้และการใช้เหตุผล เมื่อพิจารณาผลการทดสอบในปี พ.ศ. 2554 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์จำแนกตามเนื้อหาวิชาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ เท่ากับ 460, 436, 430 และ 466 คะแนน ตามลำดับ ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติที่มีค่า 500 คะแนน ในด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญา มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติที่มีค่า 500 คะแนน ทุกด้าน โดยมีคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้และความเข้าใจ 443 คะแนน การประยุกต์ใช้ความรู้ 451 คะแนน และการบูรณาการความรู้และการใช้เหตุผล 453 คะแนน ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติที่มีค่า 500 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) สอดคล้องกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน หรือ O-NET (Ordinary National Educational Test) พบว่า ผลการทดสอบวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในปี พ.ศ.2553 พ.ศ.2554 และพ.ศ.2555 มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 ทั้ง 3 ปี โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 30.90, 27.90 และ 33.10 คะแนน ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556: ออนไลน์) และผลการทดสอบความถนัดทางวิชาชีพและวิชาการ หรือ PAT (Professional Aptitude Test) ในส่วนของความถนัดทางด้านวิทยาศาสตร์ (PAT 2) พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายครั้งที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2555 ครั้งที่ 2 ตุลาคม พ.ศ.2555 และครั้งที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2556 เท่ากับ 91.59, 88.27 และ 86.20 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 300 คะแนน ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 เช่นกัน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556: ออนไลน์) จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการเรียนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะรายวิชาฟิสิกส์ของประเทศยังเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

การพัฒนานักเรียนให้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นเป้าหมายหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันยังไม่บรรลุจุดมุ่งหมาย เนื่องจากในการสอนวิทยาศาสตร์ครูจะเน้นเนื้อหามากเกินไป นักเรียนไม่ได้ปฏิบัติการทดลองจริง การสอนด้วยวิธีบรรยายไม่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้นักเรียนขาดการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการคิด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546ข: 5) สอดคล้องกับ

การศึกษาของ Germann, et al. (1996), Stohr-Hunt (1996), สมปอง จันทราวุธ (2538), อรวรรณ สุวรรณรัตน์ (2539) และ อุษา นาคทอง (2550) ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานอยู่ในระดับปานกลางในทักษะการคำนวณ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร และการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ทิศนา แขมมณี (2553: 16-17) ได้กล่าวว่า ครูผู้สอนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอน เนื่องจากครูเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการ รูปแบบการเรียนการสอน รวมถึงสื่อและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน ดังนั้นการจัดการศึกษาจะประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใดนั้น ปัจจัยสำคัญส่วนหนึ่งมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครู ซึ่งการสอนเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีได้หลากหลายวิธีและวิธีการสอนที่ดีก็คือวิธีสอนที่ใช้ได้อย่างเหมาะสมกับสภาพนักเรียน ห้องเรียนและครู สอดคล้องกับผลการวิจัยของพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2530) ที่พบว่า กลวิธีการสอนของครู คุณภาพของกลวิธีการสอน และพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนขณะเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรให้นักเรียนได้เรียนองค์ความรู้ต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทั้งความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาความรู้ด้วยตนเอง ให้ผู้เรียนเป็นผู้คิด ลงมือปฏิบัติ และมีวิธีการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย ในการแสวงหาความรู้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม คือ การเรียนการสอนแบบสืบสอบ (inquiry method) (สุนีย์ คล้ายนิล, 2544: 16) ซึ่ง พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) ได้อธิบายการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบ คือ การเรียนการสอนที่ครูมุ่งให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อนำไปสู่การค้นพบคำตอบและข้อสรุปของบทเรียนด้วยตัวของนักเรียนเอง

การเรียนการสอนแบบสืบสอบเริ่มครั้งแรกเมื่อ Schwab (1962) นักวิทยาศาสตร์และนักปรัชญาการศึกษาได้เสนอแนวคิดว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเป็นกระบวนการสืบสอบหาความรู้ (Teaching as Inquiry) โดยนักเรียนเป็นผู้ใช้กระบวนการคิดหาเหตุผล ซึ่งตรงกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ซึ่งนักเรียนถูกกำหนดบทบาทให้เป็นผู้ค้นหาความรู้เอง และนำความรู้มาแก้ปัญหา เพื่อตอบสนองความอยากรู้ อยากเห็นของตนเอง เนื่องจากในช่วงทศวรรษ 1960 ปรัชญาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เริ่มมีการเปลี่ยนแปลง นักปราชญ์ นักวิทยาศาสตร์ และนักการศึกษาวิทยาศาสตร์เริ่มเสนอแนวคิดว่า วิทยาศาสตร์ไม่ใช่เรื่ององค์ความรู้ต่อไป แต่วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการสืบสอบหาความรู้ที่ไม่อยู่นิ่ง (Dynamic Process of

Science) และเป็นกระบวนการของการคิดและการปฏิบัติ เป็นแนวทางของการที่จะได้มาซึ่งความรู้ใหม่ ซึ่งต่อมา Suchman (1962 cited in Joyce and Weil, 2009) ได้ริเริ่มพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งเรียกว่า รูปแบบการฝึกการสืบสอบ (Inquiry Training Model) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเผชิญปัญหา (Confrontation with the problem) 2) ขั้นรวบรวมข้อมูลเพื่อการพิสูจน์ความจริง (Data Gathering-Verification) 3) ขั้นรวบรวมข้อมูลเพื่อการทดลอง (Data Gathering-Experimentation) 4) ขั้นจัดกระทำข้อมูลและสร้างคำอธิบาย (Organizing, Formulating an Explanation) และ 5) ขั้นวิเคราะห์กระบวนการสืบสอบ (Analysis of the Inquiry Process)

จากการศึกษาของนักการศึกษาหลายท่านที่ได้เสนอขั้นตอนของการเรียนการสอนแบบสืบสอบเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้จัดการเรียนการสอน ซึ่งแต่ละท่านได้เสนอขั้นตอนไว้แตกต่างกัน แต่มีความคล้ายคลึงกันในแง่ของกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนจะต้องดำเนินการสืบสอบหาความรู้ (Jacobsen et al., 1985; Lawson, 1995; Mark and Helen, (2000 cited in NRC, 1996 and AAAS, 1993); Eggen and Kuachak, 2006) สามารถสรุปเป็นขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเผชิญปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือเกิดปัญหา เกิดความต้องการค้นหาคำตอบของปัญหา โดยครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้กำหนดปัญหา 2) ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เน้นให้นักเรียนปฏิบัติงานกลุ่ม ได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลมาจัดกระทำในรูปแบบต่างๆ ที่จะใช้อ้างอิงในการตรวจสอบสมมติฐาน โดยนักเรียนจัดกระทำหรือแปลความหมายข้อมูลนั้น อันจะนำไปสู่การสร้างคำอธิบายให้กับสถานการณ์ปัญหานั้น และ 4) ขั้นลงข้อสรุปและนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำหลักฐานหรือหลักการมาอ้างเพื่อสรุปเป็นแนวคิดหรือสาระหลักของบทเรียนแล้วนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

การใช้คำถาม เป็นเทคนิคสำคัญเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่มุ่งให้นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าหาความรู้ แก้ปัญหา และสรุปแนวคิดหลักได้ด้วยตนเอง ด้วยการใช้คำถามเป็นสื่อนำในการเรียนรู้ อาจจะเป็นการถามด้วยวาจาระหว่างผู้สอนกับนักเรียน หรือระหว่างนักเรียนกับนักเรียน บทบาทของคำถามในการสอนให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองมี 3 แบบ คือ แบบที่ผู้สอนเป็นผู้ถามคำถาม (passive inquiry) แบบที่นักเรียนเป็นผู้ถามคำถาม (active inquiry) และแบบที่ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันถามคำถาม (combined inquiry) ซึ่งการใช้คำถามที่เหมาะสมจะทำให้ได้ประโยชน์ในการเรียนการสอน (ภพ เลาหไพบูลย์, 2537: 157) สอดคล้องกับ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 111) ที่กล่าวว่า ในยุคปฏิรูปการศึกษา เป็นยุคที่ได้มีความพยายามให้ครูและบุคลากรที่เกี่ยวข้องเปลี่ยนกระบวนทัศน์การเรียนรู้จากการสอนที่เน้นการอธิบายมาเป็นการใช้วิธีให้นักเรียนคิดจนสามารถสร้างความรู้ใหม่ด้วยตัวนักเรียนเองได้ ให้ครูเปลี่ยนกระบวนทัศน์จากการเป็นผู้บอก มาเป็นผู้อำนวยความสะดวก จัดเตรียมประสบการณ์การเรียนรู้เป็นผู้ใช้คำถาม ดังนั้นครูจึงต้องมีทักษะในการใช้คำถาม มีเทคนิคการใช้คำถามซึ่งการตั้งคำถามที่ดี มีประสิทธิภาพจะช่วยพัฒนาระดับความคิดของนักเรียนได้เป็นอย่างดี (Carin and Sund, 1971 อ้างถึงใน ฉลอง รุ่งเรือง, 2538) ดังนั้น คำถามจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเรียนการสอนที่ครูใช้สำหรับกระตุ้นการคิดและการค้นคว้าหาความรู้ของนักเรียน โดยครูเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมและฝึกฝนการคิดของนักเรียน

การใช้คำถามเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนซึ่งสามารถพัฒนาความรู้ความคิด และความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียนได้ (Feden and Vogel: 2003) พฤติกรรมการเรียนรู้ทางด้านสติปัญญา ความรู้ความคิด เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมด้านผลสัมฤทธิ์ (Achievement) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของวัตถุประสงค์ทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม (Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive Domain) ซึ่งบลูม (Bloom) ได้จำแนกวัตถุประสงค์ทางการศึกษา เรียกว่า Taxonomy of Educational Objectives ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) และด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) (Bloom, 1956)

วัตถุประสงค์ทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นพฤติกรรมความสามารถทางสมอง ความรู้ความคิดในเรื่องราวต่างๆ แบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ 1) ความรู้ความจำ (Knowledge) 2) ความเข้าใจ (Comprehension) 3) การนำไปใช้ (Application) 4) การวิเคราะห์ (Analysis) 5) การสังเคราะห์ (Synthesis) และ 6) การประเมินค่า (Evaluation) วัตถุประสงค์ทางการศึกษาด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับความรู้สึกบุคลิกภาพ ลักษณะนิสัยของบุคคล แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ 1) การรับรู้ (Receiving) 2) การตอบสนอง (Responding) 3) การสร้างคุณค่า (Valuing) 4) การจัดระบบ (Organization) และ 5) การสร้างลักษณะนิสัย (Characterization) วัตถุประสงค์ทางการศึกษาด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้อวัยวะต่างๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะระบบประสาทกับระบบกล้ามเนื้อให้สัมพันธ์กัน เช่น การปฏิบัติงาน เป็นต้น แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ 1) การเลียนแบบ (Imitation) 2) การลงมือทำตาม (Manipulation) 3) ความถูกต้องแม่นยำ (Precision) 4) การทำอย่างต่อเนื่อง (Articulation) และ 5) การทำโดยเป็นไปตามธรรมชาติ (Naturalization)

เมื่อพิจารณาวัตถุประสงค์ทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม (Bloom, 1956) เป็นพฤติกรรมด้านปัญญา ซึ่งเป็นความสามารถของสมองในการที่จะเรียนรู้และแก้ปัญหาต่างๆ จำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ พฤติกรรมด้านผลสัมฤทธิ์ (Achievement) และพฤติกรรมทางด้านความถนัดและเชาวน์ปัญญา (Aptitude and Intelligence) โดยเรียงลำดับจากความสามารถขั้นต่ำสุดไปยังสูงสุด คือ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ 6) การประเมินค่า ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้จำแนกประเภทของคำถามตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษาเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยแบ่งตามระดับความสามารถขั้นต่ำสุดไปยังสูงสุด ดังนี้ 1) คำถามขั้นความรู้ความจำ เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการระลึกหรือจำเรื่องราวที่เคยได้เรียนรู้มาแล้ว 2) คำถามขั้นความเข้าใจ เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการแปลความ ตีความ และขยายความ 3) คำถามขั้นการนำไปใช้ เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการนำความรู้ความจำ และความเข้าใจของเรื่องราวที่ได้เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาเรื่องใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกัน โดยใช้หลักการ กฎเกณฑ์ และวิธีดำเนินการต่างๆ 4) คำถามขั้นการวิเคราะห์ เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวหรือเหตุการณ์ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่ามีองค์ประกอบหรือส่วนย่อยๆ อะไรบ้าง และหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยของข้อเท็จจริงของเรื่อง เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง 5) คำถามขั้นการสังเคราะห์ เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการรวบรวมหรือประกอบส่วนย่อยทั้งหลายให้เป็นส่วนรวมที่มีรูปแบบหรือโครงสร้างใหม่ และ 6) คำถามขั้นประเมินค่า เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการนำความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และการสังเคราะห์ มาใช้ในการตัดสินคุณค่าของสิ่งต่างๆ ของเรื่องราว เหตุการณ์ บุคคล ผลงาน ตลอดจนความคิดเห็นและทัศนคติอย่างมีหลักเกณฑ์ (Carin and Sund, 1971; พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับที่ใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม พบว่า การใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สอดคล้องกับงานวิจัย Nelson (1970: 2262-A) ได้ศึกษาผลการใช้คำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม (Bloom) ซึ่งให้ครู 2 ท่าน ใช้วิธีสอน 2 วิธี กับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 คือ สอนโดยใช้คำถามระดับสูง และสอนโดยใช้คำถามระดับต่ำ พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้คำถามระดับสูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้คำถามระดับต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อนันต์ จันทร์กวี (2523) ได้ศึกษาผลการใช้คำถามที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทัศนคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทัศนคติของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ

อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกด้วยสอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติชัย สุธาสิโนบล (2541) ได้ศึกษาผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้การสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม และ เบญจา เรืองเสมอ (2549) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับความรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามปกติ

จากสภาพปัญหาคุณภาพของการศึกษาวิทยาศาสตร์ด้านผู้เรียน รวมทั้งแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลจากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางสำหรับครูวิทยาศาสตร์ที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานต่อไป

คำถามการวิจัย

นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไปหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมและนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป

3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม

4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป

สมมติฐานของการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปว่าการใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังผลการวิจัยของ Nelson (1970) ได้ศึกษาผลการใช้คำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม (Bloom) ซึ่งให้ครู 2 ท่าน ใช้วิธีสอน 2 วิธี กับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 คือ สอนโดยใช้คำถามระดับสูง และสอนโดยใช้คำถามระดับต่ำ พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้คำถามระดับสูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้คำถามระดับต่ำ สอดคล้องกับ อนันต์ จันทร์กวี (2523) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลการใช้คำถามที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทัศนคติของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทัศนคติของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับ กิตติชัย สุธาสิโนบล (2541) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้การสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามและ เบญจา เรืองเสมอ (2549) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับความรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามปกติ

การวิจัยนี้จึงตั้งสมมติฐาน 4 ข้อ ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 10 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วยดังนี้

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ

2.1.1 การเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม

2.1.2 การเรียนการสอนแบบทั่วไป

2.2 ตัวแปรตามคือ

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

2.2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาในหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ประกอบด้วยเรื่อง แรง การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน กฎการเคลื่อนที่ น้ำหนัก กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน แรงเสียดทาน และการนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปใช้

ข้อตกลงเบื้องต้น

ความแตกต่างของเวลาที่จัดการเรียนการสอนในการวิจัยครั้งนี้ ไม่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. การเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม หมายถึง การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่เน้นให้นักเรียนค้นคว้าและสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเผชิญปัญหา 2) ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล และ 4) ขั้นลงข้อสรุปและนำความรู้ไปใช้ โดยเน้นการใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม มีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นเผชิญปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือเกิดปัญหา เกิดความต้องการค้นหาคำตอบของปัญหา โดยครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนกำหนดปัญหา ใช้คำถามระดับความรู้ความจำ และระดับความเข้าใจ ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะการสังเกต ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

2) ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เน้นให้นักเรียนปฏิบัติงานกลุ่ม ได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล ใช้คำถามระดับความเข้าใจ ระดับการนำไปใช้ และระดับการสังเคราะห์ ที่ช่วยส่งเสริมทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ทักษะการทดลอง

3) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลมาจัดกระทำในรูปแบบต่างๆ ที่จะใช้อ้างอิงในการตรวจสอบสมมติฐาน โดยนักเรียนจัดกระทำหรือแปลความหมายข้อมูลนั้น อันจะนำไปสู่การสร้างคำอธิบายให้กับสถานการณ์ปัญหานั้น ใช้คำถามระดับความเข้าใจ ระดับการวิเคราะห์ และระดับการสังเคราะห์ ที่ช่วยส่งเสริมทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

4) ขั้นลงข้อสรุปและนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำหลักฐานหรือหลักการมาอ้างเพื่อสรุปเป็นแนวคิดหรือสาระหลักของบทเรียนแล้วนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ใช้คำถามระดับการนำไปใช้ ระดับการวิเคราะห์ และระดับการสังเคราะห์ ที่ช่วยส่งเสริมทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2. การเรียนการสอนแบบทั่วไป หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนตามคู่มือครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เน้นการสืบสอบ โดยมี 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นกิจกรรม และ 3) ขั้นสรุป

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นการอภิปรายโดยการถามคำถาม เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากรู้คำตอบ และคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า

2) ขั้นกิจกรรม เป็นขั้นที่ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นหาความรู้และคำตอบด้วยตนเอง ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองที่ได้จากการปฏิบัติการทดลอง จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ด้วยตนเอง

3) ขั้นสรุป เป็นขั้นที่ครูนำนักเรียนสรุปความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ฟิสิกส์ หมายถึง ความสามารถด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ โดยวัดจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ Klopfer ที่เน้นพฤติกรรมการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ 1) ความรู้ 2) ความเข้าใจ และ 3) การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน หมายถึง ความชำนาญและความสามารถในการคิดเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหาซึ่งวัดด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยยึดตามแนวทางสมาคมอเมริกันเพื่อการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ประกอบด้วย 5 ทักษะ ดังนี้

4.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการหาข้อสรุปหรืออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร หรือเป็นการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเรื่องนั้นๆ

4.2 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ควบคุมในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหรือปรากฏการณ์หนึ่งๆ และควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่ที่ไม่ต้องการศึกษา แต่อาจมีผลต่อการทดลอง

4.3 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร หมายถึง การกำหนดความหมาย หรือขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษา เพื่อให้เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตวัดหรือทดลองเพื่อตรวจสอบได้

4.4 ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ ประกอบด้วยทักษะย่อย 3 ขั้น คือ

4.4.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติการทดลองที่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ต้องการตรวจสอบ ครอบคลุมวิธีการทดลอง มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร รวมทั้งระบุวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

4.4.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การปฏิบัติการทดลองจริงตามแผนการที่วางไว้ และสามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม

4.4.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้อง

4.5 ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป **การแปลความหมายข้อมูล** หมายถึง การบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลหรือตัวแปรที่ได้จากการทดลอง **การลงข้อสรุป** หมายถึง การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่หรือที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษา

5. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 10 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) โดยทฤษฎีการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังภาพที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism)

นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองจากการได้สัมผัสประสบการณ์ตรงผ่านการปฏิบัติ โดยเริ่มจากความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) จึงพยายามค้นหาความรู้โดยวิธีการต่างๆ หากความรู้ที่พบไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมจะเกิดกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) แต่หากความรู้ที่พบสอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ความรู้นั้นก็จะถูกกระบวนการดูดซึม (assimilation) เข้าสู่โครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม (existing scheme) เกิดเป็นความรู้ใหม่

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ฟิสิกส์

หมายถึง ความสามารถด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์ ประกอบด้วยพฤติกรรมการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ ความรู้ ความเข้าใจ และการนำไปใช้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

หมายถึง ความสามารถในการคิดและลงมือปฏิบัติอย่างเป็นระบบตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้ในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งการแก้ปัญหาประกอบด้วย 5 ทักษะ ดังนี้ 1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน 2) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 3) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 4) ทักษะการทดลอง และ 5) ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

การเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถาม
ตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม

หมายถึง การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่เน้นให้นักเรียนค้นคว้าและสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเผชิญปัญหา 2) ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล และ 4) ขั้นลงข้อสรุปและนำความรู้ไปใช้ โดยเน้นการใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม มีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นเผชิญปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น โดยครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนกำหนดปัญหา ใช้คำถามระดับความรู้ความจำ และระดับความเข้าใจ ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะการสังเกต ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

2) ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ โดยครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล ใช้คำถามระดับความเข้าใจ ระดับการนำไปใช้ และระดับการสังเคราะห์ ที่ช่วยส่งเสริมทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ทักษะการทดลอง

3) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลมาจัดกระทำในรูปแบบต่างๆ ที่จะใช้อ้างอิงในการตรวจสอบสมมติฐาน โดยนักเรียนจัดกระทำหรือแปลความหมายข้อมูลนั้น อันจะนำไปสู่การสร้างคำอธิบายให้กับสถานการณ์ปัญหานั้น ใช้คำถามระดับความเข้าใจ ระดับการวิเคราะห์ และระดับการสังเคราะห์ ที่ช่วยส่งเสริมทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

4) ขั้นลงข้อสรุปและนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำหลักฐานหรือหลักการมาอ้างเพื่อสรุปเป็นแนวคิดหรือสาระหลักของบทเรียนแล้วนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ใช้คำถามระดับการนำไปใช้ ระดับการวิเคราะห์ และระดับการสังเคราะห์ ที่ช่วยส่งเสริมทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. การเรียนการสอนแบบสืบสอบกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
    1.1 ความสำคัญของการเรียนการสอนแบบสืบสอบกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
    1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
    1.3 ความหมายของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
    1.4 ประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
    1.5 ขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
    1.6 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
2. การใช้คำถามในการเรียนการสอน
    2.1 ความสำคัญของการใช้คำถามในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
    2.2 ประเภทของคำถามในการเรียนการสอน
    2.3 ลักษณะของคำถามที่ดีในการเรียนการสอน
    2.4 วิธีการถามคำถามที่ดีในการเรียนการสอน
    2.5 เทคนิคการใช้คำถามที่ดีในการเรียนการสอน
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    3.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    3.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    3.4 การสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    4.1 ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    4.2 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    4.3 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
    4.4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน
    4.5 พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน
    4.6 แนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การเรียนการสอนแบบสืบสอบกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่เหมาะสมในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์รูปแบบหนึ่ง คือ การเรียนการสอนแบบสืบสอบ เพื่อให้นักเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปพัฒนาคุณภาพชีวิตตนเองและประเทศชาติ ลำดับต่อไปจะนำเสนอความสำคัญของการเรียนการสอนแบบสืบสอบกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

1.1 ความสำคัญของการเรียนการสอนแบบสืบสอบกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544ข: 82) ระดับของการสืบสอบมีหลายระดับขึ้นอยู่กับบทบาทครูและนักเรียนในกิจกรรมการสืบสอบ (NRC, 2000; Sternadel, 2004; Bell, Smetana, and Binns, 2005) โดย National Science Education Standard (NSES) ของประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC, 1996: 23) กำหนดมาตรฐานของการสืบสอบ (The Standards on Inquiry) ของวิทยาศาสตร์ทุกระดับชั้น (ระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย) คือ นักเรียนต้องมีความสามารถที่จำเป็นต่อการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างมาตรฐานของการสืบสอบสำหรับนักเรียนระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย คือ

ความสามารถที่จำเป็นต่อการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

1. ระบุคำถามและแนวคิดที่แนะแนวทางการสำรวจทางวิทยาศาสตร์
2. ออกแบบและสร้างการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์
3. ใช้เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ในการพัฒนาการสำรวจและสื่อสาร
4. สร้างและแก้ไขการอธิบายทางวิทยาศาสตร์และรูปแบบโดยใช้เหตุผลและวิเคราะห์คำอธิบายและรูปแบบต่างๆ
5. สื่อสารและปกป้องข้อตกลงทางวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

1. นักวิทยาศาสตร์ใช้การสืบสอบเพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับระบบกายภาพ ชีวภาพหรือออกแบบระบบ
2. นักวิทยาศาสตร์ตรวจสอบหาเหตุผลที่หลากหลาย
3. นักวิทยาศาสตร์ใช้เทคโนโลยีในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
4. คณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์
5. การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใช้เหตุผลและหลักฐาน
6. ผลจากการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดความรู้และวิธีการใหม่

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสืบสอบ จะต้องคำนึงถึงลักษณะสำคัญทั้งหมดของการสืบสอบ ครูจะต้องนำไปใช้ในขั้นตอนต่างๆ ของการเรียนการสอน หรือ ในกิจกรรมการเรียนอย่างเหมาะสม ความเข้มข้นของการนำการสืบสอบไปใช้ในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการสืบสอบ ขึ้นอยู่กับการออกแบบกิจกรรมที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วม และบทบาทของครูที่มีส่วนชี้นำมากหรือน้อย ในบางกรณีที่เนื้อหามีความซับซ้อน ครูควรมีบทบาทชี้นำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความสามารถออกมามากขึ้นในขั้นตอนต่อๆ ไป เช่น การใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตและคิด การตั้งคำถาม ครูอาจเริ่มด้วยการชี้แนะให้นักเรียนสังเกตอย่างละเอียดและถามคำถามก่อนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดสงสัยและตั้งคำถามต่อไป หรือในการวิเคราะห์ข้อมูล การอธิบาย การลงข้อสรุป ครูก็อาจต้องชี้แนะวิธีการเพื่อเป็นแนวทางให้กับนักเรียน

สิ่งสำคัญที่ต้องตระหนักอย่างยิ่ง คือ การเรียนการสอนที่ยึดแนวทางการสืบสอบ ครูจะมีบทบาทสำคัญในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ใช้กลวิธีการสอนที่เหมาะสม และทำหน้าที่สนับสนุนอำนวยความสะดวก (facilitator) ในระหว่างที่มีการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนมากที่สุดและเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ สอดคล้องตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ในหลักสูตร แต่ครูควรพยายามให้นักเรียนมีบทบาทในการสืบสอบด้วยตนเองให้มากขึ้นเป็นลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบสำคัญและระดับการสืบสอบ

องค์ประกอบสำคัญของการสืบสอบ	ระดับการสืบสอบ มาก------ระดับที่นักเรียนเป็นผู้สืบสอบ------น้อย น้อย---------ระดับที่ครูนำการสืบสอบ---------มาก			
นักเรียนมุ่งมั่นสังเกตและตั้งคำถามที่สงสัยอยากรู้	นักเรียนตั้งคำถามด้วยตนเอง	นักเรียนเลือกคำถามที่มีอยู่แล้วตั้งคำถามใหม่	นักเรียนทำความเข้าใจคำถามที่ครูให้หรือจากวัสดุอุปกรณ์ที่จัดให้หรือจากสื่อต่างๆ	นักเรียนสนใจคำถามของครูหรือวัสดุอุปกรณ์หรือจากแหล่งต่างๆ
นักเรียนให้ความสำคัญกับประจักษ์พยานที่สัมพันธ์กับคำถาม	นักเรียนระบุสิ่งที่เป็นประจักษ์พยานและเก็บรวบรวมข้อมูล	นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูล	นักเรียนใช้ข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล	นักเรียนได้รับการชี้แนะข้อมูลและวิธีวิเคราะห์ข้อมูล
นักเรียนสร้างคำอธิบายจากประจักษ์พยาน	นักเรียนสร้างคำอธิบายและสรุปจากประจักษ์พยาน	นักเรียนได้รับการแนะนำการสร้างคำอธิบายจากประจักษ์พยาน	นักเรียนได้รับการแนะนำแนวทางที่เป็นไปได้ในการสร้างคำอธิบายจากประจักษ์พยาน	นักเรียนได้รับการชี้แนะให้ใช้ประจักษ์พยานในการสร้างคำอธิบาย
นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายกับความรู้วิทยาศาสตร์	นักเรียนประเมินอย่างอิสระในการเชื่อมโยงคำอธิบายกับความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้อื่นๆ	นักเรียนมุ่งการเชื่อมโยงคำอธิบายไปที่ความรู้วิทยาศาสตร์	นักเรียนเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์เท่าที่เป็นไปได้	นักเรียนได้รับการแนะนำการเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์
นักเรียนวินิจฉัยคำอธิบายและสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ	นักเรียนสร้างการสื่อสาร คำอธิบายอย่างมีเหตุผล	นักเรียนได้รับการแนะนำให้พัฒนาการสื่อสาร คำอธิบาย	นักเรียนได้รับการแนะนำแนวทางการสื่อสารที่ชัดเจน	นักเรียนได้รับการแนะนำวิธีการในการสื่อสารคำอธิบาย

ที่มา: National Research Council [NRC] (2000: 29). Inquiry and The National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning. Washington D.C.: National Academy Press.

จากความสำคัญของการเรียนการสอนแบบสืบสอบกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่า วิทยาศาสตร์คือการสืบสอบ (science as inquiry) การสืบสอบจึงนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจ แนวความคิดหลักทางวิทยาศาสตร์

ลำดับต่อไปจะนำเสนอทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

1.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

การเรียนการสอนแบบสืบสอบ มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีของนักพิพัฒนาการนิยม (Progressivism) โดยทฤษฎีพื้นฐานที่ได้รับความนิยมคือ ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ทฤษฎีสรรคนิยม หรือทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีทางสติปัญญา (Theories of Cognition) ที่ว่าด้วยการรู้และการเรียนรู้ ซึ่งอธิบายความหมายของการรู้และวิธีการที่บุคคลรู้ โดยอาศัยพื้นฐานทางด้านจิตวิทยา ปรัชญา และมานุษยวิทยา (Fosnot, 1996: ix) ซึ่ง ศรินธร วิทยะสิรินันท์, ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 32) กล่าวว่า ทฤษฎีสรรคนิยมมีความเชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยทฤษฎีนี้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's Theory of Cognitive Development) ที่อธิบายการเรียนรู้ว่าผู้เรียนแต่ละคนพยายามที่จะนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์ และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็นมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) หรือที่เรียกว่า "Schema" โครงสร้างทางปัญญานี้ประกอบด้วยความหมายหรือความเข้าใจเกี่ยวกับประสบการณ์นั้น ผู้เรียนสร้างความหมายโดยใช้เครื่องมือทางปัญญาของตน ความหมายเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งไม่สามารถถ่ายทอดจากครูไปสู่ผู้เรียนได้ แต่จะถูกสร้างขึ้นในสมองของผู้เรียนจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างประสาทสัมผัสของผู้เรียนกับโลกภายนอก โครงสร้างทางปัญญาเป็นผลของความพยายามทางความคิด (Mental Effort) หากการใช้ความรู้เดิมของตนทำนายเหตุการณ์ได้ถูกต้อง จะทำให้โครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนคงเดิม และมั่นคงมากขึ้น แต่ถ้าการคาดคะเนไม่ถูกต้อง ผู้เรียนจะประหลาดใจ สงสัย และคับข้องใจ หรือที่เพียเจต์กล่าวว่า เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น เมื่อเกิดความขัดแย้งขึ้น ผู้เรียนจะมีทางเลือก 3 ทาง คือ

1) ยึดติดกับความคิดเดิมในโครงสร้างทางปัญญาของตน ปฏิเสธข้อมูลจากประสาทสัมผัสหรือหาเหตุผลหักล้างข้อมูลจากประสาทสัมผัส ทำให้การยกเลิกหรือปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของแต่ละบุคคลเกิดขึ้นได้ยาก

2) ปรับความคิดในโครงสร้างทางปัญญา โดยการพยายามเชื่อมโยงความคิดหรือประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ ลักษณะนี้จะเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายขึ้น

3) ไม่สนใจที่จะทำความเข้าใจ

การเชื่อมโยงระหว่างโลกภายนอกและโลกภายในของผู้เรียนเกิดขึ้นผ่านประสาทสัมผัสและกลไกทางประสาท สรีรวิทยา ชีวเคมี การรับข้อมูลจากประสาทสัมผัสไปสู่โครงสร้างทางปัญญาเรียกว่า กระบวนการดูดซึม ความขัดแย้งทางปัญญาทำให้เกิดภาวะไม่สมดุล และภาวะไม่สมดุลจะส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา ซึ่งเรียกว่า กระบวนการปรับให้เหมาะ กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญาจะช่วยให้การเรียนรู้นั้นมีความหมายต่อตนเอง อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาเป็นเรื่องเฉพาะตน ที่แต่ละคนต้องจัดกระทำเอง โดยผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนได้ โดยจัดสภาพการณ์ให้เกิดภาวะไม่สมดุลที่ส่งผลให้ผู้เรียนต้องมีการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับประสบการณ์ใหม่

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 16) ได้สรุปว่า แนวคิดสรรคนิยม คือ ทฤษฎีที่เน้นการเรียนรู้ด้วยการกระทำของตนเอง ซึ่งมีแนวคิดว่า ผู้เรียนต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ซึ่งไม่สามารถแก้หรืออธิบายได้ด้วยโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม ทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา จากนั้นแรงจูงใจจะช่วยทำให้ผู้เรียนพยายามค้นหา ค้นคิด จนสามารถนำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาที่สามารถคลี่คลายสถานการณ์ที่เป็นปัญหา หรือขจัดความขัดแย้งทางปัญญาได้ ความรู้ใหม่ที่ได้สามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย เป็นความรู้ที่สร้างด้วยตนเอง

กล่าวโดยสรุป แนวคิดสรรคนิยม คือ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในฐานะเป็นผู้สร้างความรู้ โดยเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่ติดตัวมาก่อนเข้าด้วยกัน

ลำดับต่อไปจะนำเสนอความหมายของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

1.3 ความหมายของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

การเรียนการสอนแบบสืบสอบในงานวิจัยนี้มาจากคำภาษาอังกฤษว่า “Inquiry” ซึ่งนักการศึกษาไทยเรียกชื่อแตกต่างกันไป เช่น การสืบสอบ การสืบสวนสอบสวน การสืบเสาะหาความรู้ การคิดสืบค้น การสืบเสาะ เป็นต้น สำหรับการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้คำว่า “การสืบสอบ”

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้นิยามของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ดังต่อไปนี้

Carin and Sund (1985: 97-104) ได้ให้นิยามของการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบ หมายถึง การใช้กระบวนการทางสมอง ค้นหาความรู้ในลักษณะการทำกิจกรรมโดยการระบุปัญหาการตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลองเพื่อหาวิธีการศึกษาปรากฏการณ์ความสัมพันธ์ของธรรมชาติและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

The National Research Council of America [NRC] (1996) ได้ให้นิยามของการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบ หมายถึง กิจกรรมแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเกต การตั้งคำถาม การค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือและแหล่งต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางนำไปสู่การออกแบบการทดลอง โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ และแปลข้อมูล เพื่อบอกคำตอบ อธิบาย และพยากรณ์ ในการสืบสอบจำเป็นต้องมีสมมติฐานโดยใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณและตรรกยะประกอบ

Hebrank (2000 cited in Llewellyn, 2005) ได้ให้นิยามของการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบ หมายถึงวิธีการที่ได้มาซึ่งความรู้ โดยนักเรียนเป็นทั้งผู้ถามคำถาม และตั้งปัญหา หรือปัญหาอาจจะถูกตั้งโดยครู คำถามต้องสนับสนุนหรือเกี่ยวข้องกับหัวข้อที่นักเรียนประสงค์จะเรียนรู้ และคำถามนั้นต้องสนับสนุนกับหัวข้อที่ครูประสงค์จะให้นักเรียนเรียนรู้ การสอนวิธีนี้มุ่งให้นักเรียนแสดงบทบาทสำคัญในการหาคำตอบของปัญหา

Orlich et al. (2001) ได้ให้นิยามของการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบ หมายถึง การสอนที่นักเรียนและครูทำหน้าที่เป็นผู้ถาม ผู้ค้นหา ผู้ตั้งปัญหา และผู้คิดพิจารณา โดยการสืบสอบต้องอาศัยกระบวนการพื้นฐานหลายอย่าง ได้แก่ การสังเกต การจัดประเภท การคำนวณ การวัด การโยงความสัมพันธ์

สำหรับประเทศไทย นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ให้นิยามเกี่ยวกับการเรียนการสอนแบบสืบสอบดังนี้

ธีรชัย บูรณโชติ (2517) ได้ให้นิยามของการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบ หมายถึงการสอนที่เน้นกระบวนการของการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีกิจกรรมตั้งแต่การตั้งปัญหาและกำหนดปัญหาการสังเกต การวัด การจำแนกสิ่งต่างๆ การทำนายหรือการตั้งสมมติฐาน การค้นคว้าแบบอย่างที่มีความหมาย การสร้างการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และการทดสอบสมมติฐาน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) ได้ให้นิยามของการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบ หมายถึงวิธีการที่ครูและนักเรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยนักเรียนเป็นผู้ค้นหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย

ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ (2550) ได้ให้นิยามของการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบ หมายถึง การค้นหาข้อเท็จจริง และองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยเรียนจากการสังเกตปรากฏการณ์ เรียบเรียงข้อมูลจากการสังเกต จากนั้นตั้งคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และวางแผนทำการทดลองเพื่อพิสูจน์คำตอบ โดยคำตอบควรจะมีมากกว่าหนึ่งคำตอบ แล้ว

วิเคราะห์หาคำตอบที่เป็นไปได้มากที่สุด รวบรวมข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ แล้วสรุปพร้อมออกแบบและสร้างรูปแบบการนำเสนอ สื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ

จากนิยามของการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ สรุปได้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบ คือ วิธีการสอนที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสังเกต การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปข้อมูลอย่างสมเหตุสมผล มีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน

ลำดับต่อไปจะนำเสนอความหมายประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

1.4 ประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

การเรียนการสอนแบบสืบสอบนั้นมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก นักการศึกษาหลายท่านได้จำแนกประเภทของการเรียนการสอนสืบสอบไว้ดังนี้

Sund and Trowbridge (1973) และ Carin and Sund (1980 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548) ได้จำแนกประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็น 3 ประเภท โดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ดังนี้ คือ

1) การสืบสอบแบบมีการกำหนดแนวทาง (Guided Inquiry) เป็นการสืบสอบที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือไว้เรียบร้อยแล้ว นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลอง ทำกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเรียกว่า เป็นการสืบสอบที่มีคำแนะนำปฏิบัติการหรือกิจกรรมสำเร็จรูป (structured laboratory) การสืบสอบประเภทนี้ครูและนักเรียนมีบทบาทเท่าเทียมกัน ซึ่งเป็นการสืบสอบที่มีระดับที่ง่ายที่สุด เหมาะกับนักเรียนที่ยังไม่เคยมีประสบการณ์กับการเรียนการสอนแบบสืบสอบมาก่อน

2) การสืบสอบแบบไม่มีการกำหนดแนวทาง (Less Guided Inquiry) เป็นการสืบสอบที่ครูเป็นผู้วางแผน (teacher planned investigation) โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหา แล้วให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลองจนถึงสรุปผลการทดลอง โดยมีครูคอยเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งอาจเรียกวิธีนี้ว่า เป็นการสืบสอบแบบไม่กำหนดแนวทาง (unstructured laboratory) การสืบสอบประเภทนี้ครูมีบทบาทลดลงเมื่อเทียบกับวิธีในข้อ 1 นักเรียนมีบทบาทมากขึ้น ซึ่งเป็นการสืบสอบที่ซับซ้อนกว่าแบบที่ 1

3) การสืบสอบแบบอิสระ (Free Inquiry) เป็นการสืบสอบที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนเอง (student planned investigation) เป็นวิธีการที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง ดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูล ตลอดจนสรุปผลการทดลองด้วยตัวนักเรียนเอง การสืบสอบประเภทนี้นักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาความสนใจ ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้น ซึ่งครูอาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้

นักเรียนกำหนดปัญหาด้วยตัวเอง จะเห็นได้ว่านักเรียนมีบทบาทมากที่สุด ส่วนครูมีบทบาทน้อยหรือไม่มีเลย ซึ่งเป็นการสืบสอบที่มีระดับซับซ้อนและยากที่สุด

Esler and Esler (1985) ได้เสนอแนวคิดการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) แนวคิดเกี่ยวกับการใช้เหตุผล (The Rational Approach) เป็นแนวคิดของการเรียนการสอนที่ครูเป็นผู้ชี้นำนักเรียนไปสู่การลงความเห็นโดยให้นักเรียนใช้เหตุผล ซึ่งวิธีการที่ครูใช้เป็นส่วนใหญ่ในการเรียนการสอน คือ การใช้คำถามและการเสริมแรงจนบรรลุเป้าหมายของการเรียนการสอน เพื่อให้แนวคิดนี้บรรลุสำเร็จผล ครูจะต้องสามารถใช้คำถามได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2) แนวคิดเกี่ยวกับการค้นพบ (The Discovery Approach) เป็นแนวคิดของการเรียนการสอนที่ครูควรพยายามให้นักเรียนแต่ละคนได้ค้นพบความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่ได้สังเกต ซึ่งนักเรียนไม่ต้องวางแผนการสืบสอบด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้วางแผนไว้ให้ นอกจากนี้ยังเชื่อว่า โอกาสที่นักเรียนจะเกิดการค้นพบได้สูงสุด เมื่อนักเรียนแต่ละคนได้ลงมือใช้เครื่องมือหรือจัดกระทำกับข้อมูล

3) แนวคิดเกี่ยวกับการทดลอง (The Experimental Approach) เป็นแนวคิดที่ให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน แต่ก่อนที่นักเรียนจะทำการทดลองนั้น นักเรียนจะต้องผ่านขั้นตอนของการวางแผนด้วยตนเองก่อน

Orlich et al. (2001) ได้อธิบายเกี่ยวกับรูปแบบการจัดกระบวนการสืบสอบไว้ 2 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

1) กระบวนการสืบสอบที่ครูกำหนดแนวทางการสืบสอบ (Guided Inquiry) ครูต้องวางแผนและเตรียมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สืบสอบ ให้นักเรียนกระทำการสังเกต จัดกระทำและใช้อ้างอิงเป็นคำตอบ ครูมีบทบาทในการนำให้นักเรียนดำเนินการสืบสอบตามแนวทางโดยครูใช้คำถามนำ จัดเตรียมอุปกรณ์ที่จะต้องใช้ตามแนวทางนั้นๆ และครูควรกระตุ้นให้นักเรียนในชั้นมีส่วนร่วมในการดำเนินการสืบสอบและสรุปเป็นหลักการ

2) กระบวนการสืบสอบที่ครูไม่ได้กำหนดแนวทางการสืบสอบ (Less Guided Inquiry) ครูมีบทบาทน้อยกว่ารูปแบบแรก เมื่อครูเสนอปัญหาแล้วเปิดโอกาสให้นักเรียนหาแนวทาง และดำเนินการสืบสอบวิธีต่างๆ เอง แต่ครูต้องคอยตรวจสอบความถูกต้องในการอ้างอิงหรืออ้างเหตุผลของนักเรียน ถ้านักเรียนอ้างเหตุผลผิด ครูต้องชี้ให้นักเรียนเห็นจุดที่นักเรียนผิดหลักเหตุผล ถ้านักเรียนได้อ้างเหตุผล ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนอ้างเพื่อยืนยันและครูควรกระตุ้นให้นักเรียนในชั้นได้แลกเปลี่ยนข้อสรุปกัน โดยให้แสดงการอ้างอิงให้เพื่อนๆ รับรู้ด้วย

จากแนวคิดเกี่ยวกับประเภทของการเรียนการสอนแบบสืบสอบของนักการศึกษาหลายท่านที่สอดคล้องกัน กล่าวโดยสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวิธีการสืบสอบมีรูปแบบที่สำคัญ คือ การจัดกิจกรรมสำเร็จรูปและการจัดกิจกรรมแบบไม่กำหนดแนวทาง การจัด

กิจกรรมการเรียนการสอนทั้ง 2 แบบนี้ ครูมีการแนะแนวทางในการเรียนการสอนต่างกัน การจัดกิจกรรมสำเร็จรูป ครูมีการแนะแนวทางในการทำกิจกรรมมาก ทำให้การเรียนการสอนโดยการจัดกิจกรรมสำเร็จรูปเป็นการเรียนการสอนที่มีระดับการสืบสอบน้อย กล่าวคือ นักเรียนมีโอกาสค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองน้อย ในทางตรงกันข้าม การจัดกิจกรรมแบบไม่กำหนดแนวทาง ครูมีการชี้แนะแนวทางในการทำกิจกรรมน้อย ทำให้การเรียนการสอนโดยการจัดกิจกรรมแบบไม่กำหนดแนวทางเป็นการเรียนการสอนที่มีระดับการสืบสอบมากขึ้น คือ นักเรียนมีโอกาสได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองมากขึ้นในการเรียน

ลำดับต่อไปจะนำเสนอขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

1.5 ขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอขั้นตอนของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

Suchman (1962 cited in Joyce et al., 2009) เสนอรูปแบบการฝึกการสืบสอบ (Inquiry Training Model) ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นเผชิญปัญหา (Confrontation with the problem) ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ก่อให้เกิดความสงสัย ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่จำเป็นจะต้องใช้ความรู้เดิมมากนัก เนื่องจากต้องการเพียงเพื่อให้นักเรียนได้มีประสบการณ์กับความรู้ใหม่ที่จะเกิดขึ้นต่อไปเท่านั้น

2) ขั้นรวบรวมข้อมูลเพื่อการพิสูจน์ความจริง (Data Gathering-Verification) ครูให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ได้พบเห็นหรือมีประสบการณ์

3) ขั้นรวบรวมข้อมูลเพื่อการทดลอง (Data Gathering-Experimentation) ครูให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่เกิดในรูปแบบที่ต่างออกไป โดยอาจจะใช้การสำรวจตรวจสอบหรือการทำการทดสอบ

4) ขั้นจัดกระทำข้อมูลและสร้างคำอธิบาย (Organizing, Formulating an Explanation) ครูให้นักเรียนจัดกระทำข้อมูล เพื่อสร้างคำอธิบายให้กับสถานการณ์ปัญหานั้น

5) ขั้นวิเคราะห์กระบวนการสืบสอบ (Analysis of the Inquiry Process) ครูให้นักเรียนวิเคราะห์รูปแบบการสืบสอบ เช่น คำถามอย่างไรที่มีประสิทธิภาพ แนวทางการใช้คำถามอย่างไรที่จะให้ผลที่ดีกว่า ชนิดของข้อมูลที่จำเป็น แต่ไม่ได้จากการทำกิจกรรมหรือการทดลอง เป็นต้น เพื่อพัฒนากระบวนการสืบสอบให้มีประสิทธิภาพต่อไป

Jacobsen et al. (1985) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นชี้บ่งปัญหา (Identify Problem) ครูพิจารณาเนื้อหาสาระแล้วระบุปัญหาที่ให้นักเรียนสืบสอบ

2) ขั้นสร้างสมมติฐาน (Form Hypothesis) ครูอาจเป็นผู้ตั้งสมมติฐาน หรือใช้คำถามถามนำเพื่อให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน

3) ขั้นรวบรวมข้อมูล (Gather Data) ครูให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากสื่อหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ หรือทำการทดลองซึ่งทำได้ทั้งในและนอกชั้นเรียนหรืออาจทำการทดลองที่บ้านเพื่อรวบรวมข้อมูล ซึ่งจะใช้เป็นหลักฐานในการตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

4) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างข้อสรุป (Analyze Data and Form Conclusion) ครูให้นักเรียนนำข้อมูลมาจัดกระทำในรูปแบบต่างๆ เพื่อทำการตรวจสอบสมมติฐาน แล้วสร้างข้อสรุปซึ่งเป็นแนวคิดหรือสาระหลักของบทเรียน

Lawson (1995) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสัมผัสกับปัญหา หรือ คำถาม (Sensing the problem or question)

2) ขั้นวิเคราะห์ปัญหา (Analyzing the problem)

3) ขั้นรวบรวมหลักฐาน (Collecting evidence)

4) การตีความหมายของหลักฐาน (Interpreting the evidence)

5) การประยุกต์และลงข้อสรุป (Drawing and applying conclusion)

Mark and Helen (2000 cited in NRC, 1996 and AAAS, 1993) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) การตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่สงสัยหรือการระบุปัญหา

การตั้งคำถามที่สำคัญ มีความหมายและสามารถสืบสอบหาความรู้ได้จะต้องเกิดจากความคิดระดับสูงของนักเรียนที่มาจากการลงความเห็นหรือตั้งสมมติฐานขณะที่สังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติ ทำนายคำตอบจากการลงความเห็น ปรับปรุงพัฒนาคำถาม และตั้งสมมติฐานที่สามารถพิสูจน์ได้ คำถามที่มีความหมายต่อนักเรียนขึ้นอยู่กับความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็นและประสบการณ์ของนักเรียน คำถามที่จะนำไปสู่การสืบสอบหาความรู้ควรเป็นคำถามที่ให้ค้นหาคำตอบที่เชื่อมโยงสิ่งที่เป็นเหตุกับสิ่งที่เป็นผลซึ่งเป็นไปตามหลักการหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

2) การสืบสอบเพื่อตอบคำถาม

การตอบคำถามหรือการพิสูจน์สมมติฐาน นักเรียนต้องมีการทดลองความคิดใหม่ๆ ทำการศึกษาค้นคว้าและอธิบายสิ่งที่ค้นพบด้วยตนเอง การออกแบบการทดลองทำให้นักเรียนเข้าใจว่าควรจะรวบรวมข้อมูลอะไรบ้าง อย่างไร จึงจะสามารถตอบคำถามที่สงสัยได้ การตอบคำถามจำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงซึ่งเมื่อแปลความหมายข้อมูลแล้วจะเป็นหลักฐานที่สำคัญที่จะทดสอบสมมติฐานของคำถามนั้นได้ ถ้าข้อมูลที่ได้ไม่สามารถพิสูจน์สมมติฐานได้ หรือต้องเปลี่ยนคำถามใหม่ นักเรียนจะต้องปรับปรุงคำถามใหม่ให้ชัดเจน หรือออกแบบการทดลองใหม่ให้ตรงกับคำถาม นั่นแสดงว่ากระบวนการสืบสอบหาความรู้เป็นกระบวนการที่เป็นระบบและยืดหยุ่นได้

3) การวิเคราะห์และอธิบายสิ่งที่ค้นพบอย่างสมเหตุสมผล

การวิเคราะห์และอธิบายความรู้ คือ การพยายามวิเคราะห์และอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจ และยอมรับในสิ่งที่ค้นพบจากการพิสูจน์สมมติฐาน การวิเคราะห์และอธิบายในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญของการสืบสอบหาความรู้ที่ยืนยันความถูกต้องของข้อสรุปในสิ่งที่ค้นพบซึ่งเป็นแนวทางในการทดสอบสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผลโดยนักเรียนจะต้องใช้ทักษะในการประเมินค่าของหลักฐาน ข้อมูล การวิเคราะห์ผลการสืบสอบหาความรู้

เครื่องมือสำคัญของการวิเคราะห์และอธิบายเพื่อสนับสนุนสิ่งที่ค้นพบและการแปลผลข้อมูลนั้นคือ การสร้างกราฟ และแผนภาพของข้อมูล ซึ่งจะช่วยสื่อให้เข้าใจถึงแนวโน้มและรูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ชัดเจน นอกจากนี้รายงานการทดลองเป็นเครื่องมืออีกชนิดหนึ่งของการวิเคราะห์และอธิบายข้อมูลที่จะทำให้นักเรียนได้รับการส่งเสริมให้สามารถตั้งคำถามและคิดวิธีที่จะหาคำตอบด้วยตนเอง

Eggen and Kuachak (2006) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ระบุปัญหาหรือคำถาม (Identifying a question or problem)
2) สร้างสมมติฐาน (Making hypotheses)
3) รวบรวมข้อมูล (Gathering data)
4) ตรวจสอบและประเมินสมมติฐาน (Assessing hypotheses)
5) นำผลที่ได้ไปใช้ต่อ (Generalizing)

สำหรับประเทศไทย นักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบดังนี้

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531) ได้เสนอขั้นตอนการสอนด้วยวิธีการสืบสอบไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างสถานการณ์หรือปัญหา
2) ขั้นอภิปรายเพื่อกำหนดแนวทางคำตอบ ครูนำอภิปรายเพื่อกำหนดแนวทางของปัญหา
3) ขั้นอภิปรายเพื่อออกแบบการทดลอง ครูนำอภิปรายเพื่อออกแบบการทดลอง
4) ขั้นดำเนินการทดลอง นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามที่ออกแบบไว้ บันทึกผลการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน
5) ขั้นอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง ครูนำการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนนำผลการทดลองมาอ้างเพื่อสรุป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. อ้างถึงใน กรมวิชาการ, 2546) ได้อธิบายขั้นตอนของกระบวนการสืบสอบ ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามและกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วจึงมีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล สารสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่า Inquiry Cycle กระบวนการสืบสอบหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

จากขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบของนักการศึกษาและสถาบันการศึกษาดังที่กล่าวมาแล้ว สามารถที่จะสรุปขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบได้ดังนี้

1) ขั้นเผชิญปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือเกิดปัญหา เกิดความต้องการค้นหาคำตอบของปัญหา

2) ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เน้นให้นักเรียนปฏิบัติงานกลุ่ม

3) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลมาจัดกระทำในรูปแบบต่างๆ ที่จะใช้อ้างอิงในการตรวจสอบสมมติฐาน โดยนักเรียนจัดกระทำหรือแปลความหมายข้อมูลนั้น อันจะนำไปสู่การสร้างคำอธิบายให้กับสถานการณ์ปัญหานั้น

4) ขั้นลงข้อสรุปและนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำหลักฐานหรือหลักการมาอ้างเพื่อสรุปเป็นแนวคิดหรือสาระหลักของบทเรียนแล้วนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

ลำดับต่อไปจะนำเสนอบทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

1.6 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้ ครูและนักเรียนจะต้องรู้บทบาทของตนเองในระหว่างการดำเนินการเรียนการสอน ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ดังนี้

1.6.1 บทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

Massialas and Zevin (1967) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ดังนี้

1) ครูต้องวางแผนในการเตรียมหัวข้อให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าอย่างดี รวมถึงวางแผนจัดเตรียมอุปกรณ์ เวลาและสถานที่ด้วย

2) ครูต้องจัดเตรียมอุปกรณ์และกิจกรรมในลักษณะที่เป็นสปริงบอร์ด เพื่อช่วยให้นักเรียนกระโดดเข้าสู่การสืบสอบ

3) ครูต้องกระตุ้นและท้าทายอย่างต่อเนื่อง ให้นักเรียนค้นคว้าและทดสอบแนวทางใหม่ๆ ที่นักเรียนคิดขึ้น

4) คำถามที่ควรถามคือ คำถามเพื่อให้นักเรียนหาหลักฐานมาสนับสนุนหรือป้องกันแนวคิดของตนเอง

5) คำถามอีกประเภทหนึ่งที่ครูควรถาม คือ คำถามที่ให้นักเรียนทำความกระจ่างในแนวคิดของตนเอง

6) ในระหว่างช่วงเวลาที่นักเรียนคิดหาวิธีแก้ปัญหาไม่ได้ ครูอาจช่วยโดยการถามนำเพื่อให้นักเรียนหาแนวทางต่างๆ

7) ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนกระทำวิธีการต่างๆ ตามแนวคิดของนักเรียนเองและกระตุ้นให้นักเรียนเห็นว่าเป็นกิจกรรมสำคัญของการศึกษา

8) ในการควบคุมชั้นเรียน ครูต้องให้โอกาสนักเรียนมีส่วนร่วมในการค้นหาแนวคิดใหม่ๆ หาความสัมพันธ์ใหม่ๆ ของสิ่งต่างๆ อย่างทั่วถึง

Renner, Stafford, and Ragan (1973) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ สรุปได้ว่า ครูจะต้องจัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการสืบสอบและการขยายมโนทัศน์ของนักเรียน และในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน ครูควรใช้คำถามเพื่อเป็นการนำทางการสืบสอบ สร้างความสนใจในความหมายของข้อมูล รวมถึงการกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิด หรือ มองความคิดของตนเอง

สำหรับประเทศไทย นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้เสนอบทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบสอบดังนี้

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2527) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ดังนี้

1) สร้างสถานการณ์หรือปัญหาให้สอดคล้องกับเรื่องที่จะสอนในรูปแบบต่างๆ นำไปสู่ประเด็นที่จะให้มีการอภิปราย การเรียนการสอนในขั้นนี้เรียกว่า ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เพราะเป็นขั้นเตรียมนักเรียนให้พร้อม ให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน

2) ตั้งคำถามเพื่อไปสู่การอภิปรายและการทดลอง เมื่อได้ประเด็นปัญหาสำหรับการอภิปรายแล้ว ครูจะต้องใช้เทคนิคการถาม ถามคำถามที่ต่อเนื่องและสัมพันธ์กันเพื่อให้ได้มีการอภิปรายหาคำตอบที่จะเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลอง

3) กระตุ้นให้นักเรียนถามคำถาม นอกจากครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนพยายามคิดและตอบคำถามแล้ว ครูยังต้องพยายามกระตุ้นให้นักเรียนเป็นผู้ถามคำถามด้วยหรือพยายามเชื่อมโยงคำตอบของนักเรียนไปสู่คำถามใหม่ ซึ่งจะช่วยขยายแนวความคิด หรือ ขยายคำตอบเดิมให้ชัดเจนขึ้น ให้มีการสืบสอบจนได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ขึ้น

4) ในระหว่างที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าหรือทำการทดลอง ครูควรสังเกตและคอยเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือ แนะแนวทางให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้เอง

5) ตั้งคำถามที่จะใช้ในการอภิปรายสรุปผลการทดลอง ในขั้นของการอภิปรายสรุปผลการทดลองครูจะต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นแนวทางในการตั้งคำถาม ข้อสรุปที่ได้จากการอภิปรายคือ ความรู้ที่นักเรียนสืบสอบด้วยตนเอง

6) ใช้เทคนิคการสอนอื่นๆ เช่น การเสริมพลัง การเร้าความสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากสืบสอบหาความรู้ เกิดแนวความคิดในการแก้ปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ว่า ครูคือ ผู้แนะแนวทาง คอยช่วยเหลือนักเรียน และสร้างสถานการณ์ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ฉะนั้นครูจึงมีหน้าที่ 3 ประการ คือ

1) ป้อนคำถามแก่เด็กเพื่อนำไปสู่การค้นคว้า ครูต้องรู้จักป้อนคำถาม รู้ว่าจะถามอะไร เด็กจึงจะเกิดความคิด ความจำ หรือความเข้าใจ และควรตอบคำถามเด็กเป็นบางครั้ง

2) เมื่อได้ปัญหาแล้ว ให้นักเรียนทั้งชั้นอภิปรายวางแผนแก้ปัญหาหรือกำหนดวิธีการแก้ปัญหาเอง เมื่อตกลงได้จึงลงมือปฏิบัติการ

3) ถ้าปัญหายากเกินไป นักเรียนไม่สามารถวางแผนแก้ปัญหาหรือกำหนดวิธีการแก้ปัญหาได้ ครูกับนักเรียนอาจร่วมกันแก้ปัญหาต่อไป

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ดังนี้

1) เป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนคิด (Catalyst) โดยกำหนดปัญหา แล้วให้นักเรียนวางแผนหาคำตอบเอง หรือกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาและวางแผนหาคำตอบเอง

2) เป็นผู้ให้การเสริมแรง (Reinforcer) โดยการให้รางวัลกล่าวชม เพื่อให้กำลังใจและเพื่อให้เกิดพฤติกรรมการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง

3) เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback Action) โดยการบอกข้อดี ข้อบกพร่องแก่นักเรียน

4) เป็นผู้แนะนำและกำกับ (Guide and Director) เป็นผู้แนะนำเพื่อให้เกิดความคิดและกำกับควบคุมมิให้ออกนอกลู่นอกทาง

5) เป็นผู้จัดระเบียบ (Organizer) เป็นผู้จัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์และ สื่อการสอนแก่นักเรียน

จากบทบาทของครูในการเรียนการสอนแบบสืบสอบตามแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน สรุปได้ว่า ในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ครูมีบทบาทสำคัญเป็นผู้ให้คำแนะนำ คอยช่วยเหลือนักเรียนในระหว่างการสืบสอบหาความรู้ โดยการใช้คำถามเพื่อนำทางการสืบสอบและกระตุ้นการคิดของนักเรียน รวมถึงการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้โดยจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ หรือ แหล่งการเรียนรู้ต่างๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถสืบสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6.2 บทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ดังนี้

Renner et al. (1973) ได้กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ สรุปได้ว่า นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ดำเนินการสืบสอบด้วยตนเอง โดยการตั้งสมมติฐาน เสนอแนวทางการทดลอง รวบรวมข้อมูลจากการทำการทดลองซึ่งอาจจะใช้ทักษะการสังเกตปรากฏการณ์ และการอภิปรายถึงมโนทัศน์ที่ได้คิดค้น หรือ ค้นพบ

สำหรับประเทศไทย นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้เสนอบทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ ดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) ได้กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบสรุปได้ว่า บทบาทของนักเรียนต้องเป็นผู้สืบสอบหาความรู้ด้วยตนเอง ใช้ความคิดหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่พบได้เป็นมโนทัศน์ หลักการต่างๆ เป็นผู้ตอบคำถาม โดยได้กำหนดบทบาทของนักเรียนในการเรียนดังนี้

1) นักเรียนควรทำการศึกษาวัสดุ อุปกรณ์ และเอกสารก่อนเริ่มต้นทำกิจกรรม
2) นักเรียนสังเกตและรายงานข้อมูลที่ได้จากการสังเกต
3) นักเรียนร่วมกันตั้งสมมติฐาน
4) นักเรียนร่วมกันหาแนวทางการทดลองและวิธีการทดสอบสมมติฐาน
5) นักเรียนรายงานผลการค้นคว้า
6) นักเรียนช่วยกันขยายความรู้เพิ่มเติม หรือปรับปรุงความรู้ที่ได้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) ได้กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบไว้ว่า นักเรียนมีบทบาทสำคัญของการเรียน มีบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติการทดลอง หรือ วางแผนการทดลองเพื่อหาคำตอบด้วยตนเองหรือกำหนดปัญหาและวางแผนการทดลองเพื่อหาคำตอบ การค้นหาคำตอบกระทำด้วยตัวเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากบทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบตามแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน สรุปได้ว่า นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนการสอน โดยนักเรียนเป็นผู้ดำเนินการสืบสอบหาความรู้ด้วยตนเอง ดังนั้น ในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ นักเรียนจึงเป็นผู้ค้นพบหรือสร้างความรู้ ซึ่งอาจจะเป็นมโนทัศน์ หรือ หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง

2. การใช้คำถามในการเรียนการสอน

คำถามเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ เพราะครูต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้นการคิดและการสืบสอบของนักเรียน ลำดับต่อไปจะนำเสนอความสำคัญของการใช้คำถามในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

2.1 ความสำคัญของการใช้คำถามในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

การใช้คำถามนับเป็นเทคนิคการสอนเทคนิคหนึ่งและเป็นเครื่องมือสำคัญของครูที่จะใช้ช่วยเสริมกระบวนการจัดการเรียนการสอนในขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้การสอนมีคุณภาพและประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะการที่ครูรู้จักใช้คำถามและเลือกคำถามให้เหมาะสม จะช่วยพัฒนาทางด้านสติปัญญา

และช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความสำคัญของการใช้คำถามในการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ไว้ดังนี้

Carin and Sund (1971) กล่าวว่า “การใช้คำถามช่วยกระตุ้นการคิดของนักเรียน ซึ่งถ้าครูใช้คำถามที่ดีนั้นจะเป็นสิ่งเร้าและจูงใจให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ สนใจ ค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง” สอดคล้องกับ Bass, Constant, and Carin (2009) กล่าวว่า “การใช้คำถามเป็นหัวใจสำคัญของการสอนแบบสืบสอบ การใช้คำถามที่มีประสิทธิภาพทำให้ครูทราบว่านักเรียนมีความรู้เพียงใด ช่วยชี้แนะให้นักเรียนสร้างคำถามที่นำไปสู่การสืบสอบและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสร้างคำอธิบายที่นำไปใช้ในการสร้างความรู้ใหม่ในสถานการณ์ต่างๆ” สอดคล้องกับ Chiappetta and Koballa (2010) กล่าวว่า “การใช้คำถามเป็นหัวใจสำคัญในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การถามคำถามสามารถช่วยดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนให้เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้” และวรรณทิพา รอดแรงค้า (2544) กล่าวว่า “การเรียนการสอนแบบสืบสอบนั้น ครูใช้คำถามเพื่อส่งเสริมการพัฒนาการคิดและสติปัญญาของนักเรียน” รวมทั้ง ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) กล่าวว่า “การใช้คำถามเป็นเทคนิคการสอนที่มีประสิทธิภาพในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาที่มุ่งให้นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าหาความรู้ แก้ปัญหา และสรุปแนวคิดหลักได้ด้วยตนเอง บทบาทของคำถามในการสอนคือ ให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง”

จากความสำคัญของการใช้คำถามในการเรียนการสอนนักการศึกษาหลายท่าน สรุปได้ว่าการใช้คำถามเป็นหัวใจสำคัญในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดที่นำไปสู่การสร้างคำถามในการสืบสอบ เพื่อแสวงหาคำตอบด้วยตนเองซึ่งทำให้เกิดความรู้ใหม่ในสถานการณ์ต่างๆ

ลำดับต่อไปจะนำเสนอประเภทของคำถามในการเรียนการสอน

2.2 ประเภทของคำถามในการเรียนการสอน

คำถามที่ครูใช้ในการเรียนการสอนมีหลายประเภท โดยคำถามแต่ละประเภทมีผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในระดับที่แตกต่างกัน นักการศึกษาหลายท่านได้จำแนกประเภทของคำถามโดยใช้เกณฑ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.2.1 ประเภทของคำถามในการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษา

นักการศึกษาหลายท่านได้จำแนกประเภทของคำถามในการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษา ไว้ดังนี้

Bloom (1956) ได้จำแนกวัตถุประสงค์ทางการศึกษาเรียกว่า Taxonomy of Educational Objectives ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านจิตพิสัย

(Affective Domain) และด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) วัตถุประสงค์ทางการศึกษาทั้ง 3 ด้านนี้ ด้านที่ผู้วิจัยสนใจจะศึกษา คือ ด้านพุทธิพิสัย มีรายละเอียดดังนี้

1. วัตถุประสงค์ทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัย (Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive Domain) เป็นพฤติกรรมด้านสติปัญญา ซึ่งเป็นความสามารถของสมองในการที่จะเรียนรู้และแก้ปัญหาต่างๆ จำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ พฤติกรรมด้านผลสัมฤทธิ์ (Achievement) และพฤติกรรมทางด้านความถนัดและเชาวน์ปัญญา (Aptitude and Intelligence) โดยเรียงลำดับจากความสามารถขั้นต่ำสุดไปยังขั้นสูงสุด ดังนี้ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ 6) การประเมินค่า ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 ความรู้ความจำ (Knowledge) เป็นความสามารถในการระลึกเรื่องราวที่เคยเรียนมาแล้ว ความสามารถทางด้านนี้จำแนกออกเป็น 3 ประเภท คือ

1.1.1 ความรู้ในเนื้อเรื่อง (Knowledge of Specifics) เป็นการถามความรู้ที่เป็นเนื้อหาสาระสำคัญในเรื่องนั้น วิชานั้นโดยเฉพาะ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.1.1.1 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of Terminology) เป็นการถามเกี่ยวกับความหมายของคำ คำศัพท์ คำนิยาม คำจำกัดความ สัญลักษณ์ทั้งที่เป็นภาษาและมิใช่ภาษา มีแนวทางการถาม 5 ลักษณะ คือ ถามชื่อ ถามคำแปล ถามความหมาย ถามตัวอย่าง และถามตรงข้าม มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามชื่อ เป็นการถามคำนามของสิ่งต่างๆ มักจะมีคำว่า “ใคร” หรือ “อะไร”

2) ถามคำแปล เป็นการถามให้แปลคำศัพท์ คำยาก คำราชาศัพท์ เป็นภาษาที่เข้าใจง่าย

3) ถามความหมาย เป็นการถามให้อธิบาย ชี้แจงสิ่งต่างๆ

4) ถามตัวอย่าง เป็นการถามที่ตัวอย่างในเรื่องที่เคยเรียนหรือสอนมาแล้ว

5) ถามตรงข้าม เป็นการถามสิ่งที่ไม่เป็นตัวอย่างในเรื่องที่เคยเรียนหรือสอนมาแล้ว

ตัวอย่างคำถามที่วัดความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม

1) จงให้คำจำกัดความของมวล

1.1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับกฎ และข้อเท็จจริงเฉพาะ (Knowledge of Specific Facts) เป็นการถามเกี่ยวกับสูตร กฎเกณฑ์ ความจริง ใจความ หรือรายละเอียดของเนื้อหาต่างๆ รวมทั้งการถามถึงสาเหตุ และผลที่เกิดประโยชน์และโทษต่างๆ มีแนวทางการถาม 10 ลักษณะ คือ **ถามสูตร กฎ** ได้แก่ ถามสูตร กฎ หลักการ ทฤษฎี สมมติฐาน **ถามความจริง** ได้แก่ ถามเนื้อเรื่อง

ถามขนาด จำนวน ถามสถานที่ ถามเวลา **และถามความสำคัญ** ได้แก่ ถามคุณสมบัติ ถามวัตถุประสงค์ ถามสาเหตุและผล ถามประโยชน์และโทษ และถามสิทธิ หน้าที่ มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามสูตร กฎ เป็นการถามให้บอกสูตร กฎ หลักการ ทฤษฎี สมมติฐาน

2) ถามเนื้อเรื่อง เป็นการถามรายละเอียด ใจความสำคัญของเรื่อง

3) ถามขนาด จำนวน เป็นการถามความยาว พื้นที่ ปริมาตร น้ำหนัก จำนวน

4) ถามสถานที่ เป็นการถามตำแหน่งของเรื่องราวและเหตุการณ์ต่างๆ

5) ถามเวลา เป็นการถามวัน เดือน ปีที่เกิดหรือระยะเวลาของเรื่องราวนั้น

6) ถามคุณสมบัติ เป็นการถามลักษณะสำคัญของสิ่งต่างๆ ทั้งในด้านดีและด้านไม่ดี

7) ถามวัตถุประสงค์ เป็นการถามความมุ่งหมายของการกระทำเรื่องราวต่างๆ

8) ถามสาเหตุและผล เป็นการถามสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นตามมา

9) ถามประโยชน์และโทษ เป็นการถามคุณค่าของการกระทำเรื่องราวและสิ่งต่างๆ

10) ถามสิทธิ หน้าที่ เป็นการถามอำนาจหน้าที่ และกิจที่ต้องกระทำของสิ่งต่างๆ

ตัวอย่างคำถามที่วัดความรู้เกี่ยวกับกฎ และข้อเท็จจริงเฉพาะ

1) กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันมีใจความสำคัญอย่างไร

1.1.2 ความรู้ในวิธีดำเนินการ (Knowledge of Ways and Means of Dealing with Specifics) เป็นการถามความรู้ที่เป็นวิธีประพฤติปฏิบัติและวิธีดำเนินการในกิจการงาน และเรื่องราวต่างๆ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 5 ชนิด คือ

1.1.2.1 ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน (Knowledge of Conventions) เป็นการถามเกี่ยวกับวิธีประพฤติปฏิบัติตามระเบียบแบบแผน และขนบธรรมเนียมประเพณีต่างๆ ตามที่สังคมได้ตกลงและกำหนดกันขึ้น มีแนวทางการถาม 2 ลักษณะ คือ ถาม แบบแผน แบบฟอร์ม และถามธรรมเนียม ประเพณี วัฒนธรรม มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามแบบแผน แบบฟอร์ม เป็นการถามแบบแผนของการกระทำต่างๆ ที่สังคมกลุ่มนั้นได้ตกลงและนิยมใช้กันในกิจการงานนั้น

2) ถามธรรมเนียม ประเพณี วัฒนธรรม เป็นการถามแบบอย่างของการกระทำใดๆ ที่สังคมยอมรับ และนิยมปฏิบัติสืบต่อกันมา จนกลายเป็นธรรมเนียมประเพณีและวัฒนธรรมของสังคมนั้น

ตัวอย่างคำถามที่วัดความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน

1) ขั้วแม่เหล็กมีชื่อว่าอะไร

1.1.2.2 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับเหตุการณ์ (Knowledge of Trends and Sequences) เป็นการถามว่าสิ่งใดเกิดก่อนหลังตามลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน ลำดับเวลาของเหตุการณ์ และการหาความเอนเอียง หรือแนวโน้มของสิ่งที่จะเป็นไป มีแนวทางการถาม 2 ลักษณะ คือ ถามแนวโน้ม และถามลำดับขั้น มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามแนวโน้ม เป็นการถามแนวโน้มความเป็นไปของเรื่องราว เหตุการณ์ต่างๆ

2) ถามลำดับเหตุการณ์ เป็นการถามขั้นตอนของการปฏิบัติงานหรือเหตุการณ์เรื่องราวต่างๆ

ตัวอย่างคำถามที่วัดความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับเหตุการณ์

1) วงจรชีวิตของผีเสื้อเป็นอย่างไร

1.1.2.3 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทและจัดกลุ่ม (Knowledge of Classifications and Categories) เป็นการถามความสามารถในการจำแนกสิ่งของหรือข้อเท็จจริงออกเป็นหมวดหมู่ ประเภท โดยยึดกฎเกณฑ์ วัตถุประสงค์ โครงสร้าง หน้าที่และคุณสมบัติเป็นหลัก มีแนวทางการถาม 3 ลักษณะ คือ ถามชนิด ประเภท ถามเข้าพวก และถามต่างพวก มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามชนิด ประเภท เป็นการถามที่ให้บอกชนิด ประเภทของสิ่งต่างๆ ว่าอยู่ในหมวดหมู่ เป็นสมาชิก เป็นหน่วยย่อย หรือเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มใหญ่ใด

2) ถามเข้าพวก เป็นการถามที่ให้บอกสิ่งที่อยู่ในชนิด ประเภทเดียวกับสิ่งที่ถาม

3) ถามต่างพวก เป็นการถามที่ให้บอกสิ่งที่ไม่อยู่ในชนิด ประเภทเดียวกับสิ่งที่ถาม

ตัวอย่างคำถามที่วัดความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทและจัดกลุ่ม

1) ข้อใดต่อไปนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

1.1.2.4 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ (Knowledge of Criteria) เป็นการถามเพื่อวัดว่านักเรียนสามารถจำหลักเกณฑ์ต่างๆ สำหรับใช้ในการวินิจฉัยหรือตรวจสอบข้อเท็จจริงต่างๆ

ได้หรือไม่ โดยอาจจะถามเอกลักษณ์ของสิ่งนั้น หรือการเปรียบเทียบว่าสิ่งใดดีกว่ากันมีแนวทางการถาม 2 ลักษณะ คือ ถามเอกลักษณ์ และถามให้วิจารณ์เกณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามเอกลักษณ์ เป็นการถามให้บอกเอกลักษณ์หรือลักษณะพิเศษเฉพาะตัวของสิ่งนั้น

2) ถามให้วิจารณ์เกณฑ์ เป็นการถามให้พิจารณาจากสิ่งต่างๆ ว่าควรใช้เกณฑ์ชนิดใดจึงจะถูกต้องเหมาะสม

ตัวอย่างคำถามที่วัดความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์

1) ข้อใดคือบริบทของวิทยาศาสตร์

1.1.2.5 ความรู้เกี่ยวกับระเบียบวิธีการ (Knowledge of Methodology) เป็นการถามวิธีปฏิบัติหรือกรรมวิธีต่างๆ ที่จะทำให้ได้ผลลัพธ์หรือเกิดผลตามที่ต้องการหรือถามเกี่ยวกับเทคนิค และวิธีการในการหาข้อเท็จจริง มีแนวทางการถาม 3 ลักษณะ คือ ถามวิธี ถามการปฏิบัติ และถามเปรียบเทียบวิธีปฏิบัติ มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามวิธี เป็นการถามวิธีการทำงานหรือกิจกรรมต่างๆ ให้ถูกต้องตามหลักวิชา และถามหน้าที่เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ

2) ถามการปฏิบัติ เป็นการถามที่ให้บอกสิ่งที่ต้องกระทำในการทำงานหรือกิจกรรมต่างๆ ให้ถูกต้องตามหลักวิชา

3) ถามเปรียบเทียบวิธีปฏิบัติ เป็นการถามให้เลือกวิธีการทำงานหรือกิจกรรมต่างๆ ให้ถูกต้องเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด

ตัวอย่างคำถามที่วัดความรู้เกี่ยวกับระเบียบวิธีการ

1) นักวิทยาศาสตร์ค้นพบข้อเท็จจริงได้อย่างไร

1.1.3 ความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง (Knowledge of the Universals and Abstractions in a Field) เป็นการถามความรู้ที่เป็นหลักวิชา ความคิดรวบยอด ซึ่งเป็นความจริงทั่วไปและสามารถขยายหลักการของเรื่องนั้น ความรู้ทางด้านนี้สามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1.3.1 ความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาและการสรุป (Knowledge of Principles and Generalizations) เป็นการถามความรู้ในการนำหลักวิชาไปอ้างอิงหรือไปสัมพันธ์เชื่อมโยงกับสิ่งอื่นๆ และเป็นการถามเกี่ยวกับหลักการโดยตรง ซึ่งเป็นข้อสรุปหรือหัวใจของเรื่อง รวมทั้งการนำหลักการไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่คล้ายคลึงกัน มีแนวทางการถาม 2 ลักษณะ คือ ถามหลักวิชาของเรื่อง และถามให้ขยายหลักวิชา มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามหลักวิชาของเรื่อง เป็นการถามให้บอกคติหลักวิชาของเรื่อง หรือตัวร่วมของสิ่งต่างๆ

2) ถามให้ขยายหลักวิชา เป็นการคติ หลักวิชา หรือตัวร่วมนั้นไปเกี่ยวข้องกับสิ่งอื่น

ตัวอย่างคำถามที่วัดความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาและการสรุป

1) ถ้าปริมาตรที่ให้กับมวลของแก๊สมีค่าคงที่ ความดันจะเป็นอย่างไร

1.1.3.2 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง (Knowledge of Theories and Structures) เป็นการถามเพื่อวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์จากรายละเอียดหรือหลักวิชาต่างๆ มาสรุปเป็นเนื้อหาสาระสำคัญจนตั้งเป็นกฎเกณฑ์ ทฤษฎีที่มีลักษณะร่วมกันจะถามในแง่เปรียบเทียบ ความเหมือน-ต่าง สัมพันธ์ระหว่างสูตร กฎ ทฤษฎี หรือคติและความเห็นต่างๆ

ตัวอย่างคำถามที่วัดความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง

1) การเคลื่อนที่ของลูกบาสเกตบอลและการกระโดดของกบเหมือนกันอย่างไร

1.2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการนำความรู้ความจำที่ได้จากเนื้อหาวิชามาจัดใหม่ และขยายให้ออกไปจากเดิมอย่างสมเหตุสมผล โดยสมองจะดัดแปลง ปรับปรุง เสริมแต่งความรู้เดิมให้มีลักษณะใหม่ เพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ที่แปลกออกไปแต่ยังมีลักษณะบางอย่างคล้ายคลึงกับของเดิมอยู่บ้าง ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1.2.1 การแปลความ (Translation) เป็นความสามารถในการแปลความหมายของสิ่งต่างๆ เช่น ข้อความ รูปภาพ สัญลักษณ์ ได้ตามลักษณะและนัยของเรื่องราวนั้น มีแนวทางการถาม 3 ลักษณะ คือ ถามให้แปลความหมายของคำและข้อความ ถามให้แปลความหมายของภาพและสัญลักษณ์ และถามให้แปลถอดความ มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามให้แปลความหมายของคำและข้อความ เป็นการถามที่ให้แปลความหมายของคำและข้อความจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่งตามนัยของเนื้อเรื่องนั้นๆ มีวิธีถาม 4 รูปแบบ คือ

1.1) ถามให้แปลความหมายของคำตามนัยของเนื้อเรื่อง เป็นการถามที่ให้บอกความหมายของคำใดคำหนึ่งตามนัยของข้อความที่กำหนดให้

1.2) ถามให้แปลความหมายของกลุ่มคำ เป็นการถามความหมายของประโยค วลี หรือข้อความตอนใดตอนหนึ่งของเรื่องนั้น

1.3) ถามให้ยกตัวอย่างที่แปลกใหม่ เป็นการถามที่ให้ยกตัวอย่างจากเรื่องราวนั้นที่เป็นตัวอย่างแปลกใหม่ไปจากที่เคยสอน

1.4) ถามให้เปรียบเปรย เป็นการถามที่ให้เปรียบเทียบเปรียบเปรยของสิ่งหนึ่งกับอีกสิ่งหนึ่ง

2) ถามให้แปลความหมายของภาพและสัญลักษณ์ เป็นการถามที่ให้แปลความหมายของรูปภาพ เครื่องหมาย พฤติกรรมต่างๆ มีวิธีถาม 3 รูปแบบ คือ

2.1) ถามให้แปลความหมายของภาพและวัตถุสิ่งของ เป็นการถามให้แปลความหมายของภาพและวัตถุสิ่งของที่นำมาให้ดู

2.2) ถามให้แปลความหมายของสัญลักษณ์ เป็นการถามให้แปลความหมายของสัญลักษณ์ สูตร กฎ กราฟ ตาราง และแผนภูมิที่นำมาให้ดู

2.3) ถามให้แปลความหมายของพฤติกรรม เป็นการถามให้แปลความหมายของกิริยา การกระทำต่างๆ ที่ได้แสดงออกมา

3) ถามให้แปลถอดความ เป็นการถามที่ให้แปลความหมายของเรื่องราวเดิมด้วยถ้อยคำ สำนวนใหม่ หรือภาษาใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจและจับความหมายของเรื่องนั้นได้ง่ายและถูกต้องขึ้น มีวิธีถาม 2 รูปแบบ คือ

3.1) ถามให้แปลถอดความต่างลักษณะ เป็นการถามให้ถอดความจากเรื่องราวที่มีรูปแบบลักษณะหนึ่งไปเป็นข้อความใหม่ที่มีรูปลักษณะอีกอย่างหนึ่งโดยใช้ภาษาเดิม

3.2) ถามให้แปลถอดความต่างภาษา เป็นการถามให้แปลความหมายของคำและข้อความของภาษาไปเป็นอีกภาษาหนึ่ง

ตัวอย่างคำถามที่วัดความเข้าใจในการแปลความ

1) จงอธิบายว่า เหตุใดเมื่อเอาไม้วางในถังน้ำให้ไม้ตั้งตรง จะมองดูเหมือนกับว่าไม้จะเบนโค้งที่ผิวน้ำ

1.2.2 การตีความ (Interpretation) เป็นความสามารถในการนำความหมายจากการแปลความทั้งหมดมาสัมพันธ์กัน แล้วสรุปหรือขยายความนั้นตามแนวใหม่ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แปลกไปจากเดิม มีแนวทางการถาม 2 ลักษณะ คือ ถามให้ตีความหมายของเรื่อง และถามให้ตีความหมายของข้อเท็จจริง มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามให้ตีความหมายของเรื่อง เป็นการถามที่ให้สรุปความหมายของเรื่องราวทั้งหมดในแง่ใหม่ว่าข้อความ รูปภาพ สัญลักษณ์ ตารางที่ให้ดูมีลักษณะอย่างไร เกี่ยวกับเรื่องอะไร เป็นต้น

2) ถามให้ตีความหมายของข้อเท็จจริง เป็นการถามที่ให้สรุปความหมายของข้อเท็จจริงในหลักวิชานั้น ซึ่งเป็นข้อเท็จจริงที่สามารถพิสูจน์และเชื่อถือได้

ตัวอย่างคำถามที่วัดความเข้าใจในการตีความ

1) จากตารางข้อมูลการทดลองที่กำหนดให้ จงอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลดังกล่าว

1.2.3 การขยายความ (Extrapolation) เป็นความสามารถในการขยายความหมายและนัยของเรื่องนั้นให้กว้างไกลไปจากเรื่องราวเดิมอย่างสมเหตุสมผล มีแนวทางการถาม 4 ลักษณะ คือ ถามให้ขยายความแบบจินตภาพ ถามให้ขยายความแบบพยากรณ์ ถามให้ขยายความแบบสมมติ และถามให้ขยายความแบบอนุมาน มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามให้ขยายความแบบจินตภาพ เป็นการถามที่ให้สร้างภาพพจน์เรื่องราวและเหตุการณ์ต่างๆ โดยอาศัยข้อเท็จจริงและสิ่งแวดล้อมของเรื่องนั้นเป็นหลัก

2) ถามให้ขยายความแบบพยากรณ์ เป็นการถามที่ให้คาดคะเนเรื่องราวและเหตุการณ์ต่างๆ จากแนวโน้มและจากความสัมพันธ์ที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบัน

3) ถามให้ขยายความแบบสมมติ เป็นการถามที่ให้คาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งใดสิ่งหนึ่งของเรื่องราวนั้นให้ต่างไปจากเดิม

4) ถามให้ขยายความแบบอนุมาน เป็นการถามที่ให้คาดคะเนความรู้สึก อารมณ์ของบุคคล ตัวละครในเรื่องราวนั้น

ตัวอย่างคำถามที่วัดความเข้าใจในการขยายความ

1) จากกราฟความสัมพันธ์ของข้อมูล นักเรียนคิดว่าเมื่อออกแรงเพิ่มเป็น 100 นิวตัน ถุงทรายจะเคลื่อนที่อย่างไร เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่

1.3 การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการนำเอาความรู้ความจำความเข้าใจในเรื่องราวใดๆ ไปแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ที่คล้ายคลึงกับเรื่องเดิมได้มีแนวทางการถาม 5 ลักษณะ คือ ถามความสอดคล้องระหว่างหลักวิชากับการปฏิบัติ ถามขอบเขตของการใช้หลักวิชาการถามให้อธิบายหลักวิชา ถามให้แก้ปัญหา และถามเหตุผลในการปฏิบัติ มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามความสอดคล้องระหว่างหลักวิชากับการปฏิบัติ เป็นการถามที่ให้วินิจฉัยว่าการกระทำและตัวอย่างของจริงที่สอดคล้อง ถูกต้อง เป็นไปตามสูตร กฎ หลักการ และทฤษฎีที่กำหนดให้ สามารถจำแนกได้ 2 รูปแบบ คือ

1.1) ถามความสอดคล้องระหว่างหลักวิชากับตัวอย่างเป็นการถามว่าการกระทำหรือตัวอย่างของจริงใดมีความสอดคล้องกับสูตร กฎและหลักวิชาที่กำหนดให้

1.2) ถามความสอดคล้องระหว่างตัวอย่างกับตัวอย่าง เป็นการถามว่าการกระทำหรือตัวอย่างใดมีความสอดคล้องกับการกระทำหรือตัวอย่างของจริงที่กำหนดให้ในหลักวิชานั้นๆ

2) ถามขอบเขตของการใช้หลักวิชาการ เป็นการถามขอบเขตหรือเงื่อนไขในการนำหลักวิชาไปใช้ สามารถจำแนกได้ 2 รูปแบบ คือ

2.1) ถามขอบเขตเงื่อนไขของหลักวิชาการและการปฏิบัติ เป็นการถามขอบเขตการใช้สูตร กฎ ทฤษฎี สมมติฐาน หลักการ หรือวิธีปฏิบัติการว่าใช้ได้ดีเมื่อใด ใช้ไม่ได้เมื่อใด หรือมีเงื่อนไขอะไร

2.2) ถามข้อยกเว้นของหลักวิชาและการปฏิบัติ เป็นการถามเกี่ยวกับเรื่องที่สูตร กฎ ทฤษฎี สมมติฐาน หลักการ ครอบคลุมไปไม่ถึง หรือวิธีการปฏิบัติที่ให้ผลผลิตไปจากปกติวิสัยทั่วๆ ไป

3) ถามให้อธิบายหลักวิชา เป็นการถามที่ให้อธิบายเรื่องราว ปรากฏการณ์และการกระทำต่างๆ ตามหลักวิชาว่าเป็นเพราะเหตุใด

4) ถามให้แก้ปัญหา เป็นการถามโดยตั้งคำถามเป็นเรื่องราวหรือเหตุการณ์สมมติ แล้วให้แก้ปัญหานั้นด้วยความคิด ความสามารถของตนเอง สามารถจำแนกได้ 2 รูปแบบ คือ

4.1) ถามให้แก้ปัญหาเฉพาะหน้า เป็นการถามที่ให้หาวิธีการแก้ไขเมื่อมีประสบการณ์หรือสภาพการปฏิบัติใดๆ ที่ไม่สมบูรณ์ เป็นการหาสิ่งทดแทนชั่วคราวเฉพาะหน้าโดยไม่ให้เสียหายมากนักหรือหยุดชะงัก

4.2) ถามให้แก้ปัญหาตามหลักวิชา เป็นการถามที่ให้หาคำตอบโดยใช้สูตร กฎ หรือหลักวิชาของเรื่องราวนั้นๆ มาแก้ปัญหาโดยตรง

5) ถามเหตุผลในการปฏิบัติ เป็นการถามวิธีการปฏิบัติและเหตุผลของการปฏิบัตินั้น สามารถจำแนกได้ 2 รูปแบบ คือ

5.1) ถามให้ตรวจสอบแก้ไข เป็นการถามที่ให้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของการปฏิบัติต่างๆ ว่าถูกต้องตามทฤษฎีและหลักการหรือไม่ เพราะเหตุใด หรือยังมีข้อบกพร่องที่ใดเพราะเหตุใด

5.2) ถามให้วินิจฉัยคัดเลือก เป็นการถามที่ให้วินิจฉัย วิจารณ์เปรียบเทียบการปฏิบัติต่างๆ ว่าเป็นวิธีการที่ถูกต้องเหมาะสมหรือขัดแย้งกับหลักวิชาใด หรือมีเหตุผลสมควรอันใดถึงได้ประพฤติปฏิบัติเช่นนั้น

ตัวอย่างคำถามที่วัดการนำไปใช้

1) นักเรียนคนหนึ่งพายเรือในคลองเพื่อตกปลา ปรากฏว่าพบแท่งเหล็กบางแท่งหนึ่งจึงได้ยกไว้บนเรือ ระดับน้ำในคลองมีความลึกเพียงใด จะต้องทำอย่างไร

1.4 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการพิจารณาแยกแยะสิ่งต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ ตามหลักการและกฎเกณฑ์ที่กำหนดให้ เพื่อค้นหาความจริงต่างๆ ที่อยู่ในเรื่องราวสิ่งนั้น ความสามารถทางด้านนี้จำแนกออกเป็น 3 ประเภท คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบย่อย (Analysis of Elements) เป็นการถามที่ให้ค้นหาคุณลักษณะที่เด่นชัดของเรื่องราวในแง่มุมต่างๆ ตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดให้หรือส่วนย่อยๆ ของเรื่องราวนั้น ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไรมีแนวทางการถาม 3 ลักษณะ คือ ถามให้วิเคราะห์ชนิด ถามให้วิเคราะห์ความสำคัญ และถามให้วิเคราะห์เลศนัย มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามให้วิเคราะห์ชนิด เป็นการถามที่ให้บอกชนิด ลักษณะ ประเภทของเรื่องราว สิ่งของ การกระทำต่างๆ ตามกฎเกณฑ์และหลักการใหม่ที่กำหนดให้ โดยถามทั้งหมดหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของเรื่องราวนั้นก็ได้

2) ถามให้วิเคราะห์สิ่งสำคัญ เป็นการถามที่ให้ค้นหาสิ่งที่มีความหมายสำคัญ จับใจความสำคัญที่เป็นเนื้อหาสาระของเรื่องราว หรือค้นหาความมุ่งหมายและผลลัพธ์สำคัญของเรื่องราว

3) ถามให้วิเคราะห์เลศนัย เป็นการถามที่ให้ค้นหาเจตนาและความคิดที่แฝงอยู่เบื้องหลังของเรื่องราว เหตุการณ์ หรือสิ่งต่างๆ ที่มีแง่มุมน่าสงสัย เงื่อนงำที่สำคัญ

ตัวอย่างคำถามที่วัดการวิเคราะห์องค์ประกอบย่อย

1) จากบทความข้างต้น ข้อใดเป็นสมมติฐานที่สอดคล้องกับการทดลองในเรื่องประจุไฟฟ้า

1.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationships) เป็นการถามที่ให้ค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างสิ่งย่อยๆ ของเรื่องราว เหตุการณ์ หรือสิ่งต่างๆ มีแนวทางการถาม 4 ลักษณะ คือ ถามขนาดความสัมพันธ์ ถามขั้นตอนของความสัมพันธ์ ถามวัตถุประสงค์และวิธีการ และถามสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามขนาดความสัมพันธ์ เป็นการถามที่ว่าสิ่งต่างๆ มีความสัมพันธ์กันมากน้อยระดับใด

2) ถามขั้นตอนของความสัมพันธ์ เป็นการถามถึงลำดับของความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ

3) ถามวัตถุประสงค์และวิธีการ เป็นการถามที่ว่าเรื่องราวและการกระทำนั้นมีเป้าหมายอย่างไร มีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับวัตถุประสงค์ วิธีการของเรื่องนั้นเป็นลักษณะใด

4) ถามสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น เป็นการถามถึงสิ่งสองสิ่งที่มีเหตุปัจจัยและเป็นผลซึ่งกันและกัน

ตัวอย่างคำถามที่วัดการวิเคราะห์ความสัมพันธ์

1) จากการทดลองที่กำหนดให้ นักเรียนจะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของก๊าซอย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4.3 การวิเคราะห์หลักการ (Analysis of Organizational Principles) เป็นการถามที่ให้ค้นหาโครงสร้างและระบบของเรื่องราว สิ่งต่างๆ หรือการกระทำว่าที่สามารถอยู่รวมกันอย่างนั้นยึดหลักการใดมีแนวทางการถาม 2 ลักษณะ คือถามให้วิเคราะห์โครงสร้าง และถามให้วิเคราะห์หลักการ มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามให้วิเคราะห์โครงสร้าง เป็นการถามถึงลักษณะของวิธีรวมตัวของส่วนประกอบย่อยๆ ที่เชื่อมโยงยึดเหนี่ยวเข้าเป็นรูปเดียวกัน

2) ถามให้วิเคราะห์หลักการ เป็นการถามถึงหลักวิชาที่เรื่องราว เหตุการณ์ สิ่งต่างๆ และการกระทำได้ยึดถือเป็นพื้นฐานหรือแนวทางในการปฏิบัติ

ตัวอย่างคำถามที่วัดการวิเคราะห์หลักการ

1) ตึกใบหยกสามารถทรงตัวอยู่ได้อย่างไร

1.5 การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการรวบรวม ผสมผสานสิ่งต่างๆ ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปให้กลายเป็นสิ่งใหม่ที่มีคุณลักษณะแตกต่างไปจากเดิม โดยใช้ความสามารถและความคิดเห็นอย่างอิสระของตนเอง ความสามารถทางด้านนี้จำแนกออกเป็น 3 ประเภท คือ

1.5.1 การสังเคราะห์ข้อความ (Production of a Unique Communication) เป็นความสามารถในการนำความรู้ และประสบการณ์ต่างๆ มาผสมผสานกันเพื่อให้เกิดข้อความ ผลิตผลหรือการกระทำที่สามารถสื่อสารความคิดและอารมณ์ให้ผู้อื่นรับรู้ได้ มีแนวทางการถาม 3 ลักษณะ คือ ถามการสังเคราะห์ข้อความโดยการพูด ถามการสังเคราะห์ข้อความโดยการเขียน และถามการสังเคราะห์ข้อความโดยการแสดง มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามการสังเคราะห์ข้อความโดยการพูด เป็นการถามที่ให้แสดงความรู้ความสามารถหรือความคิดเห็นในเรื่องราวต่างๆ โดยการพูดเป็นสำนวนถ้อยคำของตนเอง ได้แก่ แสดงความคิดเห็นต่อเรื่องราวที่กำหนดให้ ชี้แจงอธิบายเรื่องราวให้ชัดเจนขึ้น สรุปสิ่งที่เป็นสาระสำคัญของเรื่อง วิจารณ์ทั้งข้อดีข้อเสียของสิ่งต่างๆ อภิปรายในเรื่องราวต่างๆ กล่าวสุนทรพจน์ เป็นต้น

2) ถามการสังเคราะห์ข้อความโดยการเขียน เป็นการถามที่ให้แสดงความรู้ความสามารถหรือความคิดเห็นในเรื่องราวต่างๆ โดยการเขียน ได้แก่ เขียนเรียงความเขียนประกาศ เป็นต้น

3) ถามการสังเคราะห์ข้อความโดยการแสดง เป็นการถามที่ให้แสดงความรู้ความสามารถหรือความคิดเห็นในเรื่องราวต่างๆ โดยรูปภาพ สิ่งของ เสียงดนตรี การกระทำการแสดง ได้แก่ วาดภาพให้สอดคล้องกับชื่อเรื่องที่กำหนดให้ หรือวาดภาพตามจินตนาการของตนเอง เป็นต้น

Chulalongkorn University

ตัวอย่างคำถามที่วัดการสังเคราะห์ข้อความ

1) จากกิจกรรมการทดลอง นักเรียนจะสรุปผลการทดลองอย่างไร

1.5.2 การสังเคราะห์แผนงาน (Production of a Plan or Proposed Set of Operations) เป็นความสามารถในการกำหนดแนวทางและขั้นตอนของการปฏิบัติงานใดๆ ล่วงหน้าเพื่อให้งานนั้นดำเนินไปได้อย่างเรียบร้อย บรรลุผลตามเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

ตัวอย่างคำถามที่วัดการสังเคราะห์แผนงาน

1) ให้นักเรียนออกแบบการทดลองจากข้อมูลที่กำหนดให้

1.5.3 การสังเคราะห์ความสัมพันธ์ (Derivation of a Set of Abstract Relations) เป็นการถามที่ให้นำความสำคัญและหลักการต่างๆ มาผสมให้เป็นเรื่องเดียวกัน ทำให้เกิดสิ่งใหม่ เรื่องราวใหม่ที่มีความสัมพันธ์ต่างไปจากเดิม

ตัวอย่างคำถามที่วัดการสังเคราะห์ความสัมพันธ์

1) จากการทดลองข้างต้น นักเรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันในเรื่องใด

1.6 การประเมินค่า (Evaluations) เป็นความสามารถในการตีราคาสิ่งต่างๆ โดยสรุปอย่างมีหลักเกณฑ์ว่าสิ่งนั้นมีคุณค่าดี-ไม่ดี เหมาะสม-ไม่เหมาะสม ถูกต้อง-ไม่ถูกต้อง โดยมีเกณฑ์หรือมาตรฐานอย่างใดอย่างหนึ่งยึดเป็นหลักในการพิจารณา ความสามารถทางด้านนี้จำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.6.1 การประเมินค่าโดยอาศัยเกณฑ์ภายใน (Judgments in Terms of Internal Evidence) เป็นการถามที่ให้ประเมินค่าของสิ่งต่างๆ โดยใช้ข้อเท็จจริงที่ปรากฏในเรื่องราวนั้นเป็นหลักในการพิจารณามีแนวทางการถาม 5 ลักษณะ คือ ถามให้ประเมินความถูกต้องเที่ยงตรงของเรื่อง ถามให้ประเมินความเป็นเอกพันธุ์ของเรื่อง ถามให้ประเมินความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูล ถามให้ประเมินความเหมาะสม ประสิทธิภาพของวิธีการและการปฏิบัติ และถามให้ประเมินความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์และผลสรุป มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามให้ประเมินความถูกต้องเที่ยงตรงของเรื่อง เป็นการถามที่ให้ประเมินว่าเรื่องราวนั้น การกระทำนั้นถูกหรือผิด เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมในทางใด สอดคล้องกับเกณฑ์หรือมาตรฐานของเรื่องหรือไม่ มีความเด่นหรือด้อยที่เห็นชัดในด้านใด เป็นต้น

2) ถามให้ประเมินความเป็นเอกพันธุ์ของเรื่อง เป็นการถามให้ประเมินความสอดคล้องเป็นอันเดียวกันขององค์ประกอบต่างๆ ในเรื่องนั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกันตลอดเรื่องหรือไม่ ข้อเท็จจริงต่างๆ ในเรื่องนั้นมีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกัน

3) ถามให้ประเมินความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูล เป็นการถามที่ให้ประเมินความถูกต้องเหมาะสม เชื่อถือได้ของข้อมูล ข้อเท็จจริงในเรื่องนั้นว่ามีความถูกต้องเหมาะสมเชื่อถือได้เพียงใด

4) ถามให้ประเมินความเหมาะสม ประสิทธิภาพของวิธีการและการปฏิบัติเป็นการถามที่ให้ประเมินลำดับขั้นตอน วิธีการดำเนินการในเรื่องนั้นมีความถูกต้องเหมาะสมเพียงใด ควรใช้วิธีการใดจึงจะเหมาะสมกับสถานการณ์นั้น วิธีใดมีโอกาสประสบความสำเร็จ มีประสิทธิภาพมากกว่า วิธีการใดถูกต้องหรือดี-ไม่ดีกว่าวิธีการอื่นในแง่ใด

5) ถามให้ประเมินความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์และผลสรุป เป็นการถามที่ให้ประเมินความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ ผลสรุปที่ได้นั้นเพียงพอหรือไม่เพียงใด เกณฑ์ที่นำมาใช้ในการประเมินเรื่องราวนั้นมีความถูกต้องเหมาะสม เชื่อถือได้ และสอดคล้องกับหลักวิชาเพียงใด

ตัวอย่างคำถามที่วัดการประเมินค่าโดยอาศัยเกณฑ์ภายใน

1) ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามที่คาดไว้หรือไม่เพราะเหตุใด

1.6.2 การประเมินค่าโดยอาศัยเกณฑ์ภายนอก (Judgments in Terms of External Evidence) เป็นการถามที่ให้ประเมินค่าสิ่งต่างๆ โดยใช้ข้อเท็จจริง เกณฑ์ มาตรฐาน หรือสิ่งที่สังคมกำหนดและยอมรับกันโดยทั่วไป ซึ่งอยู่ภายนอกเรื่องราวนั้นมาเป็นหลักในการพิจารณา มีแนวทางการถาม 4 ลักษณะ คือถามให้ประเมินโดยสรุป ถามให้ประเมินโดยเปรียบเทียบ ถามให้ประเมินกับมาตรฐาน และถามให้ประเมินความเด่นความด้อย มีรายละเอียดดังนี้

1) ถามให้ประเมินโดยสรุป เป็นการถามที่ให้ประเมินว่าเรื่องราว การกระทำนั้นโดยสรุปแล้วถ้ายึดตามเกณฑ์ที่กำหนดให้จะต้องชี้ขาดเรื่องนี้ว่าอย่างไร เรื่องนี้มีลักษณะตรงกับเกณฑ์ใดมากที่สุด

2) ถามให้ประเมินโดยเปรียบเทียบ เป็นการถามที่ให้ประเมินว่าระหว่างสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในสกุลเดียวกันว่าสิ่งหนึ่งดีหรือไม่ดีกว่าสิ่งหนึ่งในแง่ใด ลักษณะใด เพราะเหตุใด

3) ถามให้ประเมินกับมาตรฐาน เป็นการถามที่ให้ประเมินค่าสิ่งนั้นเรื่องราวนั้นโดยเปรียบเทียบกัน สิ่งที่เป็นมาตรฐานของเรื่องนั้นในสังคมนั้น เช่น ขนบธรรมเนียมประเพณีวัฒนธรรม ค่านิยมของสังคมนั้น

4) ถามให้ประเมินความเด่นความด้อย เป็นการถามที่ให้ประเมินค่าสิ่งนั้น เรื่องราวนั้นทั้งในด้านดีและด้านไม่ดี เพราะเหตุใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างคำถามที่วัดการประเมินค่าโดยอาศัยเกณฑ์ภายนอก

1) นักเรียนจะใช้เกณฑ์ใดในการพิจารณาปริมาณน้ำฝนในสัปดาห์หน้า

Carin and Sund (1971) ได้จำแนกประเภทของคำถามโดยใช้วัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมด้านพุทธิพิสัย (Bloom's Taxonomy of Educational Objectives: Cognitive Domain) เป็นเกณฑ์ ซึ่งจำแนกประเภทของคำถามออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1) คำถามขั้นความรู้ (Knowledge) เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการระลึกหรือจำเรื่องราวที่เคยได้เรียนรู้มาแล้ว

2) คำถามขั้นความเข้าใจ (Comprehension) เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการแปลความ ตีความ และขยายความ โดยนักเรียนจะต้องสื่อความหมายออกมาเป็นความคิดหรือคำพูดของตนเอง

3) คำถามขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Application) เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้สามารถในการนำความรู้ความจำ และความเข้าใจของเรื่องราวที่ได้เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาเรื่องใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกัน

4) คำถามขั้นวิเคราะห์ (Analysis) เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบ และหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยของข้อเท็จจริงของเรื่องราว เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง

5) คำถามขั้นสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการรวบรวมหรือประกอบส่วนย่อยทั้งหลายให้เป็นส่วนรวมที่มีรูปแบบหรือโครงสร้างใหม่ และมีคุณภาพหรือความหมายมากกว่าเดิม

6) คำถามขั้นประเมินค่า (Evaluating) เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการนำความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การวิเคราะห์ และสังเคราะห์มาใช้ในการตัดสินคุณค่าของสิ่งต่างๆ ของเหตุการณ์ หรือ ผลงานตลอดจนความคิดเห็นและทัศนคติอย่างมีหลักเกณฑ์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) ได้จำแนกคำถามระดับขั้นของการใช้ความคิดในพุทธิพิสัยเป็นวัตถุประสงค์ด้านปัญญา ซึ่งเริ่มจากการคิดต่ำสุดไปยังสูงสุดเรียงตามลำดับ คือ 1) ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ 6) การประเมินค่า ประเภทของคำถามจึงแบ่งตามระดับการคิด คือ ถามความจำ ถามความเข้าใจ ถามการนำไปใช้ ถามการวิเคราะห์ ถามการสังเคราะห์ ถามการประเมินค่า ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ถามความจำ เป็นคำถามที่มีคำตอบแน่นอน ถามเนื้อหาเกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำจำกัดความ คำนิยาม คำศัพท์ กฎ ทฤษฎี ถามเกี่ยวกับใคร (who) อะไร (what) เมื่อไร (when) ที่ไหน (where) รวมทั้งใช่หรือไม่

ตัวอย่างคำถามความจำ

1) ผู้ค้นพบทฤษฎีสัมพันธภาพคือใคร
2) ไมเคิลฟาราเดย์ เป็นนักวิทยาศาสตร์ชาติอะไร

2) ถามความเข้าใจ เป็นคำถามที่ต้องใช้ความรู้ ความจำ มาประกอบเพื่ออธิบายด้วยคำพูดของตนเอง เป็นคำถามที่สูงกว่าคำถามความจำ

ตัวอย่างคำถามความเข้าใจ

1) จงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการแพร่ และการออสโมซิส
2) จงยกตัวอย่างกรดที่ใช้ในชีวิตประจำวัน

3) ถามการนำไปใช้ เป็นคำถามที่นำความรู้และความเข้าใจไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

ตัวอย่างคำถามการนำไปใช้

1) ท่านจะมีวิธีประหยัดการใช้น้ำในครอบครัวของท่านได้หรือไม่ อย่างไร
2) ท่านจะทดสอบว่าน้ำส้มสายชูในครัวของท่านเป็นของแท้หรือของปลอมได้อย่างไร

4) ถามการวิเคราะห์ เป็นคำถามที่ให้จำแนกแยกแยะเรื่องราวต่างๆ ว่าประกอบด้วยส่วนย่อยอะไรบ้าง โดยอาศัยหลักการ กฎ ทฤษฎี ที่มาของเรื่องราว หรือเหตุการณ์นั้น

ตัวอย่างคำถามการวิเคราะห์

1) อาหารในจานนี้ประกอบด้วยสารอาหารประเภทใดบ้าง
2) การที่ประชาชนในแต่ละภาคของประเทศไทยมีความเป็นอยู่แตกต่างกันนั้นมีปัจจัยสำคัญใดเป็นสาเหตุบ้าง

5) ถามการสังเคราะห์ เป็นคำถามที่ใช้กระบวนการคิด เพื่อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลย่อยๆ ขึ้นเป็นหลักการหรือแนวคิดใหม่

ตัวอย่างคำถามการสังเคราะห์

1) จงออกแบบเสื้อที่ผสมผสานระหว่างวัฒนธรรมตะวันออกและตะวันตก
2) ให้ออกแบบหนังสือพิมพ์ใหม่ หลังจากวิเคราะห์หนังสือพิมพ์ชนิดต่างๆ แล้ว

6) ถามการประเมินค่า เป็นคำถามที่ให้นักเรียนตีคุณค่า โดยใช้ความรู้ ความรู้สึก ความคิดเห็นในการกำหนดเกณฑ์เพื่อประเมินค่าสิ่งเหล่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างคำถามการประเมินค่า

1) ผลการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของกลุ่มใดดีที่สุด

2) นักเรียนคนใดมีความสามารถในการนำเสนอผลการทดลองเป็นที่ชื่นชมมากที่สุด

จากการศึกษาประเภทของคำถามในการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของนักการศึกษาหลายท่าน โดยใช้วัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมด้านพุทธิพิสัยเป็นเกณฑ์ สามารถจำแนกประเภทของคำถามในการเรียนการสอนออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้ 1) คำถามขั้นความรู้ เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการระลึกหรือจำเรื่องราวที่เคยได้เรียนรู้มาแล้ว 2) คำถามขั้นความเข้าใจเป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการแปลความ ตีความ และขยายความ 3) คำถามขั้นการนำความรู้ไปใช้ เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้สามารถในการนำความรู้ความจำ และความเข้าใจของเรื่องราวที่ได้เรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาเรื่องใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกัน โดยใช้หลักการ กฎเกณฑ์ และวิธีดำเนินการต่างๆ 4) คำถามขั้นวิเคราะห์ เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวหรือเหตุการณ์ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่ามีองค์ประกอบหรือส่วนย่อยๆ อะไรบ้าง และหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยของข้อเท็จจริงของเรื่องราว เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง 5) คำถามขั้นสังเคราะห์ เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการรวบรวมหรือประกอบส่วนย่อยทั้งหลายให้เป็นส่วนรวมที่มีรูปแบบหรือโครงสร้างใหม่ และมีคุณภาพหรือความหมายมากกว่าเดิมและ 6) คำถามขั้นประเมินค่าเป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการนำความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การวิเคราะห์ และสังเคราะห์มาใช้ในการตัดสินคุณค่าของสิ่งต่างๆ ของเรื่องราว เหตุการณ์ บุคคล ผลงานตลอดจนความคิดเห็นและทัศนคติอย่างมีหลักเกณฑ์

2.2.2 ประเภทของคำถามในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้จำแนกประเภทของคำถามในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) ได้สรุปประเภทของคำถามเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยยึดตามแนวของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) ซึ่งลักษณะของคำถามแต่ละทักษะ มีดังนี้

1. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการสังเกต เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนได้ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส เข้าสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ ทั้งนี้โดยไม่ใช้

ประสบการณ์และความคิดเห็นของผู้สังเกตในการเสนอข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสังเกตควรเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลง

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการสังเกต

1) สิ่งที่ได้จากการสังเกตภาพมีอะไรบ้าง
2) มะม่วงผลนี้มีลักษณะอย่างไร

2. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการจำแนกประเภท เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ และเหตุการณ์เป็นพวกๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่งเกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง การจำแนกและการเรียงลำดับนั้นอาจใช้เกณฑ์ที่กำหนดมาให้ หรือใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเอง

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการจำแนกประเภท

1) จงบอกความแตกต่างระหว่างปลาฉลามกับปลาโลมา
2) จงเรียงลำดับก้อนหินจากขนาดใหญ่ไปหาขนาดเล็ก

3. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการวัด เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอและรวมไปถึงการเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อสิ่งที่ต้องการวัดด้วย

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการวัด

1) เรามีวิธีวัดปริมาตรของก้อนหินอย่างไร
2) จงบอกวิธีวัดเส้นรอบวงของต้นไม้ต้นนี้

4. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการใช้เลขจำนวน เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการบวก ลบ คูณ และหาร ตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรงหรือจากแหล่งอื่นๆ อีกทอดหนึ่ง ทั้งนี้ตัวเลขที่นำมาบวก ลบ คูณ และหารนั้น จะต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกับตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณ จะช่วยให้สามารถสื่อสารความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจน

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการใช้เลขจำนวน

1) ร้อยละ 70 ของประชากรในหมู่บ้านนี้คิดเป็นกี่คน
2) กระแสไฟฟ้า 0.5 แอมแปร์ไหลผ่านเส้นลวด ความต่างศักย์ 110 โวลต์ จงหาความต้านทานของลวดตัวนำ

5. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสสเปสกับเวลา เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ระหว่าง

ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส สเปสกับเวลา

1) ถ้าตั้งน้ำแข็งก้อนใหญ่ทิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง น้ำแข็งก้อนนี้จะมีขนาดเหลือเท่าใด

2) น้ำในภาชนะนี้ควรเทลงในบีกเกอร์ปริมาตรกี่ลูกบาศก์เซนติเมตรจึงจะไม่ล้น

6. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปหรือปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

1) เพราะเหตุใดจึงคิดว่าสารนี้เป็นกรด

2) ผ้าผืนนี้นิ่มคล้ายกับอะไร

7. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การทดลอง หรือจากแหล่งอื่นที่มีข้อมูลดิบอยู่แล้วมาจัดกระทำใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การหาค่าเฉลี่ย เป็นต้น แล้วนำข้อมูลที่จัดกระทำแล้วนั้นมาเสนอหรือแสดงให้บุคคลอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาศัยการเสนอด้วยรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เป็นต้น

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

1) ข้อมูลเกี่ยวกับความสูงของนักเรียน ม.1/5 จะมีวิธีจัดกระทำข้อมูลให้เข้าใจง่ายได้อย่างไร

2) ให้สังเกตและบันทึกผลลักษณะของช้าง

8. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการพยากรณ์ เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการพยากรณ์ ซึ่งอาจเป็นการพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูลที่ศึกษาหรือภายนอกขอบเขตข้อมูลที่ศึกษา

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการพยากรณ์

1) วันนี้ท้องฟ้าเต็มไปด้วยเมฆ ให้คาดคะเนว่า จะเกิดอะไรขึ้นบ้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) จากตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ให้นักเรียนพิจารณาว่าถ้าใช้ลวดชนิดเดิมพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางมิลลิเมตรแต่มีความยาวมากกว่าเดิม 2 เท่า นักเรียนคาดคะเนว่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมีค่าเท่าไร

9. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการกำหนดว่า สิ่งที่ศึกษาตัวใดเป็นตัวแปรต้น ตัวใดเป็นตัวแปรตามในปรากฏการณ์หนึ่งๆ ที่ต้องการศึกษา โดยทั่วไปในปรากฏการณ์หนึ่งๆ จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคู่หนึ่งเป็นอย่างน้อย ซึ่งในการศึกษาปรากฏการณ์นั้นจำเป็นที่จะต้องสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นสาเหตุและเป็นตัวแปรที่เป็นสาเหตุอื่นๆ ในขณะที่ศึกษาตัวแปร สาเหตุตัวใดตัวหนึ่ง

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

1) จากข้อความข้างต้น จงตอบคำถามต่อไปนี้

1.1) สิ่งใดจัดเป็นตัวแปรต้น

1.2) สิ่งใดจัดเป็นตัวแปรตาม

1.3) ควรควบคุมตัวแปรใดบ้าง

10. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป ข้อความของสมมติฐานกำหนดขึ้นโดยการสังเกตประกอบกับความรู้ ประสบการณ์ กฎ หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คำตอบล่วงหน้าเป็นคำตอบชั่วคราวดังกล่าวต้องนำไปพิสูจน์

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน

1) จงคาดคะเนสาเหตุที่สำคัญที่สุดที่ทำให้น้ำบ่อนี้เน่า

2) ถ้านำก้อนโลหะขนาดเท่ากัน รูปทรงเดียวกัน แต่เป็นโลหะต่างชนิดกัน คือ เหล็ก ทองแดง และอะลูมิเนียม หย่อนลงในภาชนะใส่น้ำที่มีปริมาตรเท่ากันทีละชนิด จงคาดคะเนว่าน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

11. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถที่จะกำหนดว่าจะมีวิธีวัดตัวแปรที่ศึกษาอย่างไร ซึ่งเป็นวิธีวัดที่สามารถเข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้โดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร

1) มีวิธีทดสอบอย่างง่ายว่าแก๊สในกระบอกนี้ คือ แก๊สออกซิเจนได้อย่างไร

2) ในการศึกษาเรื่องผลของการออกกำลังกายแบบต่างๆ ต่อการเต้นของหัวใจ นักเรียนจะวัดการเต้นของหัวใจอย่างไร

12. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการทดลอง เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการตรวจสอบสมมติฐานโดยปฏิบัติการหาคำตอบ ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นที่ออกแบบ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการทดลอง

1) ให้ออกแบบการทดลอง เพื่อพิสูจน์ว่า ขนาดของแรงเสียดทานขึ้นกับน้ำหนักของวัตถุ

2) ให้ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเรื่องคุณภาพของต้นมะลิที่ปลูกด้วยวิธีกางมุ้งดีกว่าต้นมะลิที่ปลูกด้วยวิธีปกติ

13. คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำ แล้วนำเสนอในรูปแบบต่างๆ แล้วระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษาได้เป็นข้อความรู้ใหม่อันเป็นคำตอบของปัญญา

ตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

1) จากตารางตอบคำถามต่อไปนี้

1.1) แก๊สชนิดใดบ้างทำให้สารละลายแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ไม่ขุ่นและแก๊สชนิดใดทำให้ขุ่น

1.2) ให้สรุปผลการทดลอง

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544) กล่าวถึงคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยยึดตามแนวของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) แบ่งเป็น 13 ทักษะ ซึ่งคำถามที่นำไปสู่ทักษะที่ 1-8 จัดเป็นคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และคำถามที่นำไปสู่ทักษะที่ 9-13 เป็นคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นผสม ดังนี้

1. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการสังเกต

การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือประสาทสัมผัสทั้ง 5 อัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย เข้าไปสำรวจวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติ หรือจากการทดลอง โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย ในการฝึกทักษะการสังเกตให้กับนักเรียนสิ่งที่สำคัญก็คือ การใช้คำถามเพื่อนำไปสู่ทักษะการสังเกตของครูผู้สอน

ตัวอย่างคำถามสู่ทักษะการสังเกต คือ

1.1 คำถามที่ให้ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือประสาทสัมผัสทั้ง 5 สังเกตวัตถุสิ่งของต่างๆ โดยตรง เช่น

1) ดอกไม้ที่ครูถืออยู่นี้มีลักษณะอย่างไร

2) สารที่ใช้ในการทดลองแต่ละชนิดมีลักษณะอย่างไร

1.2 คำถามที่ให้ใช้ประสาทสัมผัสสังเกตลักษณะของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น

1) เมื่อต้มของเหลวทั้งสองชนิดจนแห้ง ของเหลวแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

2) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนชอล์กและบนกระดาษกรองเป็นอย่างไร

1.3 คำถามที่ให้กะประมาณขนาดหรือจำนวนของวัตถุสิ่งของต่างๆ เช่น

1) ดินน้ำมันก้อนนี้ยาวประมาณกี่เซนติเมตร

2) กล่องดินสอกล่องนี้บรรจุดินสอได้ประมาณกี่แท่ง

2. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการจำแนกประเภท

การจำแนกประเภทเป็นกระบวนการที่ใช้จัดจำพวกวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ต้องการศึกษาออกเป็นหมวดหมู่ โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันซึ่งการจำแนกเป็นพวกนั้นต้องมีเกณฑ์ในการจำแนกด้วย

ตัวอย่างของคำถามที่นำไปสู่ทักษะการจำแนกประเภท คือ

2.1 คำถามที่ให้แบ่งพวกหรือเรียงลำดับสิ่งของโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดให้ เช่น

1) นักเรียนจะแบ่งหินต่อไปนี้โดยใช้ผลึกเป็นเกณฑ์ได้อย่างไร

2) นักเรียนจะแบ่งพืชต่อไปนี้โดยใช้ลักษณะของขอบใบเป็นเกณฑ์ได้อย่างไร

2.2 คำถามที่ให้แบ่งพวกหรือเรียงลำดับสิ่งของโดยใช้เกณฑ์ของตนเอง เช่น

1) ถ้าไม่ใช้ผลึกเป็นเกณฑ์ นักเรียนจะแบ่งหินเป็นพวกได้อย่างไรอีก

2) ถ้าไม่ใช้ลักษณะของขอบใบเป็นเกณฑ์นักเรียนจะแบ่งพืชเป็นพวกๆ ได้อย่างไรอีก

2.3 คำถามให้บอกเกณฑ์ในการแบ่งพวกหรือเรียงลำดับสิ่งของที่จัดไว้ เช่น

1) นักเรียนคิดว่าครูใช้เกณฑ์อะไรในการแบ่งหินออกเป็นพวกๆ

2) นักเรียนคิดว่าครูใช้เกณฑ์อะไรในการแบ่งพืชออกเป็นพวกๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการวัด

การวัด หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดอย่างเหมาะสม และใช้เครื่องมือนั้นหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขได้ถูกต้องและรวดเร็ว โดยมีหน่วยกำกับตลอดจนสามารถอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ตัวอย่างของคำถามที่นำไปสู่ทักษะการวัด คือ

3.1 คำถามที่ให้เลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสมและถูกต้อง เช่น

1) ถ้าจะวัดความสูงของต้นถั่ว นักเรียนจะใช้เครื่องมืออะไร

2) ถ้านักเรียนจะหามวลของสารต่อไปนี้นักเรียนจะใช้เครื่องชั่งสปริง เครื่องชั่งสองแขน หรือเครื่องชั่งแบบจาน

3.2 คำถามที่ให้อธิบายวิธีวัดว่าวัดอย่างไรจึงถูกต้องและแม่นยำ เช่น

1) ถ้าจะหาเส้นรอบวงของเหรียญสิบบาท นักเรียนจะทำอย่างไร

2) ถ้าจะหาปริมาตรของน้ำในถ้วยนี้ นักเรียนจะทำอย่างไร

3.3 คำถามที่ให้บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัด เช่น

1) เหตุใดนักเรียนจึงเลือกใช้เทอร์มอมิเตอร์แบบธรรมดาวัดอุณหภูมิของน้ำ

2) เหตุใดนักเรียนจึงเลือกใช้กระบอกตวงในการหาปริมาตรของของเหลวในถ้วยนั้น

3.4 คำถามที่ให้ใช้เครื่องมือทำการวัดได้ถูกต้อง แม่นยำ ตลอดจนสามารถอ่านข้อมูลที่ได้อย่างรวดเร็วและใกล้เคียงกับความจริง เช่น

1) โต๊ะตัวนี้หนักกว้างเท่าไร

2) ห้องนี้ยาวเท่าไร

4. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการใช้ตัวเลข

การใช้ตัวเลข หมายถึง การนำค่าที่ได้จากการวัดมาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่โดยการนับ และนำตัวเลขที่แสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร และหาค่าเฉลี่ย ยกกำลังสอง หรือถอดรากเพื่อใช้ในการสื่อความหมายให้ชัดเจนและเหมาะสม

ตัวอย่างคำถามที่นำไปสู่ทักษะการใช้ตัวเลข คือ

4.1 คำถามที่ให้นับจำนวน เช่น

1) ในน้ำ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำตาลสามารถละลายได้มากที่สุดกี่ช้อน

4.2 คำถามที่ให้ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับ เช่น

1) สิ่งมีชีวิตที่นักเรียนสำรวจได้เป็นเท่าไร

4.3 คำถามที่ให้บอกวิธีคำนวณ เช่น

1) ถ้านักเรียนทราบความกว้าง ความยาว และความสูงของกล่อง นักเรียนจะหาปริมาตรของกล่องใบนี้ได้อย่างไร

4.4 คำถามที่ให้คิดคำนวณ เช่น

1) กล่องใบนี้มีปริมาตรเท่าไร

4.5 คำถามที่ให้แสดงวิธีคิดคำนวณ เช่น

1) ตัวเลข 12 ลูกบาศก์เซนติเมตรได้มาอย่างไร

5. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการพยากรณ์

การพยากรณ์เป็นการทำนายหรือการคาดคะเนคำตอบโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต หรือข้อมูลจากประสบการณ์ที่เกิดซ้ำๆ ในเรื่องนั้นมาช่วย การทำนายที่แม่นยำเป็นผลมาจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึกและการจัดกระทำกับข้อมูลอย่างเหมาะสม

ตัวอย่างคำถามที่นำไปสู่ทักษะการพยากรณ์ คือ

5.1 คำถามที่ให้ทำนายผลหรือเหตุการณ์หรือสิ่งที่จะเกิดขึ้นโดยอาศัยข้อมูล ความสัมพันธ์ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่เป็นแนวทาง เช่น

1) ถ้าความดันบรรยากาศมีค่า 752 มิลลิเมตรของปรอท จุดเดือดของน้ำจะมีค่าเท่าไร

6. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการลงความคิดเห็น

การลงความคิดเห็นจากข้อมูลเป็นการอธิบายผลที่ได้จากการสังเกต ข้อมูลจากการสังเกตอาจลงความคิดเห็นได้หลายอย่าง การลงความคิดเห็นมักใช้ประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมเข้าช่วย เนื่องจากประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ดังนั้นการลงความคิดเห็นจะต้องเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลกับข้อมูลที่สังเกตได้

ตัวอย่างคำถามที่นำไปสู่ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล คือ

6.1 คำถามที่ต้องตอบโดยมีการสรุป หรืออธิบายเกินข้อมูลที่ได้จากการสังเกตโดยตรง เช่น

1) ทำไมเมื่อเอาขวดแก้วครอบเทียนไขที่กำลังลุกไหม้ เปลวไฟ จึงดับ

7. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลา

การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลาเป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ และ 3 มิติ รวมทั้งความสามารถในการระบุรูปทรงต่างๆ ขนาด ตำแหน่ง และทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เวลาต่างๆ กัน

ตัวอย่างคำถามที่นำไปสู่ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลา คือ

7.1 คำถามที่ให้บอกจำนวนเส้นสมมาตรและระนาบสมมาตรของรูปและรูปทรงเรขาคณิต เช่น

1) รูปวงรีและสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีเส้นสมมาตรกี่เส้น

2) รูปไข่หรือรูปทรงกระบอกมีระนาบสมมาตรกี่ระนาบ

7.2 คำถามที่ให้บอกจำนวนมิติของวัตถุที่พบเห็น เช่น

1) แก้วน้ำที่วางอยู่บนโต๊ะนี้มีกี่มิติ

7.3 คำถามที่ให้บอกชื่อของรูปทรงเรขาคณิต เช่น

1) วัตถุรูปทรงนี้มีชื่อทางเรขาคณิตว่าอย่างไร

7.4 คำถามที่ให้บอกรูป 3 มิติ ที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติ เช่น

1) ถ้าครูหมุนแผ่นกระดาษรูปสามเหลี่ยมรอบแกนไม้อย่างรวดเร็ว จะเห็นเป็นรูป 3 มิติอะไร

7.5 คำถามให้บอกรูป 2 มิติที่เกิดจากรอยตัดเมื่อตัดวัตถุ 3 มิติ เช่น

1) ถ้าครูตัดรูปทรงกลมตามแนวไม้บรรทัด นักเรียนคิดว่าจะเกิดรอยตัดเป็นรูปอะไร

7.6 คำถามให้บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้ เช่น

1) แปรงลบกระดานอยู่ที่ไหน

7.7 คำถามให้บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏในกระจก เช่น

1) ภาพที่นักเรียนเห็นเป็นภาพของเด็กชายป้อมในกระจกเงา นักเรียนคิดว่าเด็กชายป้อมถือกระเป๋ามือไหน

7.8 คำถามที่ให้บอกความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและสเปส เช่น

1) ตู้ใบนี้บรรจุถ้วยแก้วได้กี่ใบ

2) กล่องดินสอใบนี้จะใส่ดินสอได้กี่แท่งจึงจะเต็มกล่องพอดี

7.9 คำถามที่ให้บอกความสัมพันธ์ระหว่างสเปสและเวลา เช่น

1) ขนาดของภาชนะยิ่งกว้างขึ้น ปริมาณของน้ำที่ระเหยจะเป็นอย่างไร

8. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการสื่อความหมาย

การสื่อความหมายเป็นความสามารถในการใช้ภาษาพูดหรือภาษาเขียน รวมทั้งการเขียนแผนภาพ แผนภูมิ ตาราง กราฟ วงจร และสมการ ประกอบการพูดหรือการบรรยายเพื่อให้ผู้อื่นได้เข้าใจสิ่งที่ต้องการสื่อได้ชัดเจนถูกต้องและรวดเร็ว ตลอดจนเป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการ

สังเกต การวัด หรือการทดลองมาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายและมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นจนง่ายต่อการแปลความหมายให้ชัดเจน

ตัวอย่างคำถามที่นำไปสู่ทักษะการสื่อความหมาย คือ

8.1 คำถามที่ให้เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูล เช่น

1) จากความสูงของต้นถั่วที่วัดได้ในเวลา 5 วัน จากสถานที่ต่างๆ กัน ที่นักเรียนหามาได้นี้ นักเรียนคิดว่าเราควรจะเสนอข้อมูลเป็นรูปแบบใดที่มองดูแล้วทำให้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น

8.2 คำถามที่ให้บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูล เช่น

1) ทำไมนักเรียนจึงคิดว่าควรเปลี่ยนเป็นรูปของตาราง

8.3 คำถามที่ให้ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ เช่น

1) ถ้านักเรียนจะเปลี่ยนการเสนอข้อมูลให้อยู่ในแบบตาราง ลักษณะของตารางควรจะเป็นอย่างไร

8.4 คำถามที่ให้เปลี่ยนแปลงรูปแบบข้อมูลให้เข้าใจยิ่งขึ้น เช่น

1) ถ้านักเรียนเห็นด้วยกับลักษณะของตารางนี้แล้ว ลองทำข้อมูลให้เป็นรูปตารางว่าจะทำออกมาได้อย่างไร

8.5 คำถามที่ให้บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กะทัดรัด และสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ เช่น

1) สำลีออกมาบรรยายภาพนี้ พยายามใช้ข้อความที่กะทัดรัด เพื่อให้เพื่อนฟังแล้วสามารถบอกได้ว่าภาพนี้เป็นภาพอะไร สำลีจะบรรยายได้อย่างไร

8.6 คำถามที่ให้บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ เช่น

1) ให้นักเรียนลองวาดแผนผังเพื่อให้เพื่อนของนักเรียนที่ยืนอยู่หน้าประตูมหาวิทยาลัยดูแล้วเข้าใจและสามารถมาที่คณะครุศาสตร์ได้ถูกต้อง

9. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ในการทดลองหนึ่งๆ

ตัวอย่างคำถามที่นำไปสู่ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร คือ

9.1 คำถามที่ให้กำหนดหรือชี้บ่งตัวแปรในการทดลอง เช่น

1) ในการทดลองนี้ตัวแปรต้นคืออะไร ตัวแปรตามคืออะไร และตัวแปรที่ต้องถูกควบคุมให้คงที่คืออะไร

10. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการตั้งสมมติฐาน

เป็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนใช้ความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป ข้อความของสมมติฐานกำหนดขึ้นโดยการสังเกต ประกอบกับความรู้ ประสบการณ์ กฎ หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คำตอบล่วงหน้าเป็นคำตอบชั่วคราวดังกล่าวต้องนำไปพิสูจน์

ตัวอย่างคำถามที่นำไปสู่ทักษะการตั้งสมมติฐาน คือ

10.1 คำถามที่ให้ทำนายผลของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่ทราบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำนายมาก่อน เช่น

1) ถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะละลายได้มากขึ้นหรือไม่

11. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของตัวแปรที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดสอบให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้

ตัวอย่างของคำถามที่นำไปสู่ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คือ

11.1 คำถามที่ให้กำหนดความหมายและขอบเขตของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามเพื่อให้เข้าใจตรงกัน เช่น

1) ในการทดสอบผลของวิตามิน E ที่มีต่อความอดทนของคนนั้น ตัวแปร “ความอดทน” วัดได้อย่างไร

12. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการทดลอง

การทดลอง หมายถึง ความสามารถในการวางแผนการทดลองและควบคุมการทดลองได้อย่างเหมาะสม เลือกแบบแผนการทดลองได้ดี เหมาะสม สะดวกในการปฏิบัติ ง่ายแก่การดำเนินการ

ตัวอย่างคำถามที่นำไปสู่ทักษะการทดลอง คือ

12.1 คำถามที่ให้ออกแบบการทดลอง เช่น

1) นักเรียนจะทำอย่างไรจึงจะบอกได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสารจะสามารถละลายได้มากขึ้น

2) จะใช้สารอะไรที่เป็นตัวถูกละลาย และสารอะไรที่เป็นตัวทำละลาย

12.2 คำถามที่ให้บอกวิธีปฏิบัติการขณะทำการทดลองเช่น

1) หลังจากเอกสารส้ม 1 ช้อนเบอร์ 1 ใส่ลงไปในน้ำ 5 cm^3 แล้วทำอย่างไรต่อไปอีก

12.3 คำถามที่ให้บันทึกผลการทดลอง เช่น

1) นักเรียนจะต้องบันทึกอะไรบ้างจากการทดลองนี้

13. คำถามที่นำไปสู่ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ในรูปต่างๆ

ตัวอย่างของคำถามที่นำไปสู่ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป คือ

13.1 คำถามที่ให้บรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ เช่น

1) จากกราฟที่แสดงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 70 °C สารส้มสามารถละลายได้กี่กรัม

13.2 คำถามที่ให้บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ เช่น

1) จากข้อมูลที่แสดงในตาราง ความดันของอากาศมีผลต่อจุดเดือดของน้ำหรือไม่ อย่างไร

จากการศึกษาประเภทของคำถามในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาหลายท่าน สามารถสรุปได้โดยยึดตามหลักของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS)เป็นเกณฑ์โดยจำแนกลักษณะของคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 2 ประเภท คือ คำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานหรือขั้นสูง ประกอบด้วย

1. คำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย คำถามที่นำไปสู่ทักษะที่ 1-8 ได้แก่

1.1 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการสังเกต

1.2 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการจำแนกประเภท

1.3 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการวัด

1.4 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการใช้เลขจำนวน

1.5 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสสเปสกับเวลา

1.6 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

1.7 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

1.8 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการพยากรณ์

2. คำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นผสมผสาน ประกอบด้วย คำถามที่นำไปสู่ทักษะที่ 9-13 ได้แก่

2.1 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

2.2 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการตั้งสมมติฐาน

2.3 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร

2.4 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการทดลอง

2.5 คำถามที่นำไปสู่ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

ลำดับต่อไปจะนำเสนอลักษณะของคำถามที่ดีในการเรียนการสอน

2.3 ลักษณะของคำถามที่ดีในการเรียนการสอน

การคัดเลือกคำถามเพื่อใช้ถามนักเรียนมีความสำคัญอย่างยิ่ง ดังนั้นครูจึงควรพิจารณาลักษณะของคำถามที่ดีที่จะใช้ในการเรียนการสอนด้วย นักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะของคำถามที่ดีในการเรียนการสอน ดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) ได้กล่าวถึงลักษณะของคำถามที่ดีในการเรียนการสอน ดังนี้

1) มีความหมายชัดเจน ไม่คลุมเครือ ใช้ภาษาง่ายๆ ชัดเจน เจาะจง เมื่อนักเรียนฟังคำถามแล้วจะเข้าใจอย่างถูกต้อง

2) เป็นข้อความที่กะทัดรัด และไม่ควรมีข้อคำถามหลายประเด็นพร้อมกัน

3) เป็นข้อความที่สมบูรณ์ ไม่ควรละข้อความบางส่วนของคำถามให้นักเรียนคิดเอาเอง

4) มีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน มีระดับความยากง่ายพอเหมาะ ไม่เป็นคำถามที่ยากจนเกินไป หรือ ง่ายจนเกินไป

5) เป็นคำถามที่ส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2527) ได้กล่าวถึงลักษณะของคำถามที่ดีในการเรียนการสอน ดังนี้

1) มีความหมายชัดเจน

2) เป็นข้อความกะทัดรัด

3) เป็นข้อความที่สมบูรณ์

4) มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน

5) เป็นคำถามที่ส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิด เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม

จากลักษณะของคำถามที่ดีในการเรียนการสอนที่นักการศึกษาหลายท่านเสนอไว้ สามารถสรุปลักษณะของคำถามที่ดีได้ดังนี้

1) มีความหมายชัดเจน ไม่คลุมเครือ ใช้ภาษาง่ายๆ ชัดเจน เจาะจง เมื่อนักเรียนฟังคำถามแล้วจะเข้าใจอย่างถูกต้อง

2) เป็นข้อความที่กะทัดรัด และไม่ควรมีข้อคำถามหลายประเด็นพร้อมกัน

3) เป็นข้อความที่สมบูรณ์ ไม่ควรละข้อความบางส่วนของคำถามให้นักเรียนคิดเอาเอง

4) มีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน มีระดับความยากง่ายพอเหมาะ ไม่เป็นคำถามที่ยากจนเกินไป หรือ ง่ายจนเกินไป

5) เป็นคำถามที่ส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม

ลำดับต่อไปจะนำเสนอวิธีการถามคำถามที่ดีในการเรียนการสอน

2.4 วิธีการถามคำถามที่ดีในการเรียนการสอน

นักการศึกษาได้กล่าวถึงวิธีการถามคำถามที่ดีในการเรียนการสอน ดังนี้

Leonard (1972) ได้กล่าวถึงวิธีการถามคำถามที่ดีในการเรียนการสอน ดังนี้

1) ถามคำถามก่อนแล้วจึงเรียกนักเรียนตอบ จะทำให้นักเรียนทุกคนเพิ่มความสนใจ

2) ไม่ควรถามเรียงตัวหรือชนิดที่นักเรียนคาดคะเนได้ว่าครูจะถามใครต่อไป

3) ถ้าเป็นคำถามที่ต้องใช้ความคิด ควรเว้นระยะให้ผู้ตอบคิดก่อนตอบแล้วจึงให้การเสริมแรง

4) หลังจากใช้คำถามบ่อยแล้วควรเรียกให้นักเรียนคนใดคนหนึ่งสรุปแนวคิดที่ได้

5) พยายามหลีกเลี่ยงการซ้ำคำถามเดิม ซึ่งได้รับคำตอบที่ถูกต้องแล้ว

6) ให้นักเรียนได้มีโอกาสตอบคำถามโดยทั่วถึง ซึ่งขึ้นอยู่กับความท้าทายของคำถาม และให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการถามคำถามและการตอบคำถามที่ครูถามด้วย

7) ไม่ทำลายความรู้สึกของผู้เรียนที่สมัครใจตอบ

สำหรับประเทศไทย นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้กล่าวถึงวิธีการถามคำถามที่ดีในการเรียนการสอน ดังนี้

โรจนี จะโนภาษ และคณะ (2522) ได้กล่าวถึงวิธีการถามคำถามที่ดีในการเรียนการสอน ดังนี้

1) ถามโดยใช้ภาษาสื่อความหมายเข้าใจง่าย และออกเสียงชัดเจน

2) เว้นระยะเวลาหลังการถาม เพื่อให้นักเรียนคิดก่อนตอบคำถาม

3) ใช้คำถามระดับสูงซึ่งนักเรียนสามารถตอบได้หลายคำตอบ ถามความคิดเห็นของแต่ละคน

4) ใช้คำถามปูพื้น หรือคำถามที่ง่าย เพื่อช่วยให้นักเรียนคิดหาคำตอบ เมื่อตอบครั้งแรกไม่ได้

5) ใช้คำถามให้นักเรียนขยายความ เมื่อคำตอบของนักเรียนยังไม่ครบถ้วนตามที่ครูต้องการ

6) ให้นักเรียนตอบด้วยความสมัครใจ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีเสรีภาพในการคิดหาคำตอบก่อนยกมือตอบ วิธีนี้จะช่วยให้นักเรียนที่ไม่ทราบคำตอบ ไม่หนักใจที่จะตอบคำถามหรือท้อถอยและอายเพื่อน เมื่อตอบคำถามไม่ได้

7) ให้นักเรียนตอบทีละคน ไม่ใช่ตอบพร้อมกับทั้งชั้นเรียน

8) ไม่ควรเปลี่ยนคำถามบ่อยๆ เมื่อต้องการคำตอบเดิม จะช่วยให้ความคิดของนักเรียนไม่สับสน

9) ไม่ทวนคำถามของครู จะช่วยให้นักเรียนสนใจฟังคำถามของครูและของเพื่อน เป็นการฝึกให้นักเรียนสนใจติดตามบทเรียนตลอดเวลา

10) ไม่ทวนคำตอบของนักเรียน ทำให้นักเรียนสนใจฟังคำตอบของเพื่อน และช่วยส่งเสริมคำตอบของเพื่อนให้สมบูรณ์

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2527) ได้กล่าวถึงวิธีการถามคำถามที่ดีในการเรียนการสอน ดังนี้

1) คำถามควรมีความหมายชัดเจน ไม่คลุมเครือ ใช้ภาษาที่ฟังเข้าใจง่าย

2) คำถามควรเป็นข้อความที่กะทัดรัด ไม่ยาวเกินไปและไม่ควรมีข้อคำถามหลายๆ ประเด็นพร้อมกัน

3) คำถามควรเป็นข้อความที่สมบูรณ์ ไม่ควรละข้อความบางส่วนของคำถามให้นักเรียนคิดเอาเอง

4) คำถามควรมีความเหมาะสมกับระดับของนักเรียน คือ ไม่เป็นคำถามที่ยากเกินไปหรือง่ายเกินไป

5) คำถามควรเป็นคำถามที่ส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม

ประจวบมิตร คำจัตุรัส (2537) ได้กล่าวถึงวิธีการถามคำถามที่ดีในการเรียนการสอน ดังนี้

1) ลำดับคำถามให้ดี ให้เป็นขั้นตอน การถามคำถามที่เป็นขั้นตอนจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างเป็นระบบต่อเนื่องสัมพันธ์กัน

2) ถามผู้เรียนทั้งชั้นแล้วจึงเรียกชื่อให้ตอบ การเรียกให้ตอบต้องเรียกให้ทั่วถึง ไม่ควรเจาะจงผู้ตอบหรือถามคำถามนักเรียนตามลำดับ

3) ถามแล้วเว้นระยะให้นักเรียนได้มีเวลาคิดหาคำตอบหรือคิดหาเหตุผล

4) ไม่ทวนคำถามและคำตอบ เพราะการทวนคำถามและคำตอบจะทำให้นักเรียนไม่สนใจฟังหรือคิดตามคำถามของผู้สอน ถ้าคำตอบไม่ชัดเจนหรือได้ยินไม่ทั่วถึงจึงให้นักเรียนขยายคำตอบหรือตอบให้ดังขึ้น

5) ไม่ถามคำถามพร้อมกันหลายคำถาม เพราะจะทำให้นักเรียนสับสน

6) ใช้คำถามหลายรูปแบบหรือหลายประเภท เพื่อให้สามารถวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ครบทุกด้าน

7) ใช้คำถามรุกที่ต่อเนื่องสัมพันธ์กันเพื่อให้นักเรียนได้คิดขยายกว้างออกไป

8) เมื่อถามแล้วผู้สอนต้องตั้งใจและสนใจฟังคำตอบของนักเรียน ซึ่งอาจแสดงออกโดยการยิ้มหรือพยักหน้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

9) มีการเสริมแรงเมื่อนักเรียนตอบถูก ถ้ายังตอบไม่ชัดเจนให้ถามต่อเพื่อให้ได้คำตอบที่กระจ่างขึ้น หรือถ้านักเรียนตอบไม่ถูกต้อง พยายามหาสาเหตุเพื่อที่จะได้อธิบายและนำไปสู่การคิดหาคำตอบที่ถูกต้อง

10) จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ประกอบการใช้คำถามให้พร้อม

11) ซักถามนักเรียนอย่างเป็นกันเอง เพื่อให้ดูว่าผู้สอนเป็นผู้ช่วย ไม่ใช่ผู้ที่จะมาซักไซ้ไล่เลียง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2548) ได้กล่าวถึงวิธีการใช้คำถามที่ดีในการเรียนการสอน ดังนี้

1) เตรียมคำถามล่วงหน้า เพราะจะสามารถถามเรียงตามลำดับได้ ตามความง่ายยาก ตามลำดับเนื้อหา และยังมีความมั่นใจในการถามคำถาม

2) ถามอย่างมั่นใจโดยใช้ภาษาชัดเจน กะทัดรัด

3) ถามแล้วต้องมีเวลารอคอย (Wait-time) ประมาณ 3 วินาที เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนทั้งเก่งและไม่เก่งได้คิดอย่างทั่วถึง จากนั้นจึงเรียกชื่อนักเรียนให้ตอบคำถาม ไม่กำหนดผู้ตอบก่อนถามคำถาม

4) ถามทีละคนและตอบทีละคน แต่ต้องเปิดโอกาสให้ผู้ตอบหลายๆ คนในคำถามเดียวกัน

5) ถามแล้วไม่ทวนคำถามและไม่ทวนคำตอบ

6) ควรใช้ท่าทาง เสียงประกอบการถามเพื่อกระตุ้นความสนใจ

7) ควรใช้คำถามปูพื้นเมื่อตอบคำถามแรกไม่ได้

8) ควรใช้คำถามง่ายและยากปนกันในการสอนครั้งหนึ่ง

9) ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนถามคำถามผู้สอน

จากวิธีการถามคำถามที่ดีในการเรียนการสอนที่นักการศึกษาหลายท่านเสนอไว้ สามารถสรุปวิธีการถามคำถามที่ดีได้ดังนี้

1) ถามคำถามโดยใช้ภาษาที่ชัดเจน กะทัดรัด

2) ถามคำถามให้เป็นขั้นตอน จะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างเป็นระบบ

3) ถามผู้เรียนทั้งชั้นแล้วจึงเรียกชื่อให้ตอบ ซึ่งการเรียกให้ตอบต้องเรียกให้ทั่วถึง อีกทั้งควรเปิดโอกาสให้นักเรียนหลายๆ คน ได้ตอบคำถามเดียวกัน

4) ถามแล้วต้องมีเวลารอคอยคำตอบประมาณ 3 วินาที เพื่อให้นักเรียนทั้งเก่งและไม่เก่งได้คิดหาคำตอบ

5) ถามแล้วไม่ทวนคำถามและคำตอบ

6) ใช้คำถามหลายรูปแบบหรือหลายประเภท เพื่อให้สามารถวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ครบทุกด้าน

7) ไม่ถามคำถามพร้อมกันหลายคำถาม เพราะจะทำให้นักเรียนเกิดความสับสน

8) ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนถามคำถามผู้สอน

ลำดับต่อไปจะนำเสนอเทคนิคการใช้คำถามที่ดีในการเรียนการสอน

2.5 เทคนิคการใช้คำถามที่ดีในการเรียนการสอน

การใช้คำถามในการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ ครูจะต้องคำนึงถึงเทคนิคต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.5.1 มีโครงสร้าง (Structuring)

การถามคำถามที่ดีควรประกอบด้วยคำถามที่เป็นลำดับขั้น จากคำถามที่คุ้นเคยหรือง่าย หรือจากคำถามที่ทบทวนความรู้เดิมไปสู่คำถามที่ยากและสลับซับซ้อน หรือมีการอธิบายบทเรียนก่อนหรือแจ้งจุดประสงค์ของการถามก่อนเพื่อนำไปสู่การตอบคำถามของนักเรียน (Turney et al., 1987)

2.5.2 การกระจายคำถาม (Distributing)

การถามคำถาม ครูควรถามนักเรียนให้ทั่วถึง ไม่ว่าจะเป็นการถามทั้งชั้นเรียนหรือสุ่มถามจากตัวแทนของกลุ่ม (จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช, 2527) ควรมั่นใจว่าได้กระจายคำถามให้นักเรียนครบทุกคน เพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วมและรับผิดชอบต่อคำถาม ควรใช้คำถามยากและง่ายสลับกันไป เพื่อให้นักเรียนที่เรียนรู้ช้าสามารถตอบคำถามได้ (Turney et al., 1987)

2.5.3 เวลารอคอยคำตอบ (Wait-time)

การใช้คำถามที่ดีนั้น ครูควรหยุดเพื่อเว้นระยะให้นักเรียนได้คิด ซึ่งจากการศึกษาของ Tobin (1980) และ Jones (1980) เกี่ยวกับระยะการรอคอยคำตอบ ลักษณะการตอบคำถามของนักเรียนหลังจากการถามคำถามของครู พบว่า การรอคอยคำตอบของครูประมาณ 3 วินาที จะทำให้นักเรียนมีความตั้งใจเรียนสูง มีความสามารถในการลงข้อสรุป เมื่อครูใช้คำถามที่มีความชัดเจน คำถามที่เกี่ยวข้องกัน และการใช้คำถามที่มีระดับการคิดแบบต่างๆ จะทำให้นักเรียนตั้งใจเรียนมากขึ้น ซึ่งความตั้งใจเรียนของนักเรียนมีความสัมพันธ์กับการจัดการเรียนการสอนที่ดีของครู และพฤติกรรมของครู จะทำให้นักเรียนได้คิดในระดับสูง สอดคล้องกับ Turney et al. (1987) ที่ศึกษาเกี่ยวกับเวลารอคอยคำตอบ พบว่า หลังจากที่ผู้สอนถามคำถามแล้ว โดยทั่วไปจะรอคำตอบน้อยกว่า 1 วินาที หากไม่ได้คำตอบ ก็จะเริ่มมีปฏิกิริยาต่างๆ เกิดขึ้น เช่น ถามใหม่ เปลี่ยนคำถาม หรือตอบเอง ซึ่งล้วนแต่เป็นการรบกวนการคิดของผู้เรียนให้หยุดชะงัก นอกจากนี้หลังถามคำถาม ผู้สอนควรเงียบรอคำตอบ 3-5 วินาที ก่อนจะมีปฏิกิริยาใดๆ (หรือนานกว่านั้นหากเป็นคำถามระดับสูง) เพราะผู้เรียนอาจเสริมสิ่งที่ตนเพิ่งตอบหรืออาจมีคนอื่นต้องการแสดงความคิดเห็นของผู้ตอบคนแรก แต่ไม่ควรปล่อยให้ชั้นเรียนเงียบนานกว่า 15 วินาที เพราะผู้เรียนจะรู้สึกว่านั่นคือ การทำโทษ

2.5.4 การตอบสนองคำถามของนักเรียน (Reacting to the Response)

การตอบสนองของนักเรียนต่อคำถามเป็นไปได้ 4 ลักษณะ คือ 1) เงียบไม่ตอบ 2) ถามคำถามเพิ่มเติม 3) ตอบไม่ครบหรือไม่ตรงประเด็นที่ถาม และ 4) ตอบตรงประเด็นที่ต้องการ นอกจาก

ครูจะต้องมีการเสริมแรงทางบวก (Positive Reinforcement) ต่อทุกกรณีแล้ว แต่ละลักษณะอาจมีรายละเอียดเพิ่มเติม ดังนี้ (Turney et al., 1987)

2.5.4.1 ผู้เรียนไม่ตอบคำถาม

ในกรณีนี้ ครูควรถามคำถามเดิมซ้ำ (Repeat) พร้อมสอบถามนักเรียนว่าได้ยินหรือเข้าใจคำถามหรือไม่ ประเด็นใดที่เข้าใจยากก็อธิบายประเด็นนั้นมากขึ้น หากนักเรียนยังไม่เข้าใจ ครูควรถามคำถามใหม่ (Rephrase) ด้วยรูปประโยคใหม่แต่เนื้อหาสาระยังคงเหมือนเดิม (Reword) หรือจำแนกคำถามนั้นออกเป็นคำถามที่ง่ายหลายๆ คำถาม

2.5.4.2 ผู้เรียนถามคำถามเพิ่มเติม

เมื่อนักเรียนถามคำถามเพิ่มในสิ่งที่สำคัญต่อการเรียน ครูควรแปลความ (Paraphrase) และเน้นย้ำสิ่งที่นักเรียนถามด้วยภาษาของครู เพื่อให้นักเรียนทราบว่าครูตั้งใจฟังและเข้าใจในสิ่งที่ถามควรกระจายคำถามนั้นในชั้นเรียนหรือนักเรียนคนอื่น รวมถึงพยายามถามคำถามเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนสามารถตอบคำถามของตนเองหรือในชั้นเรียนสามารถช่วยตอบคำถามนี้ได้ นอกจากนี้หากเห็นว่าคำถามนั้นเป็นคำถามที่สำคัญอาจกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับคำถามหรือปัญหานี้ได้

2.5.4.3 ผู้เรียนตอบไม่ตรงประเด็นหรือไม่ถูกต้องทั้งหมด

เมื่อนักเรียนตอบไม่ตรงประเด็นหรือไม่ถูกต้อง ครูควรถามคำถามซ้ำ ถามคำถามใหม่ หรือพยายามถามคำถามเพิ่มเติมเมื่อเห็นว่าประเด็นที่ผู้เรียนตอบมาจะกล่าวถึงในการเรียนการสอนครั้งถัดไป ก็อาจนำมาอภิปรายก่อนในการเรียนการสอนครั้งนี้ได้

2.5.4.4 ผู้เรียนตอบตรงประเด็นหรือถูกต้อง

เมื่อนักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้อง ครูควรชมเชยและให้กำลังใจ เพื่อให้นักเรียนกล้าแสดงออกและเกิดเจตคติที่ดีในการตอบคำถาม

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 1) ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 3) แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) การสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า นักการศึกษาหลายท่านได้ให้นิยามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอดคล้องกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

Eysenck, Arnold and Meili (1972: 16 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2530: 29) ได้ให้นิยามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้

จากกระบวนการเรียนการสอนเป็นความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะและสมรรถภาพด้านต่างๆ ของสมอง ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญอย่างน้อย 3 ส่วน คือ ความรู้ ทักษะและสมรรถภาพสมองด้านต่างๆ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 295) ได้ให้นิยามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้ จากที่ไม่เคยกระทำ หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่มีการวัดได้

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์ (2537: 71) ได้ให้นิยามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากการสอนหรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ซึ่งแสดงออกมา 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

อุทุมพร จามรมาน (2541: 73) ได้ให้นิยามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จของสิ่งที่ได้รับการอบรมหรือสอน หรือหมายถึงการบรรลุยังวัตถุประสงค์ของการอบรม การเรียน การสอน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2544: 125) ได้ให้นิยามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าอันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้นิยามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอดคล้องกัน ซึ่งสรุปได้ดังนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จหรือความสามารถอันเป็นผลมาจากการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่แสดงออกใน 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

3.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นั้น นักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกัน ดังต่อไปนี้

Bloom (1965: 93) ได้จำแนกวัตถุประสงค์ทางการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านพุทธพิสัย (Cognitive Domain) คือ มุ่งพัฒนาการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับความสามารถทางสมอง หรือสติปัญญา ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) คือ มุ่งพัฒนาทักษะด้านจิตใจหรือความรู้เกี่ยวกับความสนใจ เจตคติ และการปรับตัว

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) คือ มุ่งพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างร่างกายกับสมองที่มีความสามารถในการปฏิบัติทักษะจนมีความชำนาญในการดำเนินงานต่างๆ

Klopfer (cited in Bloom et al., 1971: 561-580) ได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้สำหรับวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้โดยเฉพาะซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมการเรียนรู้ 6 ด้าน ดังนี้

1) ความรู้และความเข้าใจ (Knowledge and comprehension) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ข้อตกลง แนวโน้มและลำดับขั้นตอน การจำแนกประเภท จัดประเภทและเกณฑ์ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ หลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีหรือแนวคิดที่สำคัญ ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่และการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

2) กระบวนการสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Processes of scientific inquiry) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ในกระบวนการสืบสอบความรู้สำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยๆ ต่อไปนี้

2.1) กระบวนการสืบสอบความรู้ขั้นที่ 1 การสังเกตและการวัด เช่น การสังเกตวัตถุและปรากฏการณ์ต่างๆ การบรรยายการสังเกตด้วยภาษาที่เหมาะสม

2.2) กระบวนการสืบสอบความรู้ขั้นที่ 2 การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา เช่น การมองเห็นปัญหาต่างๆ การตั้งสมมติฐาน

2.3) กระบวนการสืบสอบความรู้ขั้นที่ 3 การตีความหมายของข้อมูลและการลงข้อสรุปเช่น การจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การบันทึกข้อมูล

2.4) กระบวนการสืบสอบความรู้ขั้นที่ 4 การสร้าง การทดสอบ และการแก้ไขแบบจำลองทางทฤษฎี เช่น การจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

3) การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and methods) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับการนำไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน วิทยาศาสตร์ต่างสาขา และปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4) ทักษะปฏิบัติการในการใช้เครื่องมือ (Manual skills) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือปฏิบัติการทั่วๆ ไป การใช้เทคนิคการปฏิบัติการด้วยความระมัดระวังและให้เกิดความปลอดภัย

5) เจตคติและความสนใจ (Attitudes and interests) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับเจตคติที่ดีและความสนใจต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ การยอมรับว่ากระบวนการสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นแนวทางในการคิดแนวทางหนึ่ง การเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ การเกิดความสนุกสนานต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความพอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับ

วิทยาศาสตร์ การพัฒนาความสนใจในวิทยาศาสตร์หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาความสนใจที่จะมีอาชีพทางวิทยาศาสตร์

6) การมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์ (Orientation) เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีจิตใจเป็นนักวิทยาศาสตร์ มีโลกทัศน์ที่กว้างและสามารถปรับตัวได้ดี

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 361) ได้ปรับการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวของ Klopfer ใหม่ เพื่อให้เห็นถึงจุดประสงค์ทั้ง 3 ด้านของบลูม (Bloom) ให้ชัดเจนขึ้น โดยได้จำแนกจุดประสงค์การสอนวิทยาศาสตร์ หรือพฤติกรรมการเรียนรู้อันเป็นผลมาจากการเรียนวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1) ด้านความรู้และความคิด ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1.1) ความรู้ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงปลีกย่อยเฉพาะราย ความรู้เกี่ยวกับเทอมเฉพาะหรือคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับเทอมข้อตกลงที่ใช้ในวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นตอนและแนวโน้ม ความรู้เกี่ยวกับการจัดประเภทและเกณฑ์ที่ใช้ ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคทางวิทยาศาสตร์และวิธีการที่ใช้ ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีหรือแนวคิดสำคัญ

1.2) ความเข้าใจ ได้แก่ ความสามารถในการอธิบายและยกตัวอย่างประกอบ ความสามารถในการแปลความหมายของความรู้จากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่งและความสามารถในการคงความเข้าใจในความรู้นั้น แม้จะถูกนำไปใช้ในเรื่องอื่นก็ตาม

1.3) ทักษะการคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยทักษะการคิด ได้แก่ ความสามารถในการมองเห็นปัญหา ความสามารถในการตั้งปัญหา ส่วนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติของวัตถุกับเวลา ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและการสื่อความหมาย ทักษะการลงความเห็น ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะการพยากรณ์

1.4) การนำความรู้และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ได้แก่ การนำไปใช้แก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกับที่เรียนมาแล้ว แต่เปลี่ยนสถานการณ์ใหม่ในสาขาวิชาเดียวกัน การนำไปใช้แก้ปัญหาที่แปลกใหม่ในวิทยาศาสตร์ด้วยกันและในสาขาวิชาเดียวกัน การนำไปใช้แก้ปัญหาที่แปลกใหม่ในวิทยาศาสตร์ด้วยกัน แต่ต่างสาขากัน และการนำไปใช้แก้ปัญหานอกเหนือสาขาวิทยาศาสตร์

2) ด้านทักษะการปฏิบัติ ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการติดตั้งเครื่องมือวิทยาศาสตร์ทักษะการใช้เทคนิควิธีในการปฏิบัติการด้วยความปลอดภัย ทักษะการทดลองและการนำทักษะการปฏิบัติไปใช้ในการแก้ปัญหา

3) ด้านความสนใจ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

3.1) ความสนใจในวิทยาศาสตร์ ได้แก่ มีความสนใจการอ่านเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ มีความสนใจในการเข้าร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์ มีความชื่นชมยินดีในผลงานวิทยาศาสตร์ และมีความสนใจอยากประกอบอาชีพทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

3.2) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ มีความอยากรู้อยากเห็น ชอบสงสัย และชอบซักถาม มีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรที่ไม่สมเหตุสมผล มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและเปลี่ยนความคิดเมื่อมีหลักฐานอื่นดีกว่า มีความซื่อตรง ยึดความถูกต้องตามความเป็นจริงเป็นหลัก มีความพยายามและความอดทนในการค้นหาคำตอบ มีการพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนที่จะตัดสินใจลงข้อสรุปใดๆ ไม่โอ้อวด และไม่เชื่อสิ่งที่อยู่เหนือธรรมชาติ

4) ด้านการมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์ (ธรรมชาติ วงจำกัด และผลกระทบของวิทยาศาสตร์) ได้แก่ การยอมรับในหลักความจริงพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในธรรมชาติและความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ประเภทต่างๆ การยอมรับความรู้วิทยาศาสตร์โดยลำดับนั้นเป็นผลของการสืบต่อความรู้ของนักวิทยาศาสตร์รุ่นก่อน การยอมรับในข้อจำกัดและขอบเขตของวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในผลกระทบของวิทยาศาสตร์ต่อมวลมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 11-15) ได้เสนอเป้าหมายสำคัญที่ต้องการวัดและประเมินผลจากพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งจำแนกได้เป็น 3 ด้าน ดังนี้

1) ความรู้ความคิด หมายถึง ความรอบรู้ในหลักการ ทฤษฎี ข้อเท็จจริง เนื้อหา หรือแนวคิดหลัก ซึ่งความรู้ความคิดแบ่งออกเป็น 6 ด้าน โดยแต่ละด้านสามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียน ดังนี้

1.1 ความรู้ความจำ คือ การรู้ข้อเท็จจริง จำได้ หรือระลึกถึงข้อมูลหรือข้อสารสนเทศ

1.2 ความเข้าใจ คือ การมีความเข้าใจและสามารถอธิบายได้

1.3 การนำไปใช้ คือ การนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

1.4 การวิเคราะห์ คือ การแยกแนวคิดหลักที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนๆ ให้เข้าใจได้ง่าย

1.5 การสังเคราะห์ คือ การรวบรวมความรู้และข้อเท็จจริงเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่

1.6 การประเมินค่า คือ การตัดสินใจเลือก

2) กระบวนการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการลงมือปฏิบัติจริงที่แสดงออกถึงทักษะเชาวน์ปัญญาและทักษะปฏิบัติ โดยกระบวนการเรียนรู้แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้

2.1 ทักษะปฏิบัติ ได้แก่ การรับรู้ เตรียมความพร้อม การตอบสนอง การฝึกฝน การปฏิบัติจนทำได้ การเชื่อมโยงทักษะ

2.2 กระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ การสืบสอบความรู้วิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหา การสื่อสาร การนำความรู้ไปใช้

3) เจตคติ หมายถึง จิตสำนึกของบุคคลที่ก่อให้เกิดลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนควรได้รับการประเมินเจตคติ 2 ด้าน ดังนี้

3.1 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คือ ลักษณะนิสัยของผู้เรียนที่คาดหวังจะได้รับการพัฒนาในตัวผู้เรียน โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3.2 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ คือ ความรู้สึกที่ผู้เรียนมีต่อการทำกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 126-130) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านวิชาการตามหลักการของ Klopfer วัดได้จากพฤติกรรม 4 ด้าน ดังนี้

1.1) พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนมีความจำเรื่องต่างๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นค้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการอ่านหนังสือและการฟังคำบรรยาย เป็นต้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 9 ประเภท คือ ความรู้เดี่ยว (Fact) มโนทัศน์ (Concept) หลักการและกฎวิทยาศาสตร์ (Principle and Law) ข้อตกลง (Assumption) ลำดับขั้นตอนของปรากฏการณ์ต่างๆ เกณฑ์ในการแบ่งประเภทของสิ่งต่างๆ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ ศัพท์วิทยาศาสตร์ และทฤษฎี

1.2) พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าความรู้ความจำ แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.2.1 ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการ และทฤษฎีต่างๆ คือ เป็นการบรรยายในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากที่เคยเรียนมา

1.2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของสัญลักษณ์อื่นได้

1.3) พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการดำเนินการต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

1.4) พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ได้

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เน้นด้วยความสนใจ ความซาบซึ้ง เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ที่เน้นความชำนาญในการปฏิบัติและดำเนินการ เช่น การใช้เครื่องมือต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำ ขณะทำการทดลองหรือปฏิบัติการโครงการใดโครงการหนึ่ง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาและสถาบันการศึกษาข้างต้น ส่วนใหญ่ใช้แนวคิดของ Bloom และ Klopfer ในการแบ่งองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถจัดกลุ่มองค์ประกอบตามลักษณะพฤติกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย สำหรับในการวิจัยนี้เน้นพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย

1) ความรู้ความจำ คือ ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์วิทยาศาสตร์ มโนมติ ข้อตกลง ลำดับขั้นและแนวโน้ม การจดจำพวกและเกณฑ์ต่างๆ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎี

2) ความเข้าใจ คือ ความสามารถในการจำแนกหรืออธิบายความรู้ได้เมื่อปรากฏในรูปแบบใหม่และแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3) การนำไปใช้ คือ ความสามารถในการนำความรู้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

3.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิธีการที่ใช้กันมากและเหมาะสมที่สุดในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นคือ การสอบ (Testing) และเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับการสอบ คือ แบบสอบ (Test) โดยแบบสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่างๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว หรืออาจกล่าวได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยเพียงด้านเดียว โดยประเภทของแบบสอบที่ครูสร้างขึ้นเองมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2537; สมนึก ภัททิยธนี, 2541: 73-82)

1) ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรีเขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2) ข้อสอบแบบถูกผิด เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือน-ต่างกัน เป็นต้น

3) ข้อสอบแบบเติมคำ เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้ผู้ตอบเติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4) ข้อสอบแบบตอบสั้น ข้อสอบประเภทนี้มีความคล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5) ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่า แต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่ง ตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6) ข้อสอบแบบเลือกตอบ โดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (stem) กับตอนเลือก (choice) ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่นๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดี นิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน ดูเผินๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

3.4 การสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4.1 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละครั้งจะต้องมีการวางแผนล่วงหน้าว่าจะออกข้อสอบเรื่องใดบ้าง แต่ละเรื่องจะออกข้อสอบมากน้อยเพียงใด และข้อสอบที่ต้องการสร้างนั้นต้องการจะวัดสมรรถภาพด้านใด หรือพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับใดจำนวนเท่าใด โดยจัดทำออกมาเป็นตารางวิเคราะห์หลักสูตร ซึ่ง เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540: 178-186); จำนง พรายแย้มแข (2531: 44) และพิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545: 97) ได้กำหนดขั้นตอนในการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอดคล้องกันสามารถสรุปได้ดังนี้

1) กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอน

2) วิเคราะห์หลักสูตร และกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรมที่ผู้สอนมุ่งหวังจะให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระที่จะทดสอบ

3) ออกแบบการสร้างข้อสอบโดยจัดเตรียมตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือผังของแบบสอบเพื่อแสดงถึงน้ำหนักของเนื้อหาวิชาในแต่ละส่วน และระดับพฤติกรรมต่างๆ ที่ต้องการทดสอบ

4) เขียนข้อสอบโดยสร้างข้อกระทงทั้งหมดที่ต้องการทดสอบให้เป็นไปตามสัดส่วนของน้ำหนักที่ระบุไว้ในตาราง

5) จัดพิมพ์แบบสอบฉบับทดลอง โดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีตอบแบบสอบแล้วจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

6) ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ เป็นวิธีตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบก่อนจะนำไปใช้จริง บางครั้งอาจนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ทรงคุณวุฒิตรวจ จากนั้นจึงนำไปทดลองสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องสอบจริง แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ และปรับปรุงเพื่อหาความเที่ยง ความยาก และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

7) จัดทำแบบสอบฉบับจริงไปใช้

นอกจากนี้นักประเมินผลทางการศึกษา เช่น Gronlund (1993: 36); ศิริชัย กาญจนวาสี (2544: 124); พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545: 195); สมบูรณ์ ตันยะ (2545: 143) และ จำนง พรายแย้มแข (2531: 44) มีข้อแนะนำสำหรับการเขียนข้อสอบหรือแบบสอบที่สอดคล้องกัน สามารถสรุปได้ดังนี้

1) เขียนข้อสอบไว้ล่วงหน้าเพื่อให้มีเวลาในการทบทวน ตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขให้ข้อสอบมีคุณภาพสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2) ควรเขียนข้อสอบให้เกินกว่าจำนวนข้อที่ต้องการใช้จริง เพราะบางครั้งต้องตัดข้อสอบบางข้อที่ไม่เหมาะสมออกในภายหลัง

3) เขียนข้อสอบให้มีความยากง่ายพอเหมาะกับระดับพฤติกรรม ผลการเรียนรู้ที่วัด วัยของผู้เรียน และตรงกับเนื้อหาที่จะวัดความสามารถของผู้เรียน

4) เขียนข้อสอบให้สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้

5) หลีกเลี่ยงคำ ข้อความ หรือร่องรอยต่างๆ ที่นำไปสู่คำตอบที่ถูก

3.4.2 การสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์แบบเลือกคำตอบประเภทหลายตัวเลือก

แบบสอบแบบตัวเลือก เป็นแบบสอบที่ให้ผู้สอบเลือกคำตอบที่ถูกต้อง หรือเลือกคำตอบที่ดีที่สุด เหมาะสมที่สุด จากตัวเลือกต่างๆ ที่กำหนดให้ แบบสอบนี้นิยมใช้กันมากเพราะเป็นแบบสอบที่สามารถจำแนกความรู้ต่างๆ ได้ดีกว่าแบบสอบประเภทอื่นๆ ในการสร้างแบบสอบประเภทเลือกตอบนี้ให้มีคุณภาพ ผู้สร้างต้องมีความรู้ในหลักการสร้างข้อคำถาม กระบวนการคิด และเนื้อหาที่จะทดสอบประกอบกันเป็นอย่างดี ซึ่ง เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540: 224-226); สมบูรณ์ ตันยะ (2545: 151) พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545: 159) ได้อธิบายลักษณะของแบบสอบหลายตัวเลือกที่ดีที่สอดคล้องกัน สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ขั้นนำหรือตัวของคำถาม (Stem) เป็นข้อความที่กระตุ้นจูงใจให้ผู้สอบค้นหาคำตอบ ต้องมีความกะทัดรัด ได้ใจความ และถามเรื่องสำคัญเพียงเรื่องเดียวในแต่ละข้อ

2) ตัวเลือก (Choices) เป็นส่วนที่เป็นไปได้ในการตอบคำถาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ตัวถูก (correct choice) และตัวลวง (distracters) โดยทั่วไปตัวเลือกมักจะกำหนดให้มี 3-5 ตัวเลือก

3) แบบสอบเลือกตอบมีรูปแบบคำถามที่หลากหลายซึ่งขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ที่จะวัด วิธีการถาม และเนื้อหาที่จะถาม รูปแบบที่นิยมใช้กันทั่วไปมี 3 รูปแบบ คือ แบบถามโดดหรือคำถามเดี่ยว (single question) แบบตัวเลือกคงที่ (constant choice) และแบบกำหนดสถานการณ์ (situation test)

4) การตั้งคำถามควรใช้ข้อความในเชิงบวก แต่ครูจำเป็นต้องใช้เชิงปฏิเสธที่ควรขีดเส้นใต้หรือเขียนเป็นตัวเน้นคำที่เป็นปฏิเสธให้เห็นชัดเจน

5) ควรเลี่ยงการใช้ตัวเลือก “ถูกทุกข้อ”

6) ควรระวังไม่ให้คำตอบของข้อหนึ่งสามารถได้มาจากคำตอบอีกข้อหนึ่ง

7) ตัวเลือกที่ถูกควรกระจายไปยังข้ออื่นๆ ให้สัดส่วนไม่แตกต่างกัน

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานประกอบด้วย 1) ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2) ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 3) ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน 5) พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน และ 6) แนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นเป้าหมายที่สำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยมีนักการศึกษาและสถาบันการศึกษากล่าวถึงความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

The National Assessment of Education Process: NAEP (1978: 25) ได้ระบุถึงความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะการทำงานตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์แต่ละขั้นจะประสบความสำเร็จหรือไม่ขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะของแต่ละคน” สอดคล้องกับนิดา สะเพียรชัย (2527: 72) ที่กล่าวว่า “การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นต้องให้นักเรียนได้ทั้งตัวความรู้ ซึ่งเป็นผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ และได้ทั้งกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งหมายถึง วิธีการทางวิทยาศาสตร์และทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปด้วยเพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ต่อไป” สอดคล้องกับพัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537: 24) ที่กล่าวว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือใน

การแก้ปัญหาต่างๆ ได้อีกด้วย” สอดคล้องกับกันต์ อัญชันภาติ (2549: 178-179) ที่ได้อธิบายถึงปัจจัยสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ว่า “การเรียนวิทยาศาสตร์จำต้องมีทักษะที่เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การตั้งสมมติฐาน การควบคุมตัวแปร การทดลอง การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติ เป็นต้น โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ เหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดความรู้ใหม่ ประดิษฐกรรมใหม่ การค้นคว้าวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ทางวิศวกรรม ทางแพทยศาสตร์ และอื่นๆ ดังนั้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญในการนำไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ อย่างมากมาย”

จากความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้นที่สอดคล้องกัน สรุปได้ว่า การสอนวิทยาศาสตร์ควรให้ผู้เรียนได้รับทั้งผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ คือ ตัวเนื้อหาความรู้ และควรปลูกฝังกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนไปด้วยในเวลาเดียวกัน เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ต่างๆ การใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้มาซึ่งความรู้ ความเข้าใจทางเนื้อหาวิชาที่เรียน อีกทั้งยังสามารถนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายนอกห้องเรียนอีกด้วย

4.2 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาทั้งในและต่างประเทศได้ให้นิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Padilla (1990 cited in Tek and Ruthven, 2005: 3) ได้ให้นิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะทางสติปัญญาที่สามารถถ่ายโอนได้อย่างกว้างขวาง เหมาะสมที่จะฝึกฝนอย่างมีระเบียบทางวิทยาศาสตร์ และเป็นผลสะท้อนให้เห็นถึงการปฏิบัติจริงของนักวิทยาศาสตร์

Abruscato (1992: 38) ได้ให้นิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นพบ โดยอาศัยทักษะที่แตกต่างกัน และใช้เป็นทักษะในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ในห้องเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

Myers (2006: 7) ได้ให้นิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ได้ มีการพัฒนาและความก้าวหน้าในการทำงานจากประสบการณ์ตรง จนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525: 58-59) ได้ให้นิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

หมายถึง พฤติกรรมเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ เช่น การสังเกต บันทึกข้อมูล หาความสัมพันธ์ของตัวแปร การตั้งสมมติฐาน และการทดลองเพื่อใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 13-14) ได้ให้นิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การค้นคว้าทดลอง ในขณะที่ทำการทดลอง ผู้ทดลองมีโอกาสฝึกฝนทั้งในด้านการปฏิบัติและพัฒนาด้านความคิด เช่น การสังเกต การบันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และการทดลอง

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 3) ได้ให้นิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะทางสติปัญญาหรือทักษะการคิดที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้แก้ปัญหา และใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2549: 14) ได้กล่าวถึงนิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ความชำนาญและความสามารถในการคิดเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหา โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญา (intellectual skills) ไม่ใช่ทักษะการปฏิบัติด้วยมือ (psychomotor skills/hands on skills) เพราะเป็นการทำงานของสมองและเป็นการคิดทั้งในระดับพื้นฐานและการคิดในระดับสูง

จากนิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษากล่าวไว้สอดคล้องกัน สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดและลงมือปฏิบัติ อย่างเป็นระบบตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้ในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์รวมทั้งการแก้ปัญหา

4.3 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้เสนอประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ที่แตกต่างกันไว้ดังนี้

Martin et al. (2005) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 12 ทักษะ ดังนี้

ทักษะขั้นต้น (Basic Skills) ประกอบด้วย

1. การสังเกต
2. การวัด
3. การจำแนกประเภท
4. การสื่อความหมาย
5. การพยากรณ์
6. การลงความเห็นจากข้อมูล

ทักษะขั้นสูง (Integrated Skills) ประกอบด้วย

7. การกำหนดและควบคุมตัวแปร
8. การตั้งสมมติฐานและการทดสอบสมมติฐาน
9. การตีความหมายข้อมูล
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
11. การทดลอง
12. การสร้างรูปแบบจำลอง

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) ได้วิเคราะห์การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาค้นคว้ามี 13 ทักษะ (1967: 9-10) ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.] นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อมุ่งหวังที่จะพัฒนาเยาวชนของชาติให้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยกล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ไว้ดังต่อไปนี้ (2524: 1-9)

1. ทักษะการสังเกต (observing) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกายเข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลของวัตถุหรือประสบการณ์ต่างๆ โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย กล่าวคือ เห็นอย่างไร ได้ยินอย่างไร ได้กลิ่นอย่างไร หรือรสชาติเป็นอย่างไรก็ตอบไปตามนั้น ซึ่งประสาทสัมผัสมี 5 ชนิด คือ

1.1 ประสาทตา สังเกตได้โดยการดูเพื่อบอกรูปร่าง สัณฐาน ขนาด สี และสถานะ

1.2 ประสาทหู สังเกตโดยการฟัง เพื่อบอกเสียงที่ได้ยินว่าเสียงดัง เสียงค่อย เสียงสูง เสียงต่ำ หรือเสียงดังอย่างไรตามที่ได้ยิน

1.3 ประสาทจมูก สังเกตโดยการดมกลิ่นเพื่อบอกว่ามีกลิ่นหรือไม่ หอม เหม็นหรือฉุน

1.4 ประสาทลิ้น สังเกตโดยการชิมรส เพื่อบอกว่ามีรสชาติหวาน ขม เผ็ด เปรี้ยว ฝาด แต่ในการสังเกตโดยการชิมนี้ต้องแน่ใจว่าสิ่งนั้นไม่มีอันตรายและสะอาดเพียงพอ

1.5 ประสาทกาย สังเกตโดยการสัมผัสเพื่อบอกอุณหภูมิ ความหยาบ ความละเอียด ความเรียบ ความลื่น ความเปียกชื้น ความแห้งของสิ่งนั้น

นอกจากการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ชนิดสังเกตโดยตรงแล้ว การใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ ได้ก็จัดว่าเป็นทักษะการสังเกตเช่นกัน เช่น การ

เปลี่ยนแปลงของสี การเปลี่ยนแปลงของรูปร่างสัณฐาน การเปลี่ยนแปลงขนาด การเปลี่ยนแปลงกลิ่น รส อุณหภูมิ ฯลฯ

การสังเกตเป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นและสำคัญมากในกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ในสาขาต่างๆ โดยเฉพาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่มักจะเริ่มต้นจากการสังเกต และนักวิทยาศาสตร์จัดว่าเป็นผู้มีความชำนาญและละเอียดถี่ถ้วนในการสังเกตมากกว่าคนในอาชีพอื่น

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมี 3 ประเภท คือ

1. ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นข้อมูลที่เกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของสิ่งที่สังเกต เช่น รูปร่าง รส กลิ่น เสียง และความรู้สึกจากการสัมผัส เช่น เมื่อให้สังเกตมะนาว จะบรรยายได้ว่ามีลักษณะกลม สีเขียว มีกลิ่น ผิวเรียบ รสเปรี้ยว

2. ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ เช่น น้ำหนัก ขนาด มวล อุณหภูมิ ข้อมูลที่ได้นี้จะบอกหน่วยมาตรฐานไว้ เช่น น้ำมีอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส

3. ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตปฏิสัมพันธ์ของสิ่งนั้นกับสิ่งอื่น นอกจากนี้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงบางอย่างสามารถกระทำได้ด้วยการทดลอง โดยเก็บข้อมูลระยะก่อนและหลังการทดลอง หรือขณะทำการทดลอง

ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดการใช้ทักษะการสังเกต คือ

1. ชี้บ่งและบรรยายลักษณะของวัตถุด้วยประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง

2. บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณซึ่งต้องอ้างอิงหน่วยมาตรฐาน

3. บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้ หรือแยกแยะถึงสิ่งที่ได้จากการสังเกต และสรุปอ้างอิงได้

2. ทักษะการจำแนกประเภท (classifying) หมายถึง ความสามารถในการจัดพวกแบ่งหมวดหมู่หรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งของต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ในปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง โดยมีเกณฑ์เป็นตัวกำหนดแนวทาง เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ร่วมอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

การจำแนกวัตถุหรือสิ่งใดๆ ออกเป็นหมวดหมู่นั้น เริ่มต้นด้วยการตั้งเกณฑ์ขึ้นมาอย่างหนึ่ง แล้วใช้เกณฑ์นั้นแบ่งวัตถุออกเป็นกลุ่มย่อย โดยทั่วไปแล้วมักจะเลือกเกณฑ์ที่ทำให้วัตถุเหล่านั้นออกเป็นสองกลุ่มย่อยก่อน แล้วค่อยเลือกเกณฑ์อื่นแบ่งกลุ่มย่อยนั้นออกเป็นกลุ่มย่อยต่อไปอีก การเลือกใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการจำแนกขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการจำแนกเป็นหลัก

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจำแนกประเภท คือ

1. บ่งชี้และบรรยายคุณสมบัติของสิ่งที่ศึกษาได้ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของวัตถุ

2. จำแนกสิ่งที่ศึกษากลุ่มหนึ่งออกเป็นหลายประเภท ตามเกณฑ์ในการจำแนกประเภทที่สร้างขึ้นได้

3. จำแนกสิ่งที่ศึกษาตามเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้

4. บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้จำแนกสิ่งที่ศึกษาได้

3. ทักษะการวัด (Measuring) หมายถึง ความสามารถในการเลือกและใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมโดยมีหน่วยกำกับเสมอ การวัดจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ

3.1 เครื่องมือที่ใช้วัด เช่น ไม้บรรทัด เครื่องชั่ง นาฬิกา เทอร์มอมิเตอร์ เป็นต้น

3.2 ค่าที่ได้จากการวัดซึ่งเป็นตัวเลขที่แน่นอน ไม่ใช่ได้จากการประมาณ

3.3 หน่วยในการวัด เช่น หน่วยของความยาวเป็นเมตร หน่วยของน้ำหนักเป็นกิโลกรัม หน่วยของเวลาเป็นวินาที เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการวัดคือ

1. เลือกใช้เครื่องมือได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด

2. บอกเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดได้

3. บอกวิธีการใช้เครื่องมือ และใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้องปลอดภัย

4. ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัด

5. อ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำใกล้เคียงกับความเป็นจริง

4. ทักษะการคำนวณ (using numbers) หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ หรือหารตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งได้มาจากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ ทั้งนี้ตัวเลขที่นำมาบวก ลบ คูณ และหารนั้นต้องอยู่ในหน่วยเดียวกัน ซึ่งตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะช่วยให้สามารถสื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจนยิ่งขึ้น

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการคำนวณ คือ

1. การนับ โดยสามารถนับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง สามารถใช้ตัวเลขแทนจำนวนได้ สามารถตัดสินใจได้ว่าในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

2. การบวก ลบ คูณ และหาร โดยบอกวิธีการคำนวณได้ คิดคำนวณได้ถูกต้องและแสดงวิธีการคำนวณได้

3. การหาค่าเฉลี่ยโดยบอกวิธีการหาค่าเฉลี่ยและแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

4. หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจากข้อมูลมาสร้างเป็นสูตรได้

5. คำนวณเกี่ยวกับปริมาณที่มีคำอุปสรรคประกอบหน่วยได้

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (space and space, space and time relationship) หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้

5.1ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุหนึ่งกับสเปสของวัตถุหนึ่ง ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ (สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุนั้นจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง)

5.2ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

การกระทำที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา ได้แก่ ความสามารถในการกระทำดังต่อไปนี้

1. วาดรูป 3 มิติของวัตถุธรรมดาหรือทั่วไปได้ เช่น วาดรูป 3 มิติของดินสอ กล่องไม้ขีด เป็นต้น

2. บอกจำนวนเส้นสมมาตรของรูป 2 มิติ และรูป 3 มิติได้ เช่น บอกได้ว่ารูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามีเส้นสมมาตร 3 เส้น เป็นต้น

3. ความสามารถในการบอกความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ และรูป 3 มิติ

4. บอกตำแหน่งหรือทิศทางของวัตถุได้

5. บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจก ในกระจก ว่าเป็นซ้ายและขวาของกันและกันอย่างไร

6. บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

7. บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่างๆ กับเวลาได้

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (organizing data and communicating) ประกอบด้วย ทักษะการจัดกระทำข้อมูล และทักษะการสื่อความหมายข้อมูล ดังนี้

ทักษะการจัดกระทำข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การจัดลำดับ การจัดกลุ่ม หรือการคำนวณหาค่าใหม่ ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้และให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลนั้นๆ ได้ดีขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ หรือเขียนบรรยาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทักษะการสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำแล้วมาเสนอและแสดงให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นได้ดีขึ้น การนำเสนออาจทำได้หลายรูปแบบ ได้แก่

1. โดยการพูดปากเปล่าหรือเล่าให้ฟัง
2. โดยการเขียนเป็นรายงาน
3. โดยการเขียนเป็นตารางแผนภูมิ
4. โดยการผสมผสานหลายวิธีตามความเหมาะสม

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลมีความจำเป็นต่อการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะต้องเกี่ยวข้องกับการรายงานสิ่งที่ตนเองได้กระทำให้ผู้อื่นเข้าใจ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลมีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลและจุดมุ่งหมายของการสื่อความหมาย ซึ่งสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการสื่อความหมายข้อมูลให้ผู้อื่นเข้าใจ ได้แก่

1. ความชัดเจนหรือความสมบูรณ์ของข้อมูล
2. ความถูกต้องแม่นยำ
3. ความไม่กำกวม
4. ความกะทัดรัด

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลมีดังนี้

1. สามารถบรรยายรูปร่างลักษณะและคุณสมบัติของวัตถุได้จนผู้ฟังสามารถชี้ หยิบจับ หรือระบุวัตถุนั้นได้อย่างถูกต้อง

2. สามารถบรรยายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ โดยการให้นักเรียนทำกิจกรรมอย่างหนึ่งที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงวัตถุแล้วให้นักเรียนสังเกต บันทึกการสังเกต แล้วเขียนบรรยายเพื่อให้คนอื่นที่ไม่ได้เข้าร่วมกิจกรรมอ่านแล้วเข้าใจ

3. สามารถเขียนแผนผัง แผนที่ วงจรของวัตถุ เครื่องมือ อุปกรณ์ และระบบของการทำงานของสิ่งต่างๆ

4. มีความสามารถในการจัดกระทำข้อมูลและเลือกสื่อเพื่อเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่ทำให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดีขึ้น

7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (inferring) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือปรากฏการณ์ไปสัมผัสกับความรู้และประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น โดยทั่วไปการลงความเห็นจากข้อมูลจะกระทำได้เมื่อได้ข้อมูลจากการสังเกต และผู้สังเกตนั้นได้ใช้ข้อมูลที่ได้นำมาใช้เป็นพื้นฐานนำไปสู่การอธิบายหรือลงข้อสรุป

การลงความคิดเห็นจากข้อมูลในเรื่องเดียวกันอาจลงความคิดเห็นได้หลายอย่าง ซึ่งอาจถูกหรือผิดก็ได้ ขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

1. ความละเอียดลออของข้อมูล
2. ความถูกต้องของข้อมูล
3. ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้ลงความคิดเห็น
4. ความสามารถในการสังเกต

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล คือ

1. อธิบายหรือสรุปโดยมีการเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตได้
2. แยกความแตกต่างระหว่างการลงความเห็นจากข้อมูลและข้อมูลจากการสังเกตได้
3. อธิบายและแสดงให้เห็นวิธีการสังเกตเพิ่มเติม เพื่อทดสอบการลงความเห็นจากข้อมูลที่ได้กระทำไปแล้ว
4. บ่งชี้การลงความคิดเห็นว่าจะยอมรับหรือไม่ยอมรับหรือควรปรับปรุงภายหลังที่ได้กระทำเพิ่มเติมไปแล้วได้

8. ทักษะการพยากรณ์ (predicting) หมายถึง ความสามารถในการสรุปหาคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะมีการทดลอง โดยอาศัยกฎ ทฤษฎี หลักการ และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ ในเรื่องนั้นๆ มาช่วยในการสรุป การพยากรณ์นั้นทำได้ 2 ลักษณะ คือ

8.1 การพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่ (Interpolation) หมายถึง การคาดคะเนคำตอบหรือค่าของข้อมูลที่มีอยู่ในขอบเขตข้อมูลที่สังเกตหรือวัดได้ หรือหมายถึง การพยากรณ์ถึงสิ่งที่ไม่ได้ทดลองแต่อยู่ในขอบเขตของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ

8.2 การพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่ (Extrapolation) หมายถึง การคาดคะเนคำตอบหรือค่าของข้อมูลที่อยู่ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่สังเกต หรือวัดได้ หรือหมายถึง การพยากรณ์ในสิ่งที่ยังไม่ได้ทดลอง และอยู่ภายนอกขอบเขตของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ

การพยากรณ์มีประโยชน์มากในทางวิทยาศาสตร์ การที่นักวิทยาศาสตร์พยายามหากฎเกณฑ์หรือหลักการของธรรมชาตินั้น วัตถุประสงค์ก็เพื่อนำไปพยากรณ์สิ่งที่เกิดขึ้น เพื่อจะได้ทำการควบคุมและป้องกันอันตรายจากธรรมชาติได้

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนมีทักษะการพยากรณ์ มีดังนี้

1. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ ทฤษฎีที่มีอยู่ได้
2. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
3. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะมีการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน โดยทั่วไปมักจะเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม

สมมติฐานเป็นการลงความคิดเห็นจากข้อมูลประเภทหนึ่ง ซึ่งข้อแถลงจะอยู่ในรูปของข้อสรุปรวมเชิงหลักการทั่วไป ข้อแถลงนี้ยังไม่สามารถนำไปพยากรณ์ได้ และยังไม่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพราะยังไม่ผ่านการทดสอบยืนยันสถานภาพ จึงเป็นเพียงหลักการวิทยาศาสตร์ชั่วคราวที่ยกร่างขึ้นเพื่อรอการทดสอบต่อไป

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนมีทักษะการตั้งสมมติฐาน มีดังนี้

1. หาคำตอบล่วงหน้าก่อนมีการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม

2. แสดงวิธีทดสอบสมมติฐานได้

3. แยกแยะข้อมูลการสังเกตที่สนับสนุนสมมติฐานและไม่สนับสนุนสมมติฐานได้

10. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling the variables) หมายถึง ความสามารถในการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง

10.1 ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (independent variable) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษาหรือตัวแปรที่ต้องการทดลองดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

10.2 ตัวแปรตาม (dependent variable) เป็นตัวแปรที่เป็นผลต่อเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วย

10.3 ตัวแปรควบคุม (controlled variable) เป็นตัวแปรอื่นๆ ที่ยังไม่สนใจศึกษาที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนมีทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มีดังนี้

1. ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

2. แยกแยะได้ว่าในสถานการณ์ใดที่ทำให้ตัวแปรมีค่าคงที่ และสถานการณ์ใดที่ไม่ทำให้ค่าตัวแปรคงที่

3. สร้างวิธีทดสอบหาผลที่เกิดจากตัวแปรอิสระหนึ่งหรือหลายๆ ตัวได้

11. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตและวัดได้ การนิยามเชิงปฏิบัติการจะต้องประกอบด้วยสาระสำคัญ 2 ประการ คือ

11.1 บรรยายวิธีการทดสอบในนิยามให้เห็นอย่างชัดเจน

11.2 ระบุสิ่งที่จะต้องสังเกตไว้ในคำนิยาม

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนมีทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ มีดังนี้

1. กำหนดนิยามและขอบเขตของคำหรือตัวแปรให้สังเกตและวัดได้
2. แยกแยะคำนิยามเชิงปฏิบัติการกับคำนิยามที่ไม่ใช่นิยามเชิงปฏิบัติการ
3. ชี้บ่งตัวแปรหรือคำที่ต้องการใช้ในการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการได้

12. ทักษะการทดลอง (experimenting) หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่กำหนดไว้ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

12.1 ออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองล่วงหน้าก่อนทำการทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีทดลองและอุปกรณ์ในการทดลอง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการลงมือปฏิบัติการทดลองตามรูปแบบที่ได้วางแผนการทดลองไว้แล้ว

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจจะเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่นๆ

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการทดลอง มีดังนี้

1. กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม
2. ระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้
3. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม
4. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

13. ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data and conclusion) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่แล้วนำมาสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด การตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป เป็นกระบวนการขั้นสุดยอดหรือขั้นสุดท้ายของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การทดลองใดๆ แม้ว่าจะออกแบบการทดลอง ทำการทดลองอย่างรัดกุม ได้ข้อมูลจากการทดลองอย่างละเอียดแต่ถ้าขาดกระบวนการขั้นนี้ก็จะไม่สามารถสรุปผลการทดลองเพื่อตอบรับหรือปฏิเสธสมมติฐานได้ เพราะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเป็นการมองข้อมูลในทุกแง่ทุกมุม การพิจารณาถึงความหนักแน่นของหลักฐานที่สนับสนุนหรือความขัดแย้ง การดึงเอาประสบการณ์ ความรู้ และหลักการคิดหาเหตุผลมาเป็นเครื่องมือในการตีความหมายแล้วจึงลงเป็นข้อสรุปต่อไป

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีดังนี้

1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ได้
2. อธิบายความหมายของข้อมูลที่จัดไว้ในรูปแบบต่างๆ ได้

3. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 9) ได้จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท โดยยึดตามแนวของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (basic science process skills) ประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การใช้เลขจำนวน การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และการพยากรณ์

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (integrated science process skills) ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

โดยความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ ปรากฏในตารางที่ 2 ดังนี้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548: 10-13)

ตารางที่ 2 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	**ความหมาย**
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 1. การสังเกต (observing)	การสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส เข้าสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ ทั้งนี้โดยไม่ใช้ประสบการณ์และความคิดเห็นของผู้สังเกตในการเสนอข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ควรเป็นข้อมูลประเภท 1) ข้อมูลเชิงคุณภาพ 2) ข้อมูลเชิงปริมาณ 3) ข้อมูลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลง
2. การจำแนกประเภท (classification)	ความสามารถในการจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์และเหตุการณ์เป็นพวกๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่งเกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง การจำแนกและการเรียงลำดับนั้นอาจใช้เกณฑ์ที่กำหนดมาให้ หรือใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเอง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
3. การวัด (measuring)	ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอและรวมไปถึงการเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อสิ่งที่ต้องการวัดด้วย
4. การใช้เลขจำนวน (using number)	ความสามารถในการบวก ลบ คูณ และหาร ตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรงหรือจากแหล่งอื่นๆ อีกทอดหนึ่ง ทั้งนี้ตัวเลขที่นำมาบวก ลบ คูณ และหารนั้น จะต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกับตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณ จะช่วยให้สามารถสื่อสารความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจน
5. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (space and space, space and time relationships)	ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา
6. การลงความเห็นจากข้อมูล (inferring)	ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปหรือปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ถ้าฝึกจนเกิดความชำนาญจะช่วยพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน
7. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (manipulating and communicating data)	ความสามารถในการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การทดลอง หรือจากแหล่งอื่นที่มีข้อมูลดิบอยู่แล้วมาจัดกระทำใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การหาค่าเฉลี่ย เป็นต้น แล้วนำข้อมูลที่จัดกระทำแล้วนั้นมาเสนอหรือแสดงให้บุคคลอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาศัยเสนอด้วยแบบต่างๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ
8. การพยากรณ์ (predicting)	ความสามารถในการพยากรณ์หรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการพยากรณ์ การพยากรณ์หรือการคาดคะเน อาจเป็นการพยากรณ์ 1) ภายในขอบเขตข้อมูลที่ศึกษา หรือ 2) ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่ศึกษา

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน 9. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (controlling the variables)	ความสามารถในการกำหนดว่า สิ่งที่ศึกษาตัวใดเป็นตัวแปรต้น ตัวใดเป็นตัวแปรตามในปรากฏการณ์หนึ่งๆ ที่ต้องการศึกษา โดยทั่วไปในปรากฏการณ์หนึ่งๆ จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคู่หนึ่งเป็นอย่างน้อย ซึ่งในการศึกษาปรากฏการณ์นั้นจำเป็นที่จะต้องสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นสาเหตุและเป็นตัวแปรที่เป็นสาเหตุอื่นๆ ในขณะที่ศึกษาตัวแปร สาเหตุตัวใดตัวหนึ่ง
10. การตั้งสมมติฐาน (hypothesizing)	ความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป สมมติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเนซึ่งอาจเป็นข้อสรุป หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่เชื่อว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานกำหนดขึ้นโดยการสังเกต ประกอบกับความรู้ ประสบการณ์ กฎ หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คำตอบล่วงหน้าเป็นคำตอบชั่วคราว ต้องนำไปพิสูจน์
11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (operational defining of the variables)	ความสามารถที่จะกำหนดว่าจะมีวิธีวัดตัวแปรที่ศึกษาอย่างไร ซึ่งเป็นวิธีวัดที่สามารถเข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้โดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย
12. การทดลอง (experimenting)	ความสามารถในการตรวจสอบสมมติฐานโดยปฏิบัติการหาคำตอบ ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นที่ออกแบบ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง
13. การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (interpreting data and making conclusion)	การตีความหมายข้อมูล คือ ความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำแล้วนำเสนอในรูปแบบต่างๆ ส่วนการลงข้อสรุป คือ ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษาได้เป็นข้อความใหม่อันเป็นคำตอบของปัญหา

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 4-6) กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยยึดตามแนวของสมาคมอเมริกันเพื่อการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) แบ่งเป็น 13 ทักษะ ซึ่ง

ทักษะที่ 1-8 จัดเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง หรือขั้นบูรณาการ ดังนี้

1. การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน เพื่อใช้สัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ให้ได้มาซึ่งรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตประกอบด้วย ข้อมูลเชิงปริมาณ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ และข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง

2. การลงความเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความเห็นให้กับข้อมูลอย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม

3. การจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งหรือลำดับของวัตถุโดยมีเกณฑ์ อาจใช้ความเหมือนหรือความแตกต่างเป็นเกณฑ์

4. การวัด หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือและใช้เครื่องมือนั้นในการวัดหาปริมาณต่างๆ เป็นตัวเลข

5. การใช้ตัวเลข หมายถึง การนับจำนวนและนำตัวเลขมาคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ทั้งการบวก ลบ คูณ หาร หรือการหาค่าเฉลี่ย

6. การสื่อความหมาย หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้มาจัดกระทำใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น โดยนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เป็นต้น

7. การพยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า โดยอาศัยปรากฏการณ์หลักการ กฎ ซึ่งมีทั้งการพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูล และนอกขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่

8. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง และความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

9. การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

9.1 ตัวแปรต้น หมายถึง สาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ

9.2 ตัวแปรตาม หมายถึง ผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น

9.3 ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ หมายถึง สิ่งอื่นๆ ที่นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนหากไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน

10. การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้า โดยสมมติฐานที่ตั้งขึ้นสามารถบอกให้ทราบถึงการออกแบบการทดลองได้

11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ ในสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ และสามารถสังเกตหรือวัดได้

12. การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบ ประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้น คือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนทดสอบจริง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การสังเกต การวัดและอื่นๆ ได้อย่างถูกต้อง

13. การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

13.1 การแปลความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่

13.2 การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

Karen (2004: online) กล่าวถึงประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย 6 ทักษะ ได้แก่
   1.1 ทักษะการสังเกต
   1.2 ทักษะการวัด
   1.3 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล
   1.4 ทักษะการจำแนกประเภท
   1.5 ทักษะการพยากรณ์
   1.6 ทักษะการสื่อความหมายข้อมูล
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ประกอบด้วย 11 ทักษะ ได้แก่
   2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน
   2.2 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
   2.3 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร
   2.4 ทักษะการบรรยายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
   2.5 ทักษะการออกแบบเพื่อสำรวจตรวจสอบ
   2.6 ทักษะการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7 ทักษะการรวบรวมข้อมูล

2.8 ทักษะการจัดกระทำข้อมูล

2.9 ทักษะการวิเคราะห์ข้อมูล

2.10 ทักษะการเข้าใจเชิงเหตุผล

2.11 ทักษะการพัฒนาเป็นรูปแบบ

จากองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาและสถาบันการศึกษากล่าวข้างต้น สามารถวิเคราะห์และสรุปได้ว่า

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทักษะย่อยจำนวน 13 ทักษะ โดยมีการแบ่งประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1. การแบ่งประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2. การแบ่งประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ระดับ คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน มี 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์

2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม มี 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

4.4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

นักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้ให้นิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานไว้ดังต่อไปนี้

4.4.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)

นักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ดังนี้

The American Association for the Advancement of Science: AAAS (1967: 157) ได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า ทักษะการตั้งสมมติฐานเป็นความสามารถในการ

คาดการณ์ว่า ตัวแปรต่างๆ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร เป็นการลงข้อสรุปของคำอธิบาย โดยอาศัยการสังเกตหรือการสรุปอ้างอิงเป็นพื้นฐาน

Carin (1993: 12) ได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า การตั้งสมมติฐาน คือ การสร้างข้อความที่ยังไม่แน่นอนและสามารถทดสอบได้ที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นจริงบนพื้นฐานของเหตุผล

Martin et al. (1994: 14) ได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า การตั้งสมมติฐานเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการออกแบบการสืบสอบที่คล้ายกับการพยากรณ์ (prediction) แต่มีการควบคุมและมีรูปแบบที่เป็นทางการมากกว่า การตั้งสมมติฐานเป็นการนำข้อมูลมาใช้เพื่อให้การคาดเดาผลการทดลองออกมาดีที่สุด

Joseph (1995: 48) ได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า สมมติฐานเกิดจากการสังเกตหรือการลงความเห็นข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเหตุการณ์ขณะนั้นซึ่งนักเรียนควรจำแนกความแตกต่างระหว่างสมมติฐานและการสังเกตให้ได้ในลำดับแรก จากนั้นจึงจำแนกความแตกต่างของสมมติฐานออกจากการลงความเห็นข้อมูลและการพยากรณ์หลังจากที่ทักษะต่างๆ ได้รับการพัฒนานักเรียนสามารถสร้างสมมติฐานและทดสอบสมมติฐานได้

Elizabeth (2006: 16) ได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า การตั้งสมมติฐาน คือ การสร้างข้อความที่อาจเป็นไปได้และสามารถทดสอบได้ซึ่งบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ

Chiappetta and Koballa (2010: 132) ได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า การตั้งสมมติฐานคือ ข้อความทั่วไปที่ได้จากการสังเกตหรือการลงความเห็นข้อมูลซึ่งอาจนำมาใช้อธิบายจำนวนเหตุการณ์แต่อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามการทดสอบของบุคคลอื่นหรือการทดลองอื่น

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525: 76) ได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า “ทักษะการตั้งสมมติฐานเป็นความสามารถที่กำหนดข้อความที่เป็นไปได้ โดยยังไม่มีการตรวจหรือทดสอบรับรอง แต่ข้อความที่เป็นไปได้ชั่วคราวนี้จะใช้อธิบายปัญหาที่พบได้ หรือใช้บอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงทั้งหลายที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์นั้นได้ เนื่องจากสมมติฐานยังมิได้มีการทดสอบยืนยันว่าเป็นจริงหรือไม่ สมมติฐานจึงอาจผิดทั้งหมด ถูกทั้งหมด หรือถูกบ้างผิดบ้างในบางส่วน เมื่อตั้งสมมติฐานแล้วก็จะต้องมีการทดลองหาข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้นๆ ถ้าข้อมูลได้ผลตรงข้ามกับสมมติฐาน สมมติฐานนั้นก็จะถูกยกเลิกไปแต่ถ้าข้อมูลสนับสนุนเพียงบางส่วนสมมติฐานก็จะถูกปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปทดสอบโดยการทดลองครั้งต่อๆ ไป สมมติฐานที่ได้รับการทดสอบยืนยันว่าเป็นความจริงแล้วก็อาจจะกลายเป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีแล้วแต่กรณี”

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 217-218) ได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า ทักษะการตั้งสมมติฐาน คือ ความสามารถในการแถลงแบบสรุปรวมเชิงหลักการทั่วไป เพื่อให้อธิบายปัญหาที่ต้องการคำตอบ ข้อแถลงนี้คาดว่าจะแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่ก่อให้เกิดเหตุการณ์

นั้นๆ ด้วยการสร้างขึ้นมาบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่เพียงเล็กน้อย ในปัญหาหนึ่งๆ อาจจะมีสมมติฐานได้หลายข้อ ซึ่งจะต้องทำการทดสอบเพื่อยืนยันว่าเป็นความจริงต่อไป

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 25) ได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า ทักษะการตั้งสมมติฐาน คือ ความสามารถในการให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในเรื่องนั้น สมมติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเนซึ่งอาจเป็นคำอธิบายของสิ่งของที่ไม่สามารถตรวจสอบได้โดยการสังเกต หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงถึงความสัมพันธ์ที่คาดคะเนว่าเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สมมติฐานสร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน โดยที่ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534: 55) ได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า ทักษะการตั้งสมมติฐาน คือ ความสามารถในการคิดคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมที่เป็นพื้นฐาน และมักกล่าวไว้เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจจะถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบ เพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 12) ได้ให้นิยามของทักษะการตั้งสมมติฐานไว้ว่า ทักษะการตั้งสมมติฐาน คือ ความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป ข้อความของสมมติฐานกำหนดขึ้นโดยการสังเกต ประกอบกับความรู้ ประสบการณ์ กฎ หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คำตอบล่วงหน้าเป็นคำตอบชั่วคราวต้องนำไปพิสูจน์

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 5) ได้ให้นิยามของการตั้งสมมติฐานไว้ว่า การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลองเป็นคำตอบที่รอการพิสูจน์ สมมติฐานได้มาโดยอาศัยการสังเกต ความรู้หรือประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีมาก่อน ซึ่งกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจถูกหรือผิดก็ได้ จะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบ เพื่อสนับสนุนสมมติฐานหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการหาข้อสรุปหรืออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร หรือเป็นการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเรื่องนั้นๆ

4.4.2 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)

นักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรไว้ดังนี้

The American Association for the Advancement of Science: AAAS (1967: 130) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร เป็นความสามารถในการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ

Carin (1993: 12) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดตัวแปร คือการยอมรับลักษณะเฉพาะของวัตถุหรือองค์ประกอบในเหตุการณ์ที่มีค่าคงตัวหรือเปลี่ยนแปลงภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน

Martin et al. (1994: 13-14) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร คือ การระบุลักษณะของการทดลองที่มีผลต่อการทดลองและบันทึกค่าคงตัวที่เป็นไปได้เมื่อมีการจัดกระทำตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นเพียงอย่างเดียว

Joseph (1995: 46) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรไว้ว่า การควบคุมตัวแปร คือ การจัดการเงื่อนไขในการสำรวจตรวจสอบ ตัวแปร คือ วัตถุหรือปริมาณที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ในการสำรวจตรวจสอบนั้น ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดได้มาจากการระบุตัวแปรและควบคุมอย่างระมัดระวัง ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์จึงเปลี่ยนหรือจัดการตัวแปรหนึ่งอย่างเป็นระบบ ในขณะเดียวกันระบุตัวแปรอื่นๆ ทั้งหมดให้มีค่าคงที่ ขณะที่ทำการทดลองนักเรียนจะต้องติดตามและวัดค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือตอบสนองต่อตัวแปรต่างๆ นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการกำหนดตัวแปรโดยบรรยายว่ามีวิธีการควบคุมตัวแปรเหล่านั้นอย่างไรในระหว่างที่ทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ได้

Elizabeth (2006: 16) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดตัวแปรไว้ว่า การกำหนดตัวแปร คือ การระบุองค์ประกอบหรือเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ที่จะเปลี่ยนแปลงภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

Chiappetta and Koballa (2010: 132) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรไว้ว่า การควบคุมตัวแปรคือ การจัดกระทำและควบคุมสมบัติที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือเหตุการณ์เพื่อวัตถุประสงค์ในการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล

คณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตร (2537: 130) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการชี้บ่งหรือกำหนดสิ่งที่เป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐาน กับการบอกวิธีจัดการและควบคุมตัวแปรเหล่านั้นในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 27) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร คือ ความสามารถในการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ การควบคุมตัวแปรนั้น เป็นการควบคุมสิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนถ้าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว (2532: 111) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร คือ ความสามารถในการบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมในการทดลองหนึ่งๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534: 55) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง โดยตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษาหรือตัวแปรที่ต้องการทดลองดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่ตัวแปรตามเป็นตัวแปรที่เป็นผลต่อเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไปตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วยและตัวแปรควบคุม เป็นตัวแปรอื่นๆ ที่ยังไม่สนใจศึกษาที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 12) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร คือ ความสามารถในการกำหนดว่า สิ่งที่ศึกษาตัวใดเป็นตัวแปรต้น ตัวใดเป็นตัวแปรตามในปรากฏการณ์หนึ่งๆ ที่ต้องการศึกษา โดยทั่วไปในปรากฏการณ์หนึ่งๆ จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคู่หนึ่งเป็นอย่างน้อย ซึ่งในการศึกษาปรากฏการณ์นั้นจำเป็นที่จะต้องสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นสาเหตุและเป็นตัวแปรที่เป็นสาเหตุอื่นๆ ในขณะที่ศึกษาตัวแปร สาเหตุตัวใดตัวหนึ่ง

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ควบคุมในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหรือปรากฏการณ์หนึ่งๆ และควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่ต้องการศึกษาแต่อาจมีผลต่อการทดลอง

4.4.3 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (Defining Operationally)

นักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไว้ดังนี้

The American Association for the Advancement of Science: AAAS (1967: 164) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดนิยามเชิง

ปฏิบัติการของตัวแปร คือ ความสามารถในการให้ความหมายหรือความสำคัญของคำ แนวคิดหรือปัญหาในลักษณะที่สังเกต วัดหรือนำมาปฏิบัติได้

Martin et al. (1994: 14) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร คือ การใช้ข้อมูลจากการสังเกตและข้อมูลจากแหล่งอื่นๆ ที่ได้รับจากประสบการณ์เพื่อบรรยาย ให้คำจำกัดความวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น

Joseph (1995: 48) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไว้ว่า การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร คือ การให้คำจำกัดความสิ่งต่างๆ ในบริบทของประสบการณ์ นั่นคือ การกำหนดคำจำกัดความไม่ต้องใช้การจดจำ ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนของสิ่งต่างๆ ที่พิจารณาและเป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่ทำให้เกิดประโยชน์มากกว่าสิ่งที่จะทำให้เกิดการแปรผันได้

Elizabeth (2006: 16) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไว้ว่า การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร คือ การตั้งชื่อหรือการให้คำจำกัดความวัตถุ เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ บนพื้นฐานของการกระทำหรือการระบุลักษณะเฉพาะ

Chiappetta and Koballa (2010: 132) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไว้ว่า การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร คือ การพัฒนาข้อความที่แสดงถึงการบรรยายเชิงรูปธรรมของวัตถุหรือเหตุการณ์โดยการบอกให้ทำหรือสังเกต

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525: 78) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไว้ว่า นิยามเชิงปฏิบัติการเป็นความหมายของคำศัพท์เฉพาะเป็นภาษาง่ายๆ ชัดเจน ไม่กำกวม ระบุสิ่งที่จะสังเกตหรือระบุการกระทำซึ่งอาจได้จากการวัด ทดสอบหรือทดลอง

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 264) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร คือ ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่างๆ ให้เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้ คำนิยามเชิงปฏิบัติการเป็นความหมายของคำศัพท์เฉพาะ เป็นภาษาง่ายๆ ชัดเจน ไม่กำกวม ระบุสิ่งที่จะสังเกตได้และระบุการกระทำซึ่งอาจเป็นการวัด ทดสอบ การทดลองไว้ด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534: 56) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร คือ ความสามารถในการกำหนดความหมาย หรือขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ เพื่อให้เข้าใจตรงกันสามารถสังเกต วัดหรือทดลองเพื่อตรวจสอบได้ และสามารถบอกได้ว่าตัวแปรของการทดลองใดการทดลองหนึ่งถูกวัดได้อย่างไร

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 12) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไว้ว่า ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร คือ ความสามารถที่จะกำหนดว่าจะมีวิธีวัดตัวแปรที่ศึกษาอย่างไร ซึ่งเป็นวิธีวัดที่สามารถเข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้โดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 5) ได้ให้นิยามของทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรไว้ว่า การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ ในสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ และสามารถสังเกตหรือวัดได้ โดยให้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลองและบอกวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวกับการทดลองนั้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร หมายถึง การกำหนดความหมาย หรือขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษา เพื่อให้เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกต วัดหรือทดลองเพื่อตรวจสอบได้

4.4.4 ทักษะการทดลอง (Experimenting)

นักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้ให้นิยามของทักษะการทดลองไว้ดังนี้

The American Association for the Advancement of Science: AAAS (1967: 173) ได้ให้นิยามของทักษะการทดลองไว้ว่า ทักษะการทดลอง คือ ความสามารถในการจัดกระบวนการปฏิบัติการทดลอง เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่กำหนดไว้

Martin et al. (1994: 14-15) ได้ให้นิยามของทักษะการทดลองไว้ว่า การทดลอง คือ การใช้ทักษะการคิดหลายทักษะในการออกแบบและควบคุมการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย การถามคำถามการวิจัย การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูล

Joseph (1995: 49) ได้ให้นิยามของทักษะการทดลองไว้ว่า การทดลองเป็นกระบวนการที่ประกอบไปด้วยกระบวนการพื้นฐานและกระบวนการผสมผสาน การฝึกการทำการทดลองจะเริ่มจากการสังเกตที่ทำให้เกิดคำถามที่ต้องการคำตอบ บางครั้งนักเรียนตั้งสมมติฐานจากหนึ่งคำถามหรือมากกว่าหนึ่งคำถาม ผลสำเร็จของการทดลองนั้นรวมไปถึงการกำหนดตัวแปรที่ต้องควบคุมการสร้างคำนิยามเชิงปฏิบัติการการทำการทดลอง การเก็บรวมรวมและตีความหมายข้อมูล และการปรับสมมติฐานที่กำลังทดสอบอยู่

Chiappetta and Koballa (2010: 132) ได้ให้นิยามของทักษะการทดลองไว้ว่า การทดลอง คือ การทดสอบสมมติฐานผ่านการจัดกระทำและควบคุมตัวแปรอิสระและไม่มีผลต่อตัวแปรตาม ผ่านการตีความหมายและการนำเสนอผลลัพธ์ในรูปของรายงานซึ่งบุคคลอื่นสามารถทำตามหรือทำซ้ำได้

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525: 80) ได้ให้นิยามของทักษะการทดลองไว้ว่า การทดลองประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การออกแบบ

การทดลอง การเลือกวัสดุอุปกรณ์และการดำเนินการทดลอง เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งขึ้นว่าเป็นจริงหรือไม่ ก่อนการทดลองนั้นจะต้องมีปัญหาก่อน จากปัญหานี้จะทำให้แยกประเภทตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องว่ามีอะไรบ้าง แล้วจึงเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องนี้มาตั้งสมมติฐาน ต่อมาจึงถึงขั้นการออกแบบการทดลองเพื่อควบคุมตัวแปร เลือกวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมแล้วดำเนินการทดลองต่อไป

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531: 264) ได้ให้นิยามของทักษะการทดลองไว้ว่าการทดลองเป็นการสร้างเหตุการณ์หรือสถานการณ์จำลองขึ้นมา เพื่อจะได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นภายใต้การควบคุมเงื่อนไขต่างๆ และเพื่อจะได้ทดสอบซ้ำอีก การทดลองมีวัตถุประสงค์ที่จะทดสอบสมมติฐาน รูปแบบ หรือโมเดลที่ยังสงสัยอยู่ โดยการกระทำให้วัตถุหรือเหตุการณ์เกิดการเปลี่ยนแปลง แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ซึ่งการทดลองประกอบด้วยกิจกรรม 2 ขั้นตอน คือ กิจกรรมภาคออกแบบกับกิจกรรมภาคปฏิบัติการทดลอง

คณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตร (2537: 132) ได้ให้นิยามของทักษะการทดลองไว้ว่า ทักษะการทดลอง คือ ความสามารถในการจัดกระบวนการ เพื่อทำการทดลองอย่างคล่องแคล่ว ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง จัดเก็บได้เมื่อใช้เสร็จแล้ว รวมทั้งออกแบบบันทึกผลการทดลอง และบันทึกผลการทดลองได้ครบถ้วนสมบูรณ์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 28) ได้ให้นิยามของทักษะการทดลองไว้ว่า ทักษะการทดลอง คือ ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลอง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 13) ได้ให้นิยามของทักษะการทดลองไว้ว่า ทักษะการทดลอง คือ ความสามารถในการตรวจสอบสมมติฐานโดยปฏิบัติการหาคำตอบ ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นที่ออกแบบ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 5) ได้ให้นิยามของทักษะการทดลองไว้ว่า ทักษะการทดลอง คือ กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบ ประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้น คือ

1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนทดสอบจริง
2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม
3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การสังเกต การวัดและอื่นๆ ได้อย่างถูกต้อง

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ ประกอบด้วยทักษะย่อย 3 ขั้น คือ

1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติการทดลองที่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ต้องการตรวจสอบ ครอบคลุมวิธีการทดลอง มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร รวมทั้งระบุวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การปฏิบัติการทดลองจริงตามแผนการที่วางไว้และสามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม

3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้อง

4.4.5 ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion)

นักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้ให้นิยามของทักษะการแปลความข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้ดังนี้

The American Association for the Advancement of Science: AAAS (1967: 141) ได้ให้นิยามของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้ว่า ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่

Carin (1993: 12) ได้ให้นิยามของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้ว่า การแปลความหมายข้อมูล คือ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกำหนดรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูล และการลงข้อสรุป คือ การระบุทางเลือกและเลือกแนวทางปฏิบัติบนพื้นฐานของการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล

Martin et al. (1994: 15) ได้ให้นิยามของทักษะการแปลความหมายข้อมูลไว้ว่า การแปลความหมายข้อมูลเป็นการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการวัดเพื่อสร้างข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้จากการอ่านตาราง กราฟ และแผนผัง

Joseph (1995: 47) ได้ให้นิยามของทักษะการแปลความหมายข้อมูลไว้ว่า การแปลความหมายข้อมูลเกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ การลงความเห็นข้อมูล และการตั้งสมมติฐานจากข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งนักเรียนควรจะมีประสบการณ์เดิมในเรื่องการสังเกต การจำแนกประเภท และการวัดมาก่อน

Elizabeth (2006: 16) ได้ให้นิยามของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้ว่า การแปลความหมายข้อมูล คือ การเก็บ รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ข้อมูล ซึ่งนำไปกำหนดรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูล และการลงข้อสรุป คือ การสร้างข้อความที่เป็นใจความสำคัญอย่างมีเหตุผลจากข้อมูลที่รวบรวมผ่านประสบการณ์

Chiappetta and Koballa (2010: 132) ได้ให้นิยามของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้ว่า การแปลความหมายข้อมูล คือ การอธิบาย การลงความคิดเห็นข้อมูลหรือสมมติฐานจากข้อมูลโดยนำเสนอในรูปแบบของกราฟหรือตาราง

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525: 84) ได้ให้นิยามของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้ว่า

การแปลความหมายข้อมูล คือ ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพต่างๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลเชิงสถิติ ซึ่งจะนำไปสู่การทำนายการลงความเห็นข้อมูลหรือการตั้งสมมติฐาน

การลงข้อสรุป คือ การนำความหมายของข้อมูลที่ได้จากการแปลความหมายข้อมูลมาสู่ข้อสรุปให้เห็นความสัมพันธ์ภายในขอบเขตของการทดลองนั้นๆ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 29) ได้ให้นิยามของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้ว่า การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปเป็นความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำและอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมาย ซึ่งอาจอยู่ในรูปของตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพต่างๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติ และสามารถลงข้อสรุป โดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้นๆ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 13) ได้ให้ความหมายของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้ว่า ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป คือ ความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำ แล้วนำเสนอในรูปแบบต่างๆ แล้วระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษาได้เป็นข้อความรู้ใหม่ อันเป็นคำตอบของปัญญา

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542: 6) ได้ให้ความหมายของทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้ว่า การแปลความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ และการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า **การแปลความหมายข้อมูล** หมายถึง การบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลหรือตัวแปรที่ได้จากการทดลอง **การลงข้อสรุป** หมายถึง การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่หรือที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษา

4.5 พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

นักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้กำหนดตัวบ่งชี้หรือความสามารถที่แสดงว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานไว้ดังนี้

4.5.1 พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการตั้งสมมติฐาน

The American Association for the Advancement of Science: AAAS (1967: 157) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการตั้งสมมติฐาน ไว้ดังนี้

1. สร้างสมมติฐานจากข้อมูลทั่วๆ ไปที่ได้จากการสังเกตหรือการลงความเห็น
2. สร้างและแสดงวิธีการทดสอบสมมติฐาน
3. จำแนกความแตกต่างระหว่างการสังเกตที่สนับสนุนสมมติฐานและไม่สนับสนุนสมมติฐานออกจากกันได้
4. แก้ไขสมมติฐานบนพื้นฐานของการสังเกตที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

คณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตร (2537: 129) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการตั้งสมมติฐาน คือ ความสามารถในการให้คำตอบล่วงหน้าสำหรับปัญหาใหม่ หรือทำนายผลล่วงหน้าในสถานการณ์ใหม่ที่ยังไม่เคยรู้มาก่อน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534: 55) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการตั้งสมมติฐาน คือ หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการตั้งสมมติฐาน มีดังนี้

1. คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง
2. บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามได้

4.5.2 พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

The American Association for the Advancement of Science: AAAS (1967: 129) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ไว้ดังนี้

1. บ่งชี้ตัวแปรต่างๆ ซึ่งอาจจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรม หรือสมบัติทางกายภาพ หรือชีวภาพของระบบได้
2. บ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้
3. สร้างวิธีการทดสอบ หาผลที่เกิดจากตัวแปรต้นหนึ่งตัวหรือตัวแปรหลายๆ ตัวได้
4. บ่งชี้ได้ว่าตัวแปรใดที่ไม่ได้รับการควบคุมให้คงที่ในการทดลอง ถึงแม้ว่าตัวแปรเหล่านั้นจะเปลี่ยนแปลงไปในแบบเดียวกันในทุกๆ กรณี
5. บอกได้ว่าสภาพการณ์อย่างไรที่ทำให้ตัวแปรมีค่าคงที่ และสภาพการณ์อย่างไรไม่ทำให้ค่าตัวแปรคงที่

คณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตร (2537: 130) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรไว้ดังนี้

1. ชี้บ่งหรือกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้
2. ควบคุมตัวแปรและบอกสาเหตุในการควบคุมได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534: 56) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร คือ ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร คือ ชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

4.5.3 พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร

The American Association for the Advancement of Science: AAAS (1967: 163) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ไว้ดังนี้

1. จำแนกความแตกต่างระหว่างนิยามเชิงปฏิบัติการและนิยามทั่วไปออกจากกันได้
2. บ่งชี้ตัวแปรหรือคำที่ต้องใช้ในการให้นิยามเชิงปฏิบัติการได้
3. สร้างนิยามเชิงปฏิบัติการที่บรรยายขั้นตอนกระบวนการ มโนทัศน์ วัตถุ หรือสมบัติของวัตถุในบริบทที่จะใช้ได้

คณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตร (2537: 129) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร คือ ความสามารถในการกำหนดความหมายของคำหรือข้อความต่างๆ ให้นำไปสู่การปฏิบัติได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534: 56) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร คือ ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ให้สังเกตและวัดได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร มีดังนี้

1. กำหนดนิยามและขอบเขตของสิ่งที่ต้องการศึกษา โดยสังเกตและวัดได้
2. ระบุวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองได้

4.5.4 พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการทดลอง

The American Association for the Advancement of Science: AAAS (1967: 173) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการทดลอง ไว้ดังนี้

1. บ่งชี้ตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. สร้างนิยามเชิงปฏิบัติการได้

3. สร้างและแสดงการทดสอบ การเก็บรวบรวม และการแปลความหมายข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานได้

4. สร้างรายงานการทดลองได้

5. สร้างคำถามที่ต้องการคำตอบได้

6. สร้างการทดสอบจากข้อมูลที่กำหนดให้เพื่อตอบคำถาม

คณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตร (2537: 132) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการทดลองไว้ดังนี้

1. ออกแบบการทดลองโดยกำหนดวิธีทดลองและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง

2. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง

3. ออกแบบบันทึกผลการทดลองและบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้อง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2536: 80) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการทดลองไว้ดังนี้

1. การออกแบบการทดลอง โดย

1.1 กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม

1.2 ระบุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้

2. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม

3. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการทดลองประกอบด้วย

1. ออกแบบการทดลองโดยกำหนดวิธีทดลองอย่างถูกต้องและเหมาะสม

2. ระบุอุปกรณ์และสิ่งที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองได้

3. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม

4. บันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง

4.5.5 พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

The American Association for the Advancement of Science: AAAS (1967: 141) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการแปลความหมายข้อมูล ไว้ดังนี้

1. บรรยายข้อมูลที่แสดงในตารางหรือกราฟในรูปของประโยค

2. สร้างข้อสรุปหรือสมมติฐานจากข้อมูลที่กำหนดให้จากตาราง กราฟ หรือรูปภาพ

3. บรรยายประเภทของข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่ามัชฌิมเลขคณิต และพิสัย เพื่อสร้างการทำนาย การสรุปอ้างอิง หรือสมมติฐานจากข้อมูล

4. จำแนกความแตกต่างระหว่างความสัมพันธ์เชิงเส้นและความสัมพันธ์ไม่เชิงเส้น

5. บรรยายข้อมูลที่กำหนดให้จากค่าความชันของกราฟ

6. ประยุกต์กฎเพื่อหาความชันของกราฟของความสัมพันธ์เชิงเส้น

7. เรียกชื่อพิกัด (โคออดิเนต) ของจุดต่างๆ ในกราฟ 3 มิติ

8. สร้างกราฟ 3 มิติ จากสิ่งที่กำหนดให้ทั้ง 3 จำนวน

คณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตร (2537: 133) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้ดังนี้

1. บรรยายลักษณะหรือปริมาณที่แสดงไว้ในรูปของตาราง แผนภูมิ กราฟ ให้เข้าใจได้ชัดเจน

2. บอกผลรวมของข้อมูลหรือสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2534: 59) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปไว้ดังนี้

1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและคุณสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ประกอบด้วย

1. บรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเป็นทักษะขั้นสูงที่ต้องอาศัยการบูรณาการจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดนิยามของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน หมายถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยการบูรณาการจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานซึ่งผู้เรียนควรฝึกฝนให้เกิดความชำนาญมาก่อน จึงจะทำให้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานมีประสิทธิภาพ ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการหาข้อสรุปหรืออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร หรือเป็นการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเรื่องนั้นๆ

2. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ควบคุมในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหรือปรากฏการณ์หนึ่งๆ และควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่ต้องการศึกษาแต่อาจมีผลต่อการทดลอง

3. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร หมายถึง การกำหนดความหมาย หรือขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษา เพื่อให้เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกต วัดหรือทดลองเพื่อตรวจสอบได้

4. ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ ประกอบด้วยทักษะย่อย 3 ขั้น คือ

4.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติการทดลองที่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ต้องการตรวจสอบ ครอบคลุมวิธีการทดลอง มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร รวมทั้งระบุวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

4.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การปฏิบัติการทดลองจริงตามแผนการที่วางไว้และสามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม

4.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้อง

5. ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

การแปลความหมายข้อมูล หมายถึง การบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลหรือตัวแปรที่ได้จากการทดลอง

การลงข้อสรุป หมายถึง การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่หรือที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษา

4.6 แนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการวัดทักษะการคิดประเภทหนึ่งดังที่พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 9) อธิบายว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญา (intellectual skills) ที่เป็นความชำนาญและความสามารถในการคิดเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหา โดยนักการศึกษาและสถาบันการศึกษาได้อธิบายถึงแนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ดังนี้

หน่วยทดสอบและประเมินผลสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เสนอแนะแนวทางในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2518: 5)

1. กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งจะต้องแจกแจงให้ชัดเจน โดยครูต้องศึกษาจุดมุ่งหมายในแต่ละทักษะให้เข้าใจ แล้วมาแจกแจงให้เป็นจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีทั้งภาคสถานการณ์ ภาคพฤติกรรมที่คาดหวัง และเกณฑ์ในการกำหนดพฤติกรรมนั้นๆ

2. การเลือกเนื้อหาที่จะวัด หมายถึง การเลือกความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาที่จำเป็นที่ขาดเสียมิได้ในบทหนึ่งๆ ควรจะกำหนดว่าทักษะใด เนื้อหาใดเป็นสิ่งที่ขาดมิได้ ทักษะนั้นและเนื้อหานั้นก็ควรจะปรากฏในข้อสอบ

3. การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมทักษะ ซึ่งมีความมุ่งหมายอยู่ที่จะกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมได้เท่าไร อย่างละกี่ข้อ จะได้ไม่บกพร่อง นอกจากนั้นผู้ออกข้อสอบยังจะต้องทราบต่อไปอีกว่า ข้อสอบวัดพฤติกรรมทักษะใดมีสัดส่วนมากน้อยเพียงใด

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2545: 166) กล่าวถึง การวัดและการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 2 รูปแบบ คือ

1. การประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple-choice paper and pencil)

2. การประเมินพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ (Performance Assessment)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 21) ได้เสนอว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปนิยมใช้การทดสอบด้วยข้อเขียน เพราะเป็นวิธีการวัดและประเมินผลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีการประเมินในรูปแบบต่างๆ

สุนีย์ คล้ายนิล และปรีชา เดชศรี (2550: 30-76) ได้เสนอแนวทางการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

2. แบบวัดแบบอัตนัย เป็นแบบวัดที่มีการกำหนดสถานการณ์จำลองขึ้นในรูปของข้อความ รูปภาพ เพื่อทำให้ข้อคำถามชัดเจนขึ้นแทนการลงมือปฏิบัติการและการใช้ของจริง

3. แบบตรวจสอบรายการ

4. แบบประเมินมาตราประมาณค่าจากการเขียนรายงานหลังปฏิบัติการ

Dillashaw and Okey (1980: 602-603) ได้เสนอแนวทางการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้คือ แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยคำถามได้กำหนดสถานการณ์มาให้ เพื่อให้ผู้เรียนเลือกตอบ

Solano (2000: 31) กล่าวถึงแนวทางการวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนขณะปฏิบัติการทดลองด้วยแบบตรวจสอบ

รายการ และประเมินผลการทดลองด้วยแบบประเมินแบบมาตรประมาณค่า โดยครูจัดกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองจริง

Beaumont and Soyibo (2001: 137-138) ได้เสนอแนวทางการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. แบบวัดแบบอัตนัย เป็นแบบวัดที่มีการใช้รูปภาพ ไดอะแกรม หรือภาพลายเส้น โดยข้อคำถามแต่ละข้อจะออกแบบวัดให้สอดคล้องกับตัวบ่งชี้พฤติกรรมย่อยของแต่ละทักษะที่ต้องการวัด เช่น ทักษะการบันทึกข้อมูล (recording data) ตัวบ่งชี้พฤติกรรมของทักษะการบันทึกข้อมูลมี 3 ตัวบ่งชี้ คือ

1) สร้างกราฟจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ (constructing graphs)

2) สร้างตารางจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ (constructing tables)

3) รวบรวมและแปลงข้อมูลลงในตารางและกราฟได้ (collecting and transforming data into graphs and tables)

2. แบบวัดภาคปฏิบัติ (hand-on performance tasks) โดยผู้เรียนศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานและทำการทดลอง

Enger and Yager (2001: 94) ได้เสนอวิธีการวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 3 วิธี ดังนี้

1. การสังเกตพฤติกรรม เป็นการสังเกตการลงมือปฏิบัติการทดลองของนักเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบตรวจสอบรายการ

2. การประเมินจากสมุดบันทึก เป็นการให้นักเรียนบันทึกวิธีการดำเนินการทดลองขณะทำการทดลอง โดยใช้แบบประเมินแบบมาตรประมาณค่า

3. การตอบคำถามสั้นๆ เป็นการให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์และตีความหมายข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบสอบประเภทต่างๆ เช่น แบบสอบแบบเลือกตอบ แบบสอบแบบเขียนตอบ เป็นต้น

Monica (2005: 16-19) ได้เสนอแนวทางการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้คือ แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เป็นแบบวัดที่ใช้รูปภาพ ไดอะแกรม หรือ กราฟ เพื่อทำให้ข้อคำถามชัดเจนขึ้นแทนการลงมือปฏิบัติการ และการใช้ของจริง ข้อคำถามอาจเป็นแบบเลือกตอบที่เป็นคำถามเดี่ยวหรือแบบเลือกตอบที่ใช้ข้อมูลชุดเดียวกันเพื่อการถามหลายข้อ

Kabba (2008: 68) เสนอแนวทางการวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าควรใช้การประเมินที่เน้นแนวทางการปฏิบัติเป็นพื้นฐาน (Performance-based assessment) เนื่องจากนักเรียนสามารถแสดงความสามารถของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจน เช่น ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง เป็นต้น จากการปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมาย โดย

ครูกำหนดประเด็นปัญหาเพื่อให้นักเรียนหาคำตอบขณะทำการทดลองต่างๆ จนถึงขั้นที่นักเรียนนำเสนอผลงานของตนเอง

ดังนั้นแนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถกระทำได้หลากหลายวิธีดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้ควรพิจารณาความสอดคล้องของเครื่องมือและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดและประเมินเป็นสำคัญ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

พรทิพย์ ไชยโส (2522) ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้คำถามของครูวิทยาศาสตร์ โดยจำแนกคำถามตามเกณฑ์ของบลูม จำนวน 27 คน พบว่า ครูใช้คำถามขั้นความจำ ร้อยละ 53.75 คำถามขั้นความเข้าใจ ร้อยละ 31.34 คำถามขั้นการนำไปใช้ ร้อยละ 4.60 คำถามขั้นการวิเคราะห์ ร้อยละ 8.69 คำถามขั้นสังเคราะห์ ร้อยละ 0.76 และคำถามขั้นประเมินค่า ร้อยละ 0.87 นอกจากนี้ยังพบว่าครูจะถามคำถามด้านความรู้ความจำ 1 คำถาม ภายในเวลา 1 นาที และครูที่สอนต่างระดับชั้น มีพฤติกรรมการใช้คำถามด้านความรู้ความจำไม่แตกต่างกัน

กัลยา เขียวขำ (2524) ได้ศึกษาลักษณะคำถามและทักษะการใช้คำถามของครูวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 6 จำนวน 24 คน โดยใช้แบบสังเกตลักษณะคำถามตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูมและทักษะการใช้คำถาม พบว่า ครูทั้ง 2 ระดับชั้นใช้คำถามประเภทความรู้ความจำมากที่สุดและใช้อย่างสม่ำเสมอ คำถามที่ครูไม่ได้ใช้ คือ คำถามประเภทการประเมินค่า ส่วนทักษะการใช้คำถามที่ครูใช้มากที่สุดคือ การทวนคำตอบของนักเรียน รองลงมาคือ การทวนคำตอบของตนเอง ทักษะที่ใช้น้อยที่สุดคือ การปรับเปลี่ยนคำถามให้ง่ายขึ้นเมื่อนักเรียนตอบคำถามไม่ได้ ครูใช้ทักษะการถามคำถามที่ไม่ควรใช้ ร้อยละ 78.06 และทักษะที่ควรใช้เพียงร้อยละ 21.94

อรวรรณ เลิศสังข์ (2524) ได้ศึกษาประเภทคำถามของครูสอนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดสุพรรณบุรี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสังเกตประเภทคำถาม ผลการวิจัยพบว่าครูส่วนใหญ่ใช้คำถามระดับต่ำหรือคำถามความรู้ความจำร้อยละ 83.66 โดยจำแนกเป็นคำถามประเภทพรรณาร้อยละ 69.8 คำถามประเภทเปรียบเทียบร้อยละ 10.95 คำถามประเภทศัพท์และนิยามร้อยละ 2.4 และคำถามประเภทการจัดจำแนกเป็นคำถามประเภทอธิบายความร้อยละ 7.10 คำถามประเภทการสรุปความหรือเกี่ยวข้องกับความเข้าใจของนักเรียนร้อยละ 5.44 คำถามประเภทการประเมินค่าร้อยละ 2.68 คำถามประเภทสรุปอ้างอิงโดยมีเงื่อนไขร้อยละ 4.18 ส่วนคำถามประเภทคิดคำนวณไม่ปรากฏว่ามีการใช้ในการวิจัยครั้งนี้

สุชาดา แจ่มจันทร์ (2526) ได้ศึกษาลักษณะคำถามและทักษะการใช้คำถามของครูสอนภาษาไทยชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน เครื่องมือในการวิจัยคือ แบบสังเกตประเภทคำถามตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม และแบบสอบถามความเข้าใจ ผลการวิจัยพบว่า ครูถามคำถามประเภทความรู้ความจำมากที่สุด คำถามประเภทอื่นๆ ครูใช้น้อยและครูไม่ใช้คำถามประเภทการสังเคราะห์เลย ทักษะการใช้คำถามที่ครูใช้มากที่สุด ได้แก่ การถามคำถามให้นักเรียนตอบพร้อมกันทั้งชั้น คิดเป็นร้อยละ 24.87 ทักษะการถามคำถามที่ครูใช้น้อยที่สุด ได้แก่ การเปลี่ยนคำถามให้ง่ายขึ้นเพื่อให้นักเรียนตอบคำถามได้ คิดเป็นร้อยละ 1.89 โดยสรุปแล้วครูใช้ทักษะการใช้คำถามที่ควรใช้เป็นประจำ ร้อยละ 32.03 ส่วนทักษะการใช้คำถามที่ไม่ควรใช้ครูกลับใช้ถึงร้อยละ 67.57 และในการตอบแบบสอบถามพบว่า ครูเข้าใจเกี่ยวกับคำถามประเภทความรู้ความจำมากที่สุด และตอบคำถามในข้อที่ว่า ทักษะการใช้คำถามที่ดีคืออะไรได้มากที่สุด

อัจฉรา สุวรรณนิตย์ (2528) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาระดับคำถามที่ครูใช้ในการสอนวิชาสังคมศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีประสบการณ์ต่างกัน จำนวน 30 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้การสังเกตและบันทึกคำถามของครูสังคมศึกษาคนละ 5 ครั้ง โดยใช้แบบสังเกตระดับของคำถามตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม พร้อมทั้งบันทึกเสียงการเรียนการสอนในชั้นเรียน ผลการวิจัยพบว่า ครูสังคมศึกษาถามคำถามระดับความรู้ความจำมากที่สุด รองลงมาคือ คำถามระดับประยุกต์ความรู้ ความเข้าใจ การวิเคราะห์ การประเมินความรู้ และการสังเคราะห์ ตามลำดับ

เดชณรงค์ สุภิมารส (2529) ได้ศึกษาเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้คำถามของครูในการเรียนการสอนวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยตัวอย่างประชากรแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นครูสอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 9 คน อีกกลุ่มเป็นนักเรียน 9 ห้อง จำนวน 420 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสังเกตพฤติกรรมการใช้คำถามของครูและแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ผลการวิจัยพบว่า เมื่อครูใช้คำถามระดับต่ำระหว่างร้อยละ 30 ถึงร้อยละ 50 ใช้คำถามระดับสูงประมาณร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 70 นักเรียนจะมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและเมื่อครูใช้คำถามระดับต่ำในร้อยละที่เพิ่มขึ้นและสัดส่วนของคำถามระดับสูงลดลง พบว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนลดลงตามลำดับโดยเฉลี่ยในเวลา 1 คาบ ครูใช้คำถามทุกประเภทรวมกัน 168.04 คำถาม นอกจากนี้ครูยังขาดความเข้าใจเทคนิคการใช้คำถามและยังไม่เห็นความสำคัญว่า คำถามเป็นเทคนิคที่สามารถพัฒนาขึ้นได้ เพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนและยกระดับความคิดของนักเรียนได้ด้วยตนเอง

จารุวรรณ ภูละคร (2531) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนเรื่องพลังงานและสารเคมีด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามและโดยครูเป็นผู้ตั้งคำถาม พบว่า

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนเรื่องพลังงานและสารเคมี ด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามและโดยครูเป็นผู้ตั้งคำถามไม่แตกต่างกัน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อรุณรัตน์ พ่วงทิพากร (2532) ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้คำถามระดับต่างๆ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการอ่านภาษาอังกฤษของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนกวิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดประดู่ในทรงธรรม จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 30 คน รวม 60 คน กลุ่มที่ 1 สอนโดยใช้คำถามระดับต่ำ กลุ่มที่ 2 สอนโดยใช้คำถามระดับต่ำและคำถามระดับสูง ใช้เวลาสอน 12 คาบ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ 1) แผนการสอนวิชาการอ่านที่เน้นการใช้คำถามระดับต่ำ และ 2) การใช้คำถามระดับต่ำและระดับสูง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการอ่านที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยพบว่า การสอนโดยใช้คำถามระดับต่ำและระดับสูงสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจในการอ่านภาษาอังกฤษมากกว่าการสอนโดยใช้คำถามระดับต่ำเพียงอย่างเดียว

สุจิตรา โอสถอภิรักษ์ (2537) ได้ศึกษาวิเคราะห์การใช้คำถามของครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กรุงเทพมหานคร จำนวน 96 คน โดยใช้แบบสังเกตการใช้คำถามของครูคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ด้านประเภทของการใช้คำถาม ครูคณิตศาสตร์ใช้คำถามระดับต่ำคิดเป็นร้อยละ 99.41 ใช้คำถามระดับสูงคิดเป็นร้อยละ 0.59 และเมื่อจำแนกประเภทคำถามระดับต่ำแล้ว พบว่า ครูคณิตศาสตร์ใช้คำถามที่ให้นักเรียนระลึกถึงข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม และสูตรมากที่สุด ส่วนด้านลักษณะการใช้คำถาม ครูคณิตศาสตร์ใช้ลักษณะคำถามที่ดีคิดเป็นร้อยละ 25.90 และใช้คำถามที่ควรหลีกเลี่ยงคิดเป็นร้อยละ 74.10 และเมื่อจำแนกลักษณะการใช้คำถามที่ควรหลีกเลี่ยงแล้ว พบว่า ครูคณิตศาสตร์ใช้คำถามที่ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นหมู่คณะมากที่สุด

ฉลอง รุ่งเรือง (2538) ได้ศึกษาวิเคราะห์การใช้คำถามของครูและพฤติกรรมการตอบคำถามของนักเรียนในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโครงการขยายโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ด้านประเภทคำถามที่ครูใช้ ครูใช้คำถามแคบเป็นส่วนใหญ่ และใช้คำถามกว้างเป็นส่วนน้อย ในการใช้คำถามแคบนั้น ครูใช้คำถามความจำมากกว่าคำถามสรุปแคบ ส่วนการใช้คำถามกว้าง ครูใช้คำถามเปิดกว้างมากกว่าคำถามประเมิน ด้านลักษณะการใช้คำถามของครู ครูใช้ลักษณะคำถามที่ไม่ดีมากกว่าคำถามที่ดี ส่วนด้านพฤติกรรมการตอบคำถามของนักเรียนนั้น เป็นการตอบคำถามพร้อมกันเป็นหมู่มากที่สุด รองลงมาคือการตอบคำถามด้วยความสมัครใจด้วยการยกมือตอบ และตอบคำถามครูหลังจากปรึกษากับเพื่อนแล้วน้อยที่สุด

กิตติชัย สุธาสิโนบล (2541) ได้ศึกษาผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามซึ่งผู้วิจัยออกแบบขึ้น หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองทั้งในรายภาพรวมและในรายสมรรถภาพย่อย และคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามซึ่งผู้วิจัยออกแบบขึ้น หลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมทั้งในรายภาพรวมและในรายสมรรถภาพย่อย ยกเว้นทักษะการวัดและทักษะการลงความเห็นจากข้อมูลทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

เบญจา เรืองเสมอ (2549) ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นเทคนิคการใช้คำถาม พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นเทคนิคการใช้คำถาม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นิติกร อ่อนโยน (2551) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูง พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Hunkins (1970) ศึกษาผลของคำถามประเภทวิเคราะห์และประเมินค่าตามแนวคิดด้านพุทธิพิสัยของบลูมที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม A ซึ่งได้รับการสอนที่เน้นการใช้คำถามประเภทวิเคราะห์และประเมินค่า และกลุ่ม B ซึ่งได้รับการสอนที่เน้นการใช้คำถามประเภทความรู้ความจำ ซึ่งในแต่ละคาบของการเรียน ทั้งกลุ่ม A และ B ได้ฝึกทำกิจกรรม คือ การตอบคำถามจากเอกสารกิจกรรม เมื่อนักเรียนอ่านเนื้อหาที่ครูมอบหมายให้เสร็จสิ้น ซึ่งการตอบคำถามใช้ระยะเวลาประมาณ 30-35 นาที ผลการวิจัยพบว่า การใช้คำถามประเภทวิเคราะห์และประเมินค่าไม่สามารถที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ เนื่องจากการให้นักเรียนทำกิจกรรมโดยการตอบคำถามในเอกสารกิจกรรมเป็นจำกัดคำตอบของนักเรียน ทำให้นักเรียนขาดโอกาสในการอภิปราย ซึ่งจะลดความกระตือรือร้นและปิดกั้นการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แต่ข้อค้นพบจากการวิจัยอีกประเด็นคือ การใช้คำถามระดับสูง

จะช่วยพัฒนาการประเมินค่าได้ดีกว่าและพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนต่อข้อเท็จจริงในระดับต่ำได้ดีขึ้น

Ladd and Anderson (1970) ได้สังเกตการสอนของครูซึ่งสอนวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลกในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3จำนวน 400 คน และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจำนวน 1,000 คน ที่เรียนกับครูที่สอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้เครื่องมือของ Smith and Meux Classification System จำแนกพฤติกรรมการใช้คำถามของครูจากการอภิปรายก่อนการทดลอง 3 ครั้ง แล้วแบ่งครูออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีการถามคำถามแบบสืบสอบความรู้ระดับสูงและกลุ่มที่มีการถามคำถามแบบสืบสอบความรู้ระดับต่ำ จากนั้นใช้แบบสอบ 2 ฉบับกับนักเรียนทั้งหมด ฉบับที่ 1 ประกอบด้วยคำถาม 25 ข้อ ซึ่งถามคำถามที่มีการสืบสอบความรู้ระดับสูง ฉบับที่ 2 ประกอบด้วยคำถามที่มีการสืบสอบความรู้ระดับต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทั้งแบบสอบฉบับที่ 1 ฉบับที่ 2 และรวมทั้งสองฉบับ ผลการวิจัยสรุปว่า พฤติกรรมการใช้คำถามของครูมีผลอย่างมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

Martikean (1973) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้คำถามของครูที่จะมีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ผู้วิจัยได้สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบคู่ขนาน 2 แบบในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา เรื่องพืชและเมล็ด แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ครูใช้คำถามระดับต่ำ ถามเฉพาะความรู้ความจำ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ครูใช้คำถามระดับสูงที่จะให้นักเรียนตอบสนองสูงกว่าความรู้ความจำ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4จำนวน 33 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยให้ทั้ง 2 กลุ่มทำแบบสอบประเภทข้อเขียน เป็นการทดสอบทั้งก่อนและหลังการสอน ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

Stevens and Atwood (1978) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสนใจวิชาวิทยาศาสตร์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนระดับขั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 345 คน มัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 196 คน และมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 529 คน โดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบวัดความสนใจวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้งก่อนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์สูงจะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูง นั่นก็คือ อาจใช้คะแนนความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นตัวทำนายคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

Padilla, Okey and Garrard (1984) ได้ศึกษาผลการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนรัฐจอร์เจียระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 329

คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลอง มีนักเรียนจำนวน 168 คน ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยเน้นการออกแบบการทดลอง ต่อจากนั้นจะเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กันไปกับเนื้อหาในหลักสูตร โดยจะสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สัปดาห์ละ 1 คาบกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มทดลอง มีนักเรียน 85 คน ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเป็นเวลา 2 สัปดาห์ แต่เน้นการทดลอง จากนั้นเรียนเนื้อหาในหลักสูตรและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไปด้วย แต่น้อยกว่ากลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ มีนักเรียนจำนวน 76 คน ได้รับการสอนเพียงเนื้อหาในหลักสูตรเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 แต่ไม่ได้รับการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เวลาที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 กลุ่ม คือ 14 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน และการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้น โดยนักเรียนในกลุ่มที่ 1 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่ากลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
   3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
   3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) มีรูปแบบการวิจัยแบบ Two groups pretest-posttest design โดยมีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม และกลุ่มเปรียบเทียบเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไปและมีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการทดลองทั้งสองกลุ่ม ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design

กลุ่มทดลอง	O_1----------X----------O_2
กลุ่มเปรียบเทียบ	O_1---------~X----------O_2

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการทดลองด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

X หมายถึง การเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม

~X หมายถึง การเรียนการสอนแบบทั่วไป

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการทดลองด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 10 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้โรงเรียนในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกโรงเรียน ดังนี้

2.1.1 เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาที่เป็นรูปแบบสหศึกษามีขนาดใหญ่สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เปิดสอนทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.1.2 มีจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพียงพอสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1.3 ผู้บริหารและคณาจารย์ให้การสนับสนุนและร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

โรงเรียนที่คัดเลือกมีห้องเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายสำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ห้องเรียน ซึ่งจัดนักเรียนแบบคละความสามารถ ดำเนินการคัดเลือกห้องเรียนเพื่อเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยพิจารณาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2556 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) นำคะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ของแต่ละห้อง มาหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2) นำคะแนนเฉลี่ยของทั้ง 3 ห้องเรียน มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) พบว่า มีห้องเรียนอย่างน้อย 2 ห้องเรียน ที่มีคะแนนเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปรากฏผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนจำนวน 3 ห้องเรียน และค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test)

ห้องเรียน	$\overline{X}$	S.D.	F-test
4/1	72.65	4.50	
4/2	69.94	7.04	8.050*
4/3	66.97	5.96	

*p < .05 และ Levene Statistic = 5.863

3) จากนั้นจึงทำการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ (Post Hoc Test) โดยเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pairwise Comparisions) ด้วยสถิติทดสอบ Bonferroni เพื่อคัดเลือกห้องเรียนที่นักเรียนมีความสามารถในการเรียนฟิสิกส์ไม่แตกต่างกัน พบว่า นักเรียนห้อง ม.4/1 กับ ม.4/2 และ นักเรียนห้อง ม.4/2 กับ ม.4/3 มีค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบวิชาฟิสิกส์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปรากฏผลดังตารางที่ 4 จากนั้นเลือกคู่ห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากความสะดวกในเรื่องเวลาของผู้วิจัย ได้นักเรียนห้อง ม.4/1 กับ ม.4/2 เป็นกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 4 การทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ (Post Hoc Test) โดยสถิติทดสอบ Bonferroni

ห้องเรียน	4/1	4/2	4/3
4/1		2.71	5.69*
4/2			2.97
4/3			

*p < .05

4) จากนั้นสุ่มห้องเรียนเพื่อใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยวิธีการจับฉลาก ผลปรากฏว่า นักเรียนห้อง ม.4/1 จำนวน 35 คน เป็นกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม ส่วนนักเรียนห้อง ม.4/2 จำนวน 35 คน เป็นกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป

3. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ

3.1.1 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

3.1.2 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งประกอบด้วย 2 รูปแบบดังนี้

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม

3.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

รายละเอียดของขั้นตอนการสร้าง การตรวจสอบและพัฒนาคุณภาพเครื่องมือ มีดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมี 2 แบบ คือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน มีรายละเอียดของการสร้าง การตรวจสอบและพัฒนาคุณภาพเครื่องมือแต่ละแบบ ดังต่อไปนี้

3.1.1 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ในการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาวิธีการสร้างข้อสอบแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จากเอกสารและหนังสือที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลในวิชาวิทยาศาสตร์

2) ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรฟิสิกส์ เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด

3) สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ในเนื้อหาเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ โดยจะวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนทั้งหมด 3 ด้าน ปรับจากแนวคิดของ Klopfer (อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545: 110) คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำความรู้ไปใช้ โดยใช้น้ำหนักของคะแนนพฤติกรรมที่จะวัดในแต่ละด้าน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนข้อสอบในแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จำแนกตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด

พฤติกรรมที่ต้องการวัด / หัวข้อ	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การนำความรู้ไปใช้	รวม
1. แรง	1	2	2	5
2. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	5	8	10	23
2.1 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน	(1)	(2)	(2)	(5)
2.2 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน	(2)	(3)	(4)	(9)
2.3 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน	(2)	(3)	(4)	(9)
3. กฎแรงดึงดูดระหว่างมวล	2	2	2	6
4. แรงเสียดทาน	2	2	2	6
รวม (จำนวนข้อ)	**10**	**14**	**16**	**40**
ร้อยละ	**25**	**35**	**40**	**100**

4) สร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์เนื้อหา และพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยสร้างเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ เกณฑ์การให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

5) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาและให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข

6) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญในด้านการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิปรากฏในภาคผนวก ก) พิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ และความถูกต้องของภาษา แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

6.1) การใช้คำศัพท์และสำนวน มีสิ่งที่ควรปรับ ได้แก่ ภาษาที่ใช้ในข้อคำถามควรเป็นภาษาเขียนทั้งหมด เช่น มีแรงกระทำต่อวัตถุ ควรแก้เป็น มีแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ มอเตอร์ไซค์มาตัดหน้า ควรแก้เป็น มอเตอร์ไซค์วิ่งตัดหน้า การใช้ประโยคในข้อคำถามควรใช้ภาษาที่เป็นทางการ เช่น ให้เคลื่อนที่ ควรแก้เป็น ให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง มวลที่เบากว่าและมวลที่หนักกว่าควรแก้เป็นวัตถุ A มวล m และวัตถุ B มวล 2m

6.2) สัดส่วนของรูปภาพ และขนาดลูกศร ต้องสอดคล้องกับความเป็นจริง

6.3) การกำหนดค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณมีสิ่งที่ควรปรับ ได้แก่ ควรกำหนดค่าคงที่ที่จะใช้ในการคำนวณไว้ตอนท้ายของข้อคำถาม

7) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 35 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่มีลักษณะไม่แตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้เรียนเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่มาแล้วนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับและรายข้อโดยคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับพิจารณาจากค่าความเที่ยง โดยใช้สูตรที่ 20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Formula-20, KR-20) (Brown 1983: 83) ส่วนการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อพิจารณาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แล้วนำผลการวิเคราะห์คุณภาพที่ได้มาใช้ในการคัดเลือกแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ โดยเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกข้อสอบควรมีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544: 181) ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.85 ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.32-0.68 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.63 จึงได้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ตามเกณฑ์ที่ต้องการ (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง)

8) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ที่ปรับแก้ไขแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้จริงในการวิจัยครั้งนี้

3.1.2 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาหนังสือ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ทั้ง 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

2) กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและพฤติกรรมบ่งชี้ของแต่ละทักษะ และสร้างตารางวิเคราะห์โครงสร้างของแบบวัดตามประเภทของทักษะและนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยใช้แนวทางในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของ Dillashaw และ Okey (1980, อ้างถึงใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544: 167) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จำนวนข้อของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน จำแนกตามพฤติกรรมบ่งชี้ของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	คำนิยาม	พฤติกรรมบ่งชี้	จำนวนข้อสอบ
ทักษะการตั้งสมมติฐาน (ร้อยละ 20)	ความสามารถในการหาข้อสรุปหรืออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร หรือเป็นการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเรื่องนั้นๆ	1) คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง 2) บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามได้	3 3
ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (ร้อยละ 20)	ความสามารถในการบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ควบคุมในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหรือปรากฏการณ์หนึ่งๆ และควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่ต้องการศึกษา แต่อาจมีผลต่อการทดลอง	1) ชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมได้	6
ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (ร้อยละ 20)	การกำหนดความหมาย หรือขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษา เพื่อให้เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกต วัดหรือทดลองเพื่อตรวจสอบได้	1) กำหนดนิยามและขอบเขตของสิ่งที่ต้องการศึกษาโดยสังเกตและวัดได้ 2) ระบุวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองได้	3 3
ทักษะการทดลอง (ร้อยละ 20)	ความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ ประกอบด้วยทักษะย่อย 3 ขั้น คือ 1) การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติการทดลองที่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ต้องการตรวจสอบ ครอบคลุมวิธีการทดลอง มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร รวมทั้งระบุวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การปฏิบัติการทดลองจริงตามแผนการที่วางไว้	1) ออกแบบการทดลองโดยกำหนดวิธีทดลองอย่างถูกต้องและเหมาะสม 2) ระบุอุปกรณ์และสิ่งที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองได้ 3) ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม 4) บันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง	2 2 1 1

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	คำนิยาม	พฤติกรรมบ่งชี้	จำนวนข้อสอบ
	และสามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม 3) การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้อง		
ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (ร้อยละ 20)	**การแปลความหมายข้อมูล** หมายถึง การบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลหรือตัวแปรที่ได้จากการทดลอง **การลงข้อสรุป** หมายถึง การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่หรือที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษา	1) บรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ 2) บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้	3 3
	รวม		30

3) สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานให้สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ โดยสร้างเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน คือ ตอบถูก ให้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

4) นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่สร้างขึ้นเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบพฤติกรรมบ่งชี้ ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง ความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษา และให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไข

5) นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจพิจารณาในด้านความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และความเหมาะสมของการใช้ภาษา

6) นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

6.1) การใช้ภาษามีสิ่งที่ควรปรับ ได้แก่ ภาษาที่ใช้ในข้อคำถามควรใช้ประโยคที่มีความกระชับ ใช้ภาษาให้เหมาะสม และสื่อความหมาย เช่น ตะปูเข็มที่ดูดได้ ควรแก้เป็น จำนวนตะปู

เข็มที่ดูดได้ แรงที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของถุงทราย ควรแก้เป็น แรงที่มีผลต้านการเคลื่อนที่ของถุงทราย

6.2) ปรับชื่อตาราง กราฟ ให้มีการนำเสนอของข้อมูลที่สมบูรณ์ ชัดเจนและสื่อความหมาย เช่น ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนถุงทรายกับระยะยืดของลวดสปริง

6.3) การปรับปรุงตัวเลือกให้มีความสั้นยาวไม่แตกต่างกันเกินไป

7) นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่แก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 35 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดรายข้อในด้านความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) และตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทั้งฉบับในด้านความเที่ยง โดยใช้สูตร KR-20 (Brown 1983: 67) โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544: 181) ซึ่งสามารถคัดเลือกข้อสอบที่อยู่ในช่วงเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดไว้ได้จำนวน 30 ข้อ ผลการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน มีค่าความเที่ยง 0.78 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.37-0.74 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.26-0.59 (ภาคผนวก ง)

8) นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมี 2 แบบ คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม สำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป สำหรับกลุ่มเปรียบเทียบ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบ มีจำนวนแผน จำนวนคาบเรียน และมีเนื้อหาสาระในการเรียนรู้เท่ากัน โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมเป็นแผนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้ทดลองสอนกลุ่มทดลอง มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1) ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและขอบข่ายของเนื้อหาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จากหนังสือการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2) ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นการสอน

3) ศึกษาเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ จากหนังสือเรียนและคู่มือครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งเหมาะสำหรับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งโรงเรียนใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพิ่มเติม เพื่อกำหนดขอบข่ายของเนื้อหา จำนวนคาบเรียน วัตถุประสงค์การเรียนรู้ รวมถึงกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อจัดทำแผนระยะยาวสำหรับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมดังรายละเอียดในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 จำแนกเนื้อหาและจำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

แผนลำดับที่	เรื่อง	จำนวนคาบ
1	แรง	2
2	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน	2
3	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน	3
4	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน	2
5	น้ำหนัก	2
6	กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน	2
7	จุดศูนย์กลางมวล และจุดศูนย์กลางของความโน้มถ่วง	2
8	แรงเสียดทาน	3
9	การนำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันไปใช้	3
	รวม	21

4) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจพิจารณาความตรงตามเนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนการ

สอน และความเหมาะสมกับเวลา จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แนวทางการจัดกิจกรรม ตลอดจนความเหมาะสมกับเวลา แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

6) แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

6.1) ขั้นเผชิญปัญหา ควรมีสื่อหรือสถานการณ์หรือตัวอย่างจริงที่น่าสนใจ ท้าทาย และกระตุ้นต่อความอยากรู้ของนักเรียน เช่น รูปภาพ สื่อ แอนิเมชัน วีดิทัศน์ เป็นต้น คำถามที่ใช้เน้นการสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้าสู่ประสบการณ์ใหม่ และควรมีการตั้งสมมติฐานเพื่อออกแบบการทดลองต่อไป

6.2) ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล ควรเพิ่มตัวแปรที่ศึกษาในแบบบันทึกกิจกรรม ควรมีคำถามก่อนการทดลอง ควรให้นักเรียนออกแบบกิจกรรมการทดลองของนักเรียน

6.3) ขั้นลงข้อสรุปและนำความรู้ไปใช้ การใช้คำถามที่ส่งเสริมการสังเคราะห์ควรเป็นคำถามที่ใช้ในสถานการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ แต่อ้างอิงบนหลักการเดิม นอกจากนี้ควรระบุทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในขั้นนี้ให้ชัดเจน

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จำนวน 1 แผน ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนในอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่มีลักษณะไม่แตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งข้อบกพร่องที่ต้องปรับแก้ไขคือ เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล ใช้เวลานานเกินกว่าที่กำหนดไว้ ทำให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมในขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและขั้นลงข้อสรุปและนำความรู้ไปใช้ไม่ทันในคาบเรียน จึงปรับปรุงช่วงเวลาในขั้นนี้ให้น้อยลง เพื่อความเหมาะสมกับกิจกรรมที่จัดขึ้น จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาแก้ไขปรับปรุง แล้วนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

3.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนกับนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ มีขั้นตอนการพัฒนา การกำหนดขอบข่ายของเนื้อหารายละเอียดของเนื้อหาในแต่ละแผน เช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม คือ มีแผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป 9 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน 21 คาบ ออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบ

ตามคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นกิจกรรม และขั้นสรุป ดังนี้

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน โดยครูเป็นผู้นำอภิปราย ทำให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น และมีการตรวจสอบความรู้เดิมของเรื่องที่เรียนต่อไป

2) ขั้นกิจกรรม เป็นขั้นที่มีการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบ ให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง

3) ขั้นสรุป เป็นขั้นที่ครูนำนักเรียนอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปผลการศึกษาค้นคว้าหรือทดลองซึ่งนำไปสู่การสรุปบทเรียนหรือความคิดหลัก

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นชี้แจงนักเรียนก่อนดำเนินการสอน

แนะนำวิธีการเรียนการสอน พร้อมทั้งชี้แจงจุดประสงค์ การเก็บคะแนน และเงื่อนไขในการเรียนให้กลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบทราบ

2) ขั้นดำเนินการสอน

ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม และดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป โดยในการสอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบใช้จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้เท่ากันคือ จำนวน 9 แผน และใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ คาบละ 50 นาที

3) ขั้นหลังสอน

3.1) เมื่อดำเนินการสอนครบตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว จึงดำเนินการทดสอบหลังเรียนทั้งนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบพร้อมกัน ด้วยแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

3.2) นำคะแนนหลังเรียนที่ได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้จากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 for Windows โดยเลือกใช้สถิติดังนี้

1) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนและหลังได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน

2) ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่อิสระต่อกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

1. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม
2. การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

1. การเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ก่อนเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป
2. การเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม
3. การเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน หลังเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

1. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม ปรากฏผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง

คะแนน	เกณฑ์ที่กำหนดไว้	หลังการทดลอง
	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	$\overline{X}_{ร้อยละ}$
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์	70.00	76.43

จากตารางที่ 8 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง หลังได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมมีค่าเท่ากับ 76.43 คะแนน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70

2. การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ หลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป ปรากฏผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test)ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลอง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ

กลุ่มตัวอย่าง	หลังการทดลอง		
	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	S.D.	t-test
กลุ่มทดลอง	76.43	0.60	25.505*
กลุ่มเปรียบเทียบ	63.71	1.01	

*P<.05

จากตารางที่ 9 พบว่า หลังได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

1. การเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ก่อนการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป ปรากฏผลดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนการทดลอง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ

ค่าสถิติ / ทักษะ	กลุ่มทดลอง		กลุ่มเปรียบเทียบ		t-test
	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	S.D.	
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	**36.76**	**1.12**	**36.09**	**1.20**	**0.720**
จำแนกรายทักษะ					
1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน	36.67	0.40	37.62	0.44	0.562
2) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	36.19	0.51	34.76	0.45	0.746
3) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร	39.52	0.49	38.09	0.57	0.673
4) ทักษะการทดลอง	30.47	0.51	28.09	0.53	1.145
5) ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	40.95	0.50	41.90	0.51	0.472

*P<.05

จากตารางที่ 10 เมื่อวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานจำแนกรายทักษะและเปรียบเทียบรายทักษะระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบก่อนการทดลอง พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานทุกทักษะต่ำกว่าร้อยละ 50 ทั้งนี้ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงที่สุด และทักษะการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละต่ำที่สุด

2. การเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม ปรากฏผลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ค่าสถิติ / ทักษะ	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t-test
	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	S.D.	
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	**36.76**	**1.12**	**82.66**	**1.30**	**51.781***
จำแนกรายทักษะ					
1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน	36.67	0.40	88.09	0.45	36.000*
2) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	36.19	0.51	79.52	0.54	22.148*
3) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร	39.52	0.49	84.76	0.61	21.401*
4) ทักษะการทดลอง	30.47	0.51	75.71	0.56	19.463*
5) ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	40.95	0.50	85.23	0.47	26.587*

*P<.05

จากตารางที่ 11 เมื่อวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานจำแนกรายทักษะและเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง พบว่า คะแนนเฉลี่ยรวมของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกทักษะ และมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 75 ขึ้นไป โดยทักษะการตั้งสมมติฐานมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงที่สุด คือ ร้อยละ 88.09 ส่วนทักษะการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 75.71

3. การเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน หลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบทั่วไป ปรากฏผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานหลังการทดลอง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ

ค่าสถิติ / ทักษะ	กลุ่มทดลอง		กลุ่มเปรียบเทียบ		t-test
	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	S.D.	
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	**82.66**	**1.30**	**67.05**	**1.27**	**15.196***
จำแนกรายทักษะ					
1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน	88.09	0.45	68.09	0.65	8.849*
2) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	79.52	0.54	67.14	0.45	6.189*
3) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร	84.76	0.61	66.19	0.62	7.580*
4) ทักษะการทดลอง	75.71	0.56	64.28	0.55	5.165*
5) ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	85.23	0.47	69.52	0.45	8.537*

*P<.05

จากตารางที่ 12 เมื่อวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานจำแนกรายทักษะและเปรียบเทียบรายทักษะระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบหลังการทดลอง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกทักษะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป 3) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนและหลังได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม และ 4) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมกับกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 10 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 35 คน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม และกลุ่มเปรียบเทียบได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง และใช้ระยะเวลาในการสอนทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ คาบละ 50 นาที มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนและหลังเรียน โดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ด้วยสถิติค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70
2. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์หลังการทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานหลังการทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

ผลการวิจัยจากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม พบว่า ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ซึ่งได้อภิปรายตามลำดับดังนี้

1. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

ผลการวิจัยพบว่า หลังได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 และสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 1 และข้อ 2 แสดงว่าการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ladd and Anderson (1970) ที่พบว่า เมื่อครูใช้คำถามระดับสูงในการสอนวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของเดชณรงค์ สุภิมารส (2529) ที่พบว่า เมื่อครูใช้คำถามระดับต่ำน้อยลงและใช้คำถามระดับสูงมากขึ้นในการเรียนการสอนวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของจารุวรรณ ภูละคร (2531) ที่พบว่า เมื่อครูเป็นผู้ตั้งคำถามในการเรียนการสอน นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติชัย สุธาสิโนบล (2541) ที่พบว่า เมื่อครูใช้เทคนิคการตั้งคำถามในการเรียนการสอน นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้นเช่นกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

ในการวิจัยนี้ใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมทั้ง 6 ระดับ ได้แก่ คำถามระดับความรู้ความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการนำไปใช้ ระดับการวิเคราะห์ ระดับการสังเคราะห์ และระดับการประเมินค่า ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนแต่ละบทเรียน เพราะการที่ครูรู้จักใช้คำถามและเลือกคำถามให้เหมาะสม จะช่วยพัฒนาทางด้านสติปัญญาและช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Chiappetta and Koballa (2010) ที่กล่าวว่า การใช้คำถามเป็นหัวใจสำคัญในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การถามคำถามสามารถช่วยดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้ สอดคล้องกับ Bass, Constant, and Carin (2009) ที่กล่าวว่า การใช้คำถามเป็นหัวใจสำคัญของการสอนแบบสืบสอบ การใช้คำถามที่ประสิทธิภาพทำให้ครูทราบว่านักเรียนมีความรู้

เพียงใด ช่วยชี้แนะให้นักเรียนสร้างคำถามที่นำไปสู่การสืบสอบและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการสร้างคำอธิบายที่นำไปใช้ในการสร้างความรู้ใหม่ในสถานการณ์ต่างๆ สอดคล้องกับ วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544) ที่กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบนั้น ครูใช้คำถามเพื่อส่งเสริมการพัฒนาการคิดและสติปัญญาของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฉลอง รุ่งเรือง (2539: 27-28) ที่พบว่า ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบนั้น ในขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง ครูจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด สงสัย และออกแบบการทดลอง ส่วนขั้นอภิปรายหลังการทดลอง ครูจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสรุปเป็นความรู้ใหม่ และเสริมสร้างแนวคิดให้กว้างขึ้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น

2. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ผลการวิจัยสรุปว่า หลังได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 3 และข้อ 4 แสดงว่าการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

ในการวิจัยนี้ใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมทั้ง 6 ระดับ ได้แก่ คำถามระดับความรู้ความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการนำไปใช้ ระดับการวิเคราะห์ ระดับการสังเคราะห์ และระดับการประเมินค่า ให้สอดคล้องกับลักษณะของแต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน การใช้คำถามที่มุ่งให้นักเรียนสืบสอบความรู้โดยใช้ทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทั้งนี้ครูจะต้องมีความรู้ความเข้าใจขั้นตอนการเรียนการสอนแบบสืบสอบและลักษณะของแต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน เช่น ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล เน้นให้นักเรียนปฏิบัติงานกลุ่ม ได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ใช้คำถามเพื่อพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร การทดลอง สอดคล้องกับ วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531: 78) ที่กล่าวว่า การใช้คำถามที่ดีเป็นวิธีการหนึ่งที่จะฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นได้ และการใช้คำถามระดับสูงนั้นนอกจากจะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แล้ว ยังช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติชัย สุธาสิโนบล (2541: 111) ที่พบว่าคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการตั้ง

คำถาม หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ และสอดคล้องกับ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545: 98) ที่กล่าวว่า การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดนั้น ผู้สอนสามารถฝึกให้ผู้เรียนได้คิด โดยการใช้คำถามกระตุ้นให้คิด คำถามต่างๆ นั้นจึงสามารถพัฒนาให้ผู้เรียนเพิ่มพูนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่างๆ ด้วยเหตุนี้ผู้สอนต้องรู้จักการใช้คำถามเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งประเภทขั้นพื้นฐานและประเภทขั้นผสมเป็นอย่างดีด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานได้ดีกว่าการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ครูที่สนใจนำการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม ควรทำการศึกษาขั้นตอนของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการเรียนการสอนแบบสืบสอบให้ชัดเจน รวมถึงลักษณะของคำถามในแต่ละขั้นตอนของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ การใช้คำถามระดับต่ำและระดับสูงให้เข้าใจ โดยเลือกให้เหมาะสมกับบทเรียนและกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดความเข้าใจและนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) ครูที่สนใจนำการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม ควรใช้คำถามให้สอดคล้องกับลักษณะของแต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในระหว่างดำเนินการวิจัย พบว่า นักเรียนแสดงความสามารถที่สำคัญประการหนึ่งของการเรียนการสอนแบบสืบสอบออกมาภายหลังจากใช้คำถาม คือ ความสามารถในการตั้งคำถามของนักเรียน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่ครูใช้ในการจัดการเรียนการสอนน่าจะส่งผลต่อความสามารถในการตั้งคำถามของนักเรียน ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะใช้ความสามารถในการตั้งคำถามของนักเรียนเป็นตัวแปรหนึ่งในการศึกษาได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติชัย สุธาสิโนบล. (2541). **ผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

กันต์ อัญชันภาติ. (2549). ปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. ในอลิศรา ชูชาติ อมรา รอดดารา และ สร้อยสน สกลรัตน์ (บรรณาธิการ), **นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวปฏิรูปการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กัลยา เขียวขำ. (2521). **การศึกษาลักษณะคำถามและทักษะการใช้คำถามของครูวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษาปีที่ห้าและหก จังหวัดขอนแก่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2527). สมรรถภาพของครูวิทยาศาสตร์. **เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1-7** พิมพ์ครั้งที่ 2.
กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2527). เทคนิคการสอนวิทยาศาสตร์. **เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1-7** พิมพ์ครั้งที่ 2.
กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จารุวรรณ ภูละคร. (2531). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนเรื่องพลังงานและสารเคมี ด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามและโดยครูเป็นผู้ตั้งคำถาม**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จำนง พรายแย้มแข. (2531). **เทคนิคการวัดและประเมินผลการเรียนรู้กับการสอนซ่อมเสริม.** กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

ฉลอง รุ่งเรือง. (2538). **การวิเคราะห์การใช้คำถามของครูและพฤติกรรมการตอบคำถามของนักเรียนในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เดชณรงค์ สุภิมารส. (2529). **การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้คำถามของครูในการเรียนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เขตการศึกษา 11.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทดสอบทางการศึกษา, สำนักงาน. (2556). **ผลการสอบวัดคุณภาพระดับชาติ** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.niets.or.th/[31 มกราคม 2557]

ทิศนา แขมมณี. (2553). **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี, พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และชนาธิป พรกุล. (2545). **กระบวนการเรียนรู้ ความหมาย แนวทางการพัฒนา และปัญหาข้องใจ.** กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ธีรชัย บูรณโชติ. (2517). การสอนวิทยาศาสตร์สมัยใหม่. **วิทยาศาสตร์.** 8(สิงหาคม): 41-44.

นิดา สะเพียรชัย. (2527). **ปรัชญาและความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์.** อนุสรณ์พระราชทานเพลิงศพ รศ.ดร.นิดา สะเพียรชัย ณ วัดธาตุทอง. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

นิติกร อ่อนโยน. (2551). **ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอน และเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เบญจา เรืองเสมอ. (2549). **ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นเทคนิคการใช้คำถามที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ประจวบจิตร คำจัตุรัส. (2537). **ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8-12.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ประเวศ วะสี. (2541). ปฏิรูปการศึกษา: ยกเครื่องทางปัญญาทางรอดจากความหายนะ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

พรทิพย์ ไชยโส. (2521). **การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้คำถามของครูวิทยาศาสตร์.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา. (2537). **สารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 5-7.** นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์, คณะอนุกรรมการ. (2525). **ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ (เล่ม 1-3).** กรุงเทพมหานคร: ทบวงมหาวิทยาลัย.

พัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรม, คณะอนุกรรมการ. (2537). **เอกสารประกอบหลักสูตรการฝึกอบรม: กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต (เน้นเนื้อหาวิทยาศาสตร์).** กรุงเทพมหานคร: กรมการฝึกหัดครู.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2545). **หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร: เฮ้าส์ออฟเคอร์มีสท์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2549). **วิธีวิทยาการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยหลักการสอน 3S+I: บูรณาการที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.** กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545). **พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2530). **ความสัมพันธ์ระหว่างกลวิธีสอน คุณภาพของกลวิธีสอน เวลาที่ใช้ในการเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในกรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต. ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). **วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป.** กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2537). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2540). **การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรจนี จะโนภาษ และคณะ. (2522). **แบบจำลองทักษะการสอนจุลภาค: ทักษะการตั้งคำถาม.** กรุงเทพมหานคร: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ. (2550). **คู่มือฝึกอบรม โครงการพัฒนาศักยภาพครูวิทยาศาสตร์เพื่อยกระดับมาตรฐานการเรียนรู้ของนักเรียน.** กรุงเทพมหานคร: นานมีบุ๊คส์.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2545). **การประเมินทักษะกระบวนการและการแก้ปัญหา.** กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2544). **การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2542). **การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว. (2532). **กิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน.** กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วิชาการ, กรม. (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

วิชาการ, กรม. (2545). **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. กรุงเทพมหานคร: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

วีระชาติ สวนไพรินทร์. (2531). **การสอนวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศรินทร วิทยะสิรินันท์, ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). ทฤษฎี และแนวคิดร่วมสมัยเกี่ยวกับการคิดจากประเทศทางซีกโลกตะวันตก. ในทิศนา แขมมณี และคณะ. **วิทยาการด้านการคิด,** หน้า 26-71. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). **ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม.** กรุงเทพมหานคร: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2556). **สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2011 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.** สมุทรปราการ: แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2556). **ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร.** สมุทรปราการ: แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2546). **รายงานการสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2536). **วิทยาศาสตร์กับการแก้ปัญหา.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2534). **แนวการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ว 011: ของเล่นเด็กเชิงวิทยาศาสตร์หลากหลาย: ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2524). **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2518). **รายงานการสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: หน่วยทดสอบและประเมินผล, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมนึก ภัททิยธนี. (2541). **การวัดผลการศึกษา**. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมบูรณ์ ตันยะ. (2545). **การประเมินทางการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.

สมปอง จันทราวุธ. (2538). **การศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมในวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนกการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา จังหวัดพิษณุโลก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. (2537). **การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษา** ในประมวลสาระชุดวิชาสัมมนาการมัธยมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุจิตรา โอสถอภิรักษ์. (2537). **การวิเคราะห์การใช้คำถามของครูคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชาดา แจ่มจันทร์. (2526). **ลักษณะคำถามและทักษะการใช้คำถามของครูภาษาไทยชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนอำเภอบ้านโป่ง สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดราชบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนีย์ คล้ายนิล. (2544). **รายงานการวิจัย การพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับโรงเรียนในประเทศไทยและผลกระทบที่เกิดขึ้น.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุนีย์ คล้ายนิล และปรีชา เดชศรี. (2550). **การวัดผลประเมินผลเพื่อคุณภาพการเรียนรู้และตัวอย่างข้อสอบจากโครงการการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ.** เอกสารเพื่อการพัฒนาวิชาชีพครูสำหรับครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: เซเว่นพริ้นติ้ง.

สุวัฒก์ นิยมค้า. (2531). **ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 1-2.** กรุงเทพมหานคร: เจเนอร์รัลบุ๊คส์ เซ็นเตอร์.

อนันต์ จันทร์กวี. (2523). **ผลการใช้คำถามของครูที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์และทัศนคติของนักเรียนชั้นมศ.2 และม.2.** วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

อรวรรณ เลิศสังข์. (2524). **การวิเคราะห์การใช้คำถามของครูสอนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดสุพรรณบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

อรวรรณ สุวรรณรัตน์. (2539). **ผลของวิธีสอนที่ใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์และวิธีสอนตามปกติที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต่างกัน.** วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

อรุณรัตน์ พ่วงทิพากร. (2532). **การศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้คำถามระดับต่างๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการอ่านภาษาอังกฤษของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาภาษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

อัจฉรา สุวรรณนิตย์. (2528). **การศึกษาระดับคำถามที่ครูใช้ในการสอนวิชาสังคมศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุทุมพร จามรมาน. (2541). **การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดลักษณะผู้เรียน.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

อุษา นาคทอง. (2550). ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเรื่องเซลล์และกระบวนการของเซลล์. **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์.** 13(3): 384-394.

ภาษาอังกฤษ

Abruscato, J. (1992). **Teaching Children Science.** Boston: Allyn and Bacon.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). **Benchmarks for Science Literacy: Project 2061.** New York: Oxford University Press.

American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1967). **Science: A Process Approach-Commentary for Teacher.** Washington D.C.: AAAS.

Bass, J. E., Constant, T. L. and Carin, A. A. (2009). **Teaching Science as Inquiry.** 7th edition. Boston: Allyn and Bacon.

Beaumout-Walters, Y. and Soyibo, K. (2001). An Analysis of High School Students' Performance on Five Integrated Science Process Skills. **Research in Science & Technological Education.** 19(2): 133-145.

Bell, R.L., L. Smetana, and I. Binns. (2005). Simplifying Inquiry Instructions Assessing the Inquiry Level of Classroom Activities. **The Science Teacher.** 72(7): 30-33.

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

Bloom, B. S. (1956). **Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals (Handbook 1: Cognitive Domain).** New York: David Mckay.

Bloom, B. J., Hastings, J. T. and Madaus, G. F. (1971). **Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning**. New York: McGraw-Hill.

Brown, F. G. (1983). **Principles of Educational and Psychological Testing.** 3rd edition. New York: CBS College Publishing.

Carin, A. A. (1993). **Teaching Science Through Discovery.** 7th edition. New York: Macmillan.

Carin, A. A. and Sund, R. B. (1985). **Teaching Science Through Discovery.** 3rd edition. Ohio: Bell & Howell.

Carin, A. A. and Sund, R. B. (1971). **Developing Questioning Techniques: A Self-concept Approach.** Ohio: Bell & Howell.

Chiappetta, E. L. and Koballa, T. R. (2010). **Science Instruction in the Middle and Secondary Schools.** 7th edition. Boston: Allyn and Bacon.

Dillashaw, F. G and Okey, J. R. (1980). Test of the Integrated Science Process Skills for Secondary Science Students. **Science Education.** 64(5): 601-608.

Eggen, P. D. and Kauchak, D. P. (2006). **Strategies and Models for Teachers: Teaching Content and Thinking Skills.** 5thedtion. Boston: Allyn and Bacon.

Elizabeth, H. (2006). **Eight Essentials of Inquiry-Based Science, K-8.** California: Corwin Press.

Enger, S. K. and Yager, R. E. (2001). **Assessing Student Understanding in Science.** California: Corwin Press.

Esler W. K. and Esler M. K. (1985). **Teaching Elementary Science.** California: Wadsworth.

Feden, P. D. and Vogel, R. M. (2003). **Methods of Teaching: Applying Cognitive Science to Promote Student Learning.** New York: McGraw-Hill.

Chulalongkorn University

Fosnot, T. C. (1996). Constructivism: A Psychological Theory of Learning In C. T. Fosnot (Ed.), **Constructivism: Theory perspectives and practice**, pp. 8-33. New York: Teacher College Press.

Fosnot, T. C. (Ed.). (1996). **Constructivism: Theory perspectives and practice.** In C. T. Fosnot (Ed.), **Constructivism: Theory perspectives and practice**, p. xxi. New York: Teacher College Press.

Germann, P. J. and Aram, R. J. (1996). Student Performances on the Science Processes of Recording Data, Analyzing Data, Drawing Conclusions, and Providing Evidence. **Journal of Research in Science Teaching.** 33(7)(September): 773-798.

Gronlund, N. (1993). **Constructing Acheivement Test.** 3rd edition. New York: Prentice Hall.

Hunkins, F. P. (1970). Analysis and Evaluation Question: Their Effect Upon Critical Thinking. **Educational Leadership.** 3(April): 697-705.

Jacobsen, D., Eggen, P., Kauchak, D., and Dulaney, C. (1985). **Methods for Teaching a Skills Approach.** Ohio: Bell & Howell.

Jones, H. A. (1980). The Effect of Type and Complexity of Teacher Questions on Student Response Wait-Time. **Dissertation Abstracts.** 41(2)(August): 529-A.

Joseph, A. (1995). **Teaching Children Science: A Discovery Approach.** 4th edition. Boston: Allyn and Bacon.

Joyce, B., Weil, M. and Calhoun, E. (2009). **Models of Teaching.** 8th edition. Boston: Allyn and Bacon.

Kabba, C. (2008). Performance-Based Assessment. **Science Teaching.** 75(8)(November): 68-72.

Karen. L. L. (2004). **Process Skills for Life Science**[online]**.** Available from: http://www.tufts.edu/as/wright_center/products/sci_olympiad/pslsl_training_hammond.pdf [2014, January 31].

Ladd, G. T. and Anderson, H. O. (1970). Determining the Level of Inquiry in Teachers' Questions. **Journal of Research in Science Teaching.** 7(4)(December): 395-400.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Lawson, A. E. (1995). **Science Teaching and the Development of Thinking.** California: Wadsworth.

Leonard, G. M. (1972). **General Methods of Effective Teaching.** New York: Thomas Y. Crowell.

Llewellyn, D. (2005). **Teaching High School Science through Inquiry.** California: Corwin Press and National Science Teachers Association Press.

Martikean, A. (1973). The Level of Questioning and Their Effects Upon Student Performance above the Knowledge Level of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. **Columbus, Ohio, ERIC Document Reproduction Service**. ED 091248.

Martin, R. E., Sexton, C., Franklin, T. with Jack Gerlovich. (2005). **Teaching Science for All Children: Inquiry Methods for Constructing Understanding.** Boston: Pearson Education.

Martin, R. E., Sexton, C., Wagner, K. and Gerlovich, J. (1994). **Teaching Science for All Children.** Boston: Allyn and Bacon.

Massialas, B. G., and Zevin, J. (1967). **Creative Encounters in the Classroom: Teaching and Learning Through Discovery.** New York: Wiley and Son.

Monica, K. M. M. (2005). **Development and Validation of a Test of Integrated Science Process Skills for the Further Education and Training Learners.** In the Faculty of Natural and Agricultural Science University of Pretoria South Africa.

Myer, E. (2006). **A Personal Study of Science Process Skills a General Physics Classroom.** A Capstone submitted in partial fulfillment of requirement for the degree of Masters of Arts in Education, Natural Science/Environment Education.

National Assessment of Education Process [NAEP]. (1978). Measuring the Process of Science of Science Objectives. **Science Education.** 62(January): 19-30.

National Research Council [NRC]. (2000). **Inquiry and The National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning**. Washington D.C.: National Academic Press.

National Research Council [NRC]. (1996). **National Science Education Standards.** Washington D.C.: National Academic Press.

Nelson, M. A. (1970). The Effects on Two Post-Laboratory Discussion Strategies on Urban and Suburban Sixth Grade Children's Learning of Selected Cognitive Skills and Science Principles. **Dissertation Abstracts International.** 31(5): 2262-A.

Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2013). **PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy.** OECD Publishing.

Orlich, D. C., Harder, R. J., Callahan, R. C. and Gibson, H. W. (2001). **Teaching Strategies: A Guide to Better Instruction.** 6th edition. Boston: Houghton Mifflin.

Padilla, M. J., Okey, J. R. and Garrard, K. (1984). The Effects of Instruction on Integrated Science Process Skill Achievement. **Journal of Research in Science Teaching.** 21(3)(March): 277-287.

Renner, J. W., Stafford, D. G., and Ragan, W. B. (1973). **Teaching Science in the Elementary School.** New York: Harper & Row.

Schwab, J. J. (1962). **The Teaching of Science: The Teaching of Science as Enquiry.** Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Solano, G. (2000). Teaching and Assessing Science Process Skills in Physics. **Science Activities.** 37(1): 31-37.

Sternadel, L. (2004). Inquiry and Developing Interpretations from Evidence. **The Science Teacher.** 71(4): 38-41.

Stevens, T. J. and Atwood, R. K. (1978). Interest Scores as Predictor of Science Process Performance for Junior High Students. **Science Education.** 62(3)(July-September): 303-308.

Stohr-Hunt, P. M. (1996). An Analysis of Frequency of Hands-On Experience and Science Achievement. **Journal of Research in Science Teaching.** 33(1): 101-109.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Tek, O. E. and Ruthven, K. (2005). Acquisition of Science Process Skills amongst from 3st students in Malaysian Smart and Mainstream Schools. **Journal of Science and Mathematics Education in SouthEast Asia.** 28(1): 103-124.

Tobin, K. C. (1980). The Effects of Variation in Teacher Wait-Time and Question Quality on Integrated Science Process Achievement for Middle School Student on Differing Normal Reasoning Ability and Focus of Controll. **Dissertation Abstracts.** 41(4): 1520-A.

Turney, C. E., Eltis, K. J., Hatton, N. et al. (1987). **Sydney Micro Skills: Redeveloped Series 1 Handbook: Reinforcement, Basic Questioning, Variabillity.** Adelaide: Sydney University Press.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

1. อาจารย์สุรสิงห์ นิรชร	ข้าราชการบำนาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
2. อาจารย์วิเชียร วัฒนวิกรรม	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
3. อาจารย์โกเมศ นาแจ้ง	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

1. รองศาสตราจารย์พเยาว์ ยินดีสุข	อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์วิภา เกียรติธนะบำรุง	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
3. อาจารย์น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. อาจารย์สุรสิงห์ นิรชร	ข้าราชการบำนาญ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
2. อาจารย์วิเชียร วัฒนวิกรรม	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
3. อาจารย์โกเมศ นาแจ้ง	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์
2. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่าง แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์

เรื่อง แรง และกฎการเคลื่อนที่

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 ข้อ เวลา 60 นาที

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบสอบนี้มีจำนวน 40 ข้อ คะแนนเต็ม 40 คะแนน เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูก ให้ 1 คะแนน ตอบผิด ให้ 0 คะแนน
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย × ลงในช่อง □ ในกระดาษคำตอบให้ตรงกับตัวเลือกนั้น

   ตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		×		

3. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้นักเรียนขีดเส้นคู่ = ทับเครื่องหมาย × ของตัวเลือกที่ไม่ต้องการ แล้วทำเครื่องหมาย × ลงในช่อง □ ของตัวเลือกใหม่

   ตัวอย่าง

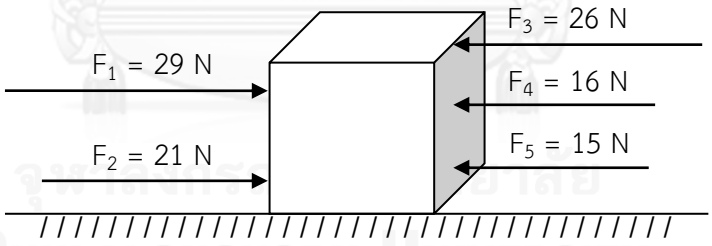
ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		⊠		×

4. ห้ามขีดฆ่า ทำเครื่องหมายหรืออักษรใดๆ ลงในแบบสอบ
5. ให้นักเรียนส่งแบบสอบและกระดาษคำตอบคืนผู้คุมสอบเมื่อครบเวลาตามที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่าง แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

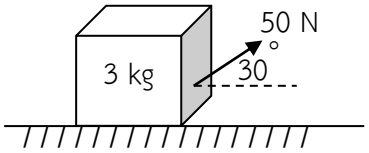
1. ข้อใดอธิบายความหมายของแรงได้ถูกต้อง **(ความรู้ความจำ)**
   ก. แรงคือสิ่งที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่
   ข. แรงเป็นปริมาณอย่างหนึ่งของวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน
   ค. แรงคืออำนาจอย่างหนึ่งที่กระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เสมอ
   ง. แรงคือความพยายามที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงความเร็วหรือพยายามจะเปลี่ยนความเร็ว
2. สถานการณ์ใดต่อไปนี้ที่แสดงว่ามีแรงภายนอกกระทำต่อวัตถุ **(ความเข้าใจ)**
   ก. มนตรีออกวิ่งจากจุดเริ่มต้นจนกระทั่งมีความเร็ว 4 เมตรต่อวินาที ในเวลา 2 วินาที
   ข. รถโรงเรียนเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกโดยการกระจัดที่เคลื่อนที่ได้แปรผันตรงตามเวลา
   ค. จักรกฤษขว้างลูกบอลไปข้างหน้าให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นระดับด้วยความเร็วคงตัว 10 เมตรต่อวินาที
   ง. รถไฟเคลื่อนที่เข้าสถานีบางกอกน้อยไปตามรางตรงด้วยความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในทิศใต้โดยไม่เปลี่ยนความเร็ว
3. ถ้ามีแรงกระทำต่อกล่องที่วางบนพื้นราบ ดังรูป แรงลัพธ์ที่กระทำต่อกล่องจะมีค่าเท่าใด และเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด **(การนำไปใช้)**

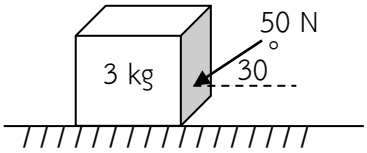


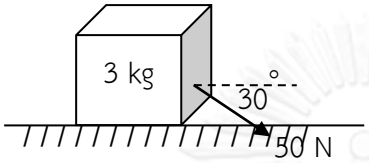
   ก. แรงลัพธ์มีขนาด 7 นิวตัน เคลื่อนที่ไปทางซ้าย
   ข. แรงลัพธ์มีขนาด 7 นิวตัน เคลื่อนที่ไปทางขวา
   ค. แรงลัพธ์มีขนาด 107 นิวตัน เคลื่อนที่ไปทางซ้าย
   ง. แรงลัพธ์มีขนาด 107 นิวตัน เคลื่อนที่ไปทางขวา

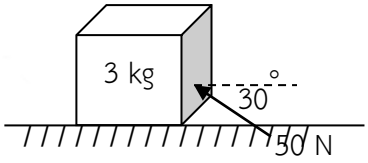
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ลังใส่หนังสือมวล 3 กิโลกรัม ถูกดึงด้วยแรงขนาด 50 นิวตัน ทำมุม 30 องศากับแนวระดับรูปใดต่อไปนี้แสดงลักษณะของแรงที่กระทำต่อลังใส่หนังสือได้ถูกต้อง **(ความเข้าใจ)**

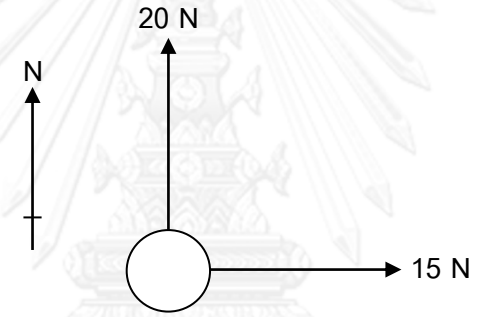
ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

5. แรง F_1และ F_2 ซึ่งมีขนาด 15 นิวตัน และ 20 นิวตัน ตามลำดับ กระทำต่อวัตถุในทิศทางตั้งฉากดังรูป แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีขนาดเท่าใดและมีทิศทางอย่างไร **(การนำไปใช้)**



ก. แรงลัพธ์มีขนาด 25 นิวตัน ทิศทำมุม 37 องศากับทิศตะวันออก เฉียงไปทางทิศเหนือ

ข. แรงลัพธ์มีขนาด 25 นิวตัน ทิศทำมุม 45 องศากับทิศตะวันออก เฉียงไปทางทิศเหนือ

ค. แรงลัพธ์มีขนาด 25 นิวตัน ทิศทำมุม 53 องศากับทิศตะวันออก เฉียงไปทางทิศเหนือ

ง. แรงลัพธ์มีขนาด 25 นิวตัน ทิศทำมุม 60 องศากับทิศตะวันออก เฉียงไปทางทิศเหนือ

11. องค์ประกอบใดที่เกี่ยวข้องกับมวลของวัตถุ **(ความรู้ความจำ)**

ก. สภาพต้านต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ

ข. ปริมาณเวกเตอร์ที่บ่งบอกความเฉื่อย

ค. สภาพต้านต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นปริมาณเวกเตอร์ที่บ่งบอกความเฉื่อย

ง. สภาพต้านต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นปริมาณสเกลาร์ที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่

16. พิจารณาวัตถุ A มวล m กิโลกรัม และวัตถุ B มวล 2m กิโลกรัม ที่สอดคล้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน **(ความเข้าใจ)**

ก. วัตถุ A ไม่สามารถเคลื่อนที่โดยใช้แรงที่มีค่ามาก

ข. วัตถุ A มีความเร่งมากกว่าวัตถุ B เมื่ออยู่ภายใต้แรงที่มากระทำเดียวกัน

ค. วัตถุ B มีความเร่งมากกว่าวัตถุ A เมื่ออยู่ภายใต้แรงที่มากระทำเดียวกัน

ง. วัตถุ A แสดงให้เห็นว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่ออยู่ภายใต้แรงที่มีค่ามาก

35. นักเรียนคนใดต่อไปนี้อธิบายความหมายของแรงเสียดทานได้ถูกต้อง **(ความรู้ความจำ)**

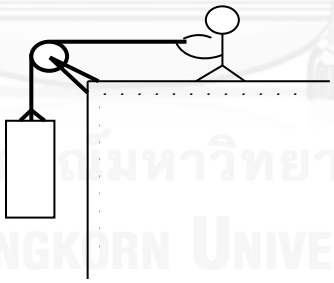
ก. อัจฉรากล่าวว่า “แรงเสียดทานคือแรงที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อมวลของวัตถุ”

ข. เกื้อกูลกล่าวว่า “แรงเสียดทานคือแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ ทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนรูปพลังงาน”

ค. สุระชัยกล่าวว่า “แรงเสียดทานคือแรงที่เกิดระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ มีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ”

ง. ธนิตกล่าวว่า “แรงเสียดทานคือแรงที่เกิดระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ มีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือทิศทางตรงข้ามกับทิศที่วัตถุพยายามจะเคลื่อนที่”

39. โยธินปล่อยเชือกที่คล้องผ่านรอกเบาที่ไม่มีความเสียดทานเพื่อเคลื่อนย้ายป้ายโรงเรียนมวล 25 กิโลกรัม ให้เคลื่อนที่ลงจากตึกเรียนด้วยความเร่ง 4 เมตรต่อวินาที^{2} จงคำนวณแรงเสียดทานที่มือของโยธินขณะที่ปล่อยเชือก มีค่าเท่าใด **(การนำไปใช้)**



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ก. 250 นิวตัน

ข. 100 นิวตัน

ค. 150 นิวตัน

ง. 350 นิวตัน

ตัวอย่าง แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 ข้อ เวลา 50 นาที

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดนี้มีจำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูก ให้ 1 คะแนน ตอบผิด ให้ 0 คะแนน
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย × ลงในช่อง □ ในกระดาษคำตอบให้ตรงกับตัวเลือกนั้น

   ตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		×		

3. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้นักเรียนขีดเส้นคู่ = ทับเครื่องหมาย × ของตัวเลือกที่ไม่ต้องการ แล้วทำเครื่องหมาย × ลงในช่อง □ ของตัวเลือกใหม่

   ตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		~~×~~		×

4. ห้ามขีดฆ่า ทำเครื่องหมายหรืออักษรใดๆ ลงในแบบสอบ
5. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบคืนผู้คุมสอบเมื่อครบเวลาตามที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่าง แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

5. สาริญาได้ทดลองขับรถจักรยานยนต์คันหนึ่งบนถนนลาดยางสายหนึ่งยาว 20 กิโลเมตร ด้วยความเร็วที่ไม่เท่ากันในแต่ละครั้ง ปรากฏว่า สิ้นเปลืองน้ำมันไม่เท่ากัน จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนคิดว่าการทดลองดังกล่าวต้องการทดสอบสมมติฐานใด **(ทักษะการตั้งสมมติฐาน)**

ก. ความเร็วของรถจักรยานยนต์ขึ้นอยู่กับระยะทาง

ข. ความเร็วของรถจักรยานยนต์ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง

ค. ความเร็วของรถจักรยานยนต์มีผลต่อการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง

ง. ความเร็วของรถจักรยานยนต์และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับสภาพของรถจักรยานยนต์

6. จีรพรพรรณทดลองดีดสายกีตาร์ที่มีขนาดและความตึงเท่ากัน แต่ความยาวต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบเสียงที่เกิดจากสายแต่ละสาย การทดลองดังกล่าวตรวจสอบสมมติฐานในข้อใด **(ทักษะการตั้งสมมติฐาน)**

ก. ขนาดของลวดต่างกัน ทำให้เกิดเสียงต่างกัน

ข. ขนาดของแรงดีดที่ต่างกันจะทำให้เกิดระดับเสียงต่างกัน

ค. การสั่นของเส้นลวดที่มีความตึงต่างกัน ทำให้เกิดเสียงต่างกัน

ง. การสั่นของเส้นลวดที่มีความยาวต่างกัน ทำให้เกิดเสียงต่างกัน

7. อภิพลจะทำการทดลองเพื่อทดสอบว่า “น้ำหนักของถุงทรายมีผลต่ออัตราเร็วในการเคลื่อนที่” การทดลองนี้จะต้องจัดสิ่งใดให้แตกต่างกัน **(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)**

ก. น้ำหนักของรถเข็น

ข. จำนวนถุงทราย

ค. อัตราเร็วในการเคลื่อนที่

ง. ระยะทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่

8. ในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า “ชนิดของเชือกมีผลต่อการเกิดคลื่นบนเส้นเชือกหรือไม่” การทดลองดังกล่าว ตัวแปรต้นและตัวแปรตามคือข้อใด **(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)**

ก. วัสดุที่ใช้ทำเชือก วิธีการสะบัดเชือก

ข. ลักษณะการเกิดคลื่น วิธีการสะบัดเชือก

ค. ลักษณะการเกิดคลื่นความยาวของเชือก

ง. วัสดุที่ใช้ทำเชือก ลักษณะการเกิดคลื่น

15. สุระชัยทดลองเรื่อง การลดแรงเสียดทาน พบว่า การลากถุงทรายที่มีถุงพลาสติกหุ้มอยู่จะเคลื่อนที่เร็วกว่าการลากถุงทรายบนพื้นธรรมดา จากการทดลองนี้ คำว่า “แรงเสียดทาน” หมายถึงอะไร **(ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร)**

ก. แรงที่ใช้ในการลากถุงทราย

ข. การหุ้มถุงทรายด้วยถุงพลาสติก

ค. การที่น้ำหนักของถุงทรายกดลงบนพื้น

ง. แรงที่มีผลต้านการเคลื่อนที่ของถุงทราย

16. ถ้าต้องการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่า “ระยะเวลาในการต้มน้ำมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำหรือไม่” นักเรียนจะให้ความหมายของคำว่า “อุณหภูมิของน้ำ” ว่าอย่างไร **(ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร)**

ก. ความรู้สึกร้อนเย็นเมื่อสัมผัสน้ำ

ข. ระดับความร้อนเย็นของน้ำที่วัดได้จากเทอร์มอมิเตอร์

ค. ช่วงเวลาที่น้ำได้รับความร้อนจนเดือดและกลายเป็นไอ

ง. ระดับความร้อนเย็นของน้ำที่วัดได้จากการใช้ประสาทผิวกายสัมผัส

19. ชฤทธิ์ต้องการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า “ลูกบอลจะกระเด้งสูงขึ้นหรือไม่ ถ้าปล่อยลูกบอลจากที่ระดับความสูงต่างกัน” เขาควรทำการทดลองตามข้อใดเพื่อทดสอบสมมติฐานดังกล่าว **(ทักษะการทดลอง)**

ก. ปล่อยลูกบอล 2 ลูก หนักเท่ากัน ในเวลาเท่ากัน จากตึกสูง 10 เมตรเท่ากัน วัดระดับความสูงที่ลูกบอลกระเด้งขึ้นจากพื้น

ข. ปล่อยลูกบอล 2 ลูก หนักเท่ากัน ในเวลาเท่ากัน จากตึกสูง 10 เมตร และ 20 เมตร ตามลำดับ วัดระดับความสูงที่ลูกบอลกระเด้งขึ้นจากพื้น

ค. ปล่อยลูกบอล 2 ลูก ขนาดเท่ากัน ในเวลาต่างกัน จากตึกสูง 10 เมตรเท่ากัน วัดระดับความสูงที่ลูกบอลกระเด้งขึ้นจากพื้น

ง. ปล่อยลูกบอล 2 ลูก ขนาดเท่ากัน ในเวลาต่างกัน จากตึกสูง 10 เมตร และ 20 เมตร ตามลำดับ วัดระดับความสูงที่ลูกบอลกระเด้งขึ้นจากพื้น

22. ดวงใจทำการทดลองจุ่มต้นถั่วลงในน้ำหมึกสีแดง โดยให้ปลายรากแช่ในน้ำหมึก 1 ชั่วโมง แล้วนำมาตัดด้วยใบมีดโกนให้บางที่สุด จากนั้นวางบนแผ่นสไลด์และปิดทับด้วยกระจกปิดสไลด์ การศึกษาภาคตัดขวางของลำต้นต้นถั่วนี้ต้องใช้เครื่องมือใด **(ทักษะการทดลอง)**

ก. แว่นขยาย

ข. กล้องจุลทรรศน์

ค. กล้องโทรทรรศน์

ง. กล้องส่องทางไกล

26. ในการทดลองใช้ลวดสปริงแขวนถุงทราย ได้ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 1แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนถุงทรายกับระยะยืดของลวดสปริง

จำนวนถุงทราย (ถุง)	**ระยะยืดของลวดสปริง (เซนติเมตร)**
1	1.4
2	2.8
3	4.2
4	5.6

นักเรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ว่าอย่างไร **(ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป)**

ก. แขวนจำนวนถุงทรายเพิ่มขึ้น ระยะยืดของลวดสปริงจะเพิ่มขึ้น

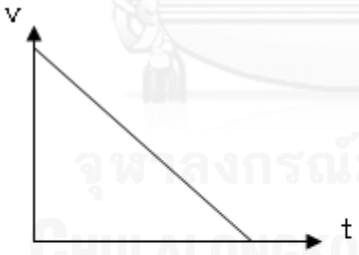
ข. จำนวนถุงทรายที่แขวนจะเป็นส่วนกลับกับระยะยืดของลวดสปริง

ค. เมื่อแขวนจำนวนถุงทราย 4 ถุง ระยะยืดของลวดสปริงเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

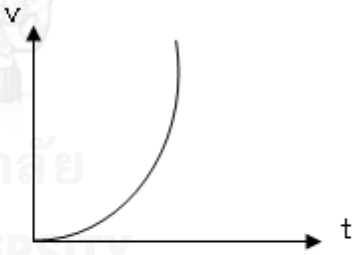
ง. เมื่อแขวนจำนวนถุงทรายเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 ถุง ระยะยืดของลวดสปริงเพิ่มขึ้น 1.6 เซนติเมตร

28. กวินธิดาทำการทดลองโดยปล่อยวัตถุจากหยุดนิ่งให้ตกอย่างอิสระภายใต้แรงโน้มถ่วง กราฟรูปใดที่สื่อความหมายของการทดลองได้ถูกต้อง **(ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป)**

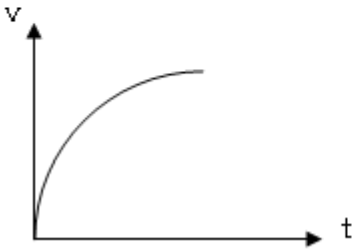
ก.



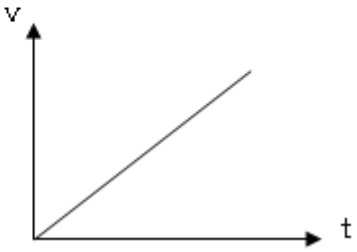
ข.



ค.



ง.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้คำถามตาม
การจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม
เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รหัสวิชา ว 31201 วิชา ฟิสิกส์ 1**
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **จำนวน 3 คาบ เวลา 150 นาที**
ผู้สอน นายอทิติย์ ชูตระกูลวงศ์

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายความหมายของแรง แรงลัพธ์
2. ทำการทดลองหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ของแรงสองแรงได้
3. อธิบายสถานการณ์เพื่อนำไปสรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน
4. ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันอธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้
5. อธิบายความหมายของมวลและบอกได้ว่ามวลเป็นปริมาณสเกลาร์
6. ทำการทดลองเพื่อสรุปว่า เมื่อมวลคงตัว ขนาดความเร่งของวัตถุแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ และอธิบายได้ว่า ถ้าให้แรงลัพธ์คงตัว ขนาดความเร่งของวัตถุจะแปรผกผันกับมวลของวัตถุนั้น และใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวสรุปเป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันได้
7. อธิบายวิธีหาทิศทางของแรงลัพธ์ และความเร่งของวัตถุจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันได้ และนำกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันไปแก้ปัญหา เมื่อกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง
8. วิเคราะห์สถานการณ์เพื่อนำไปสรุปเป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน
9. วิเคราะห์แรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้
10. บอกได้ว่าแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ คือ น้ำหนักของวัตถุ
11. บอกกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันได้
12. บอกได้ว่าสนามโน้มถ่วง ทำให้เกิดแรงดึงดูดกระทำต่อมวลของวัตถุ ซึ่งเรียกว่าแรงโน้มถ่วง
13. ใช้กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน หาปริมาณที่เกี่ยวข้อง และความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งห่างจากผิวโลกเมื่อกำหนดสถานการณ์ให้
14. อธิบายสถานการณ์ที่ดาวเทียมมีความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากโลก และบอกความหมายของสภาพเสมือนไร้น้ำหนักได้
15. ทำการทดลองหาขนาดและทิศทางของแรงเสียดทานจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับน้ำหนักของวัตถุ

16. บอกความหมายของแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ได้จากการทำการทดลองเพื่อศึกษาขนาดและทิศทางของแรงเสียดทาน

17. ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ดึงวัตถุกับน้ำหนักวัตถุและแปลความหมายจากกราฟระหว่างแรงที่ใช้ดึงวัตถุกับน้ำหนักวัตถุ เพื่อหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ได้

18. วิเคราะห์แรงเสียดทานในสถานการณ์ต่างๆ และบอกวิธีเพิ่มหรือลดแรงเสียดทาน เพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

19. ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน หาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ โดยวิเคราะห์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

เมื่อเรียนเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันแล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้ (K)
2. ทดลองและสรุปผลการทดลอง เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้ (P)
3. กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมของการทดลองได้ (P)
4. คำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้ (P)
5. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความเร่งของวัตถุและขนาดของแรงลัพธ์ เมื่อมวลมีค่าคงตัวได้ (K)
6. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความเร่งของวัตถุและมวลของวัตถุเมื่อใช้แรงที่มีค่าคงตัวได้ (K)
7. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและทิศของความเร่งได้ (K)
8. นักเรียนสามารถทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มได้ (A)

<u>สาระการเรียนรู้</u>

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน กล่าวว่า “เมื่อมีแรงลัพธ์ซึ่งมีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ และขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในขณะที่มวลมีค่าคงตัวแต่จะแปรผกผันกับมวลของวัตถุในขณะที่ขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าคงตัว”

ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง เป็นไปตามสมการดังนี้

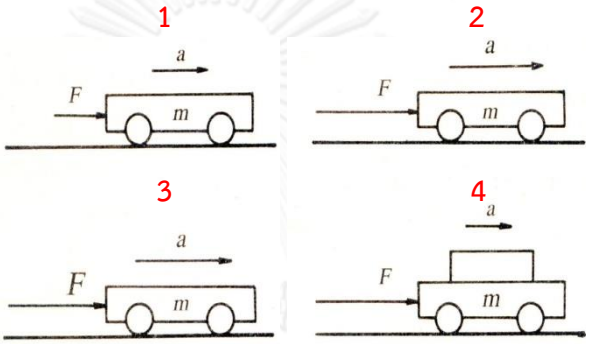
$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

โดย a คือ ความเร่งของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที^{2}
m คือ มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม
F คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน

<u>กิจกรรมการเรียนรู้</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญปัญหา (15นาที)

1. ครูทบทวนความรู้เดิม เรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันที่เรียนในครั้งที่แล้ว โดยใช้รูปภาพ



2. ครูให้นักเรียนสังเกตรูปภาพที่ 1 และ 2 และใช้คำถามว่า “รถทดลองทั้งสองคันมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างไร” (รถทดลองทั้งสองคันถูกผลักด้วยแรงที่มีขนาดต่างกัน ทำให้ความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันที่เคลื่อนที่แตกต่างกัน) (ถามความเข้าใจในการแปลความ) “อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร” (แตกต่างกัน รูปที่ 1 เคลื่อนที่ช้ากว่ารูปที่ 2) (ถามความเข้าใจในการแปลความ)

3. ครูให้นักเรียนสังเกตรูปภาพที่ 3 และ 4 และใช้คำถามว่า “รถทดลองทั้งสองคันมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างไร” (รถทดลองทั้งสองคันมีมวลที่วางไว้บนรถไม่เท่ากันถูกผลักด้วยแรงขนาดเท่ากัน ทำให้ความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันที่เคลื่อนที่แตกต่างกัน) (ถามความเข้าใจในการแปลความ) “อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร” (แตกต่างกัน รูปที่ 3 เคลื่อนที่เร็วกว่ารูปที่ 4) (ถามความเข้าใจในการแปลความ)

4. ครูใช้คำถามว่า “จากสถานการณ์ข้างต้น นักเรียนคิดว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของรถทดลองทั้งสองคันขึ้นอยู่กับปริมาณใด” (ขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและมวลของวัตถุ) (ถามความเข้าใจในการขยายความ)

5. ครูใช้คำถามว่า “นักเรียนจะออกแบบการทดลองเพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์นี้อย่างไร” (ถามการสังเคราะห์แผนงาน)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล (85นาที)

1. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
2. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง และใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง พร้อมอุปกรณ์การทดลองให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วให้นักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันศึกษาใบกิจกรรม
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายวิธีทำกิจกรรม
4. ครูใช้คำถามดังนี้

4.1 จุดประสงค์ของการทดลองนี้คืออะไร (เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำต่อวัตถุกับความเร่งของวัตถุที่เกิดจากแรงนั้น เมื่อมวลของวัตถุที่พิจารณามีค่าคงตัว และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่มากระทำต่อวัตถุกับความเร่งของวัตถุที่เป็นผลมาจากแรงนั้น เมื่อมวลของวัตถุที่พิจารณามีค่าคงตัว) (ถามความรู้เกี่ยวกับกฎ และข้อเท็จจริงเฉพาะ)

4.2 ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมของการทดลองนี้คืออะไร (กิจกรรมที่ 1 ตัวแปรต้น คือ แรง (จำนวนนอต) ตัวแปรตาม คือ ความเร่ง กิจกรรมที่ 2 ตัวแปรต้น คือ แรง (จำนวนนอต) ตัวแปรตาม (ความเร่ง) และตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ ขนาดของนอต ชุดการทดลอง) (ถามความรู้เกี่ยวกับกฎ และข้อเท็จจริงเฉพาะ)

4.3 กิจกรรมการทดลองนี้มีวิธีการและขั้นตอนอย่างไรบ้าง (ถามความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและเหตุการณ์)

4.4 กิจกรรมการทดลองนี้ใช้วัสดุอุปกรณ์อะไรบ้าง (ถามความรู้เกี่ยวกับระเบียบวิธีการ)

4.5 กิจกรรมการทดลองนี้ควรจะบันทึกข้อมูลอะไรบ้าง ด้วยรูปแบบใด (ถามการวิเคราะห์องค์ประกอบย่อย)

4.6 นักเรียนคิดว่า ขณะที่รถทดลองเลื่อนลงตามรางไม้ด้วยความเร็วคงตัว แรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถทดลองมีค่าเป็นอย่างไร (มีค่าเป็นศูนย์) (ถามความเข้าใจในการขยายความ)

4.7 นักเรียนคิดว่า เมื่อนำนอต 1 ตัว แขวนกับขอเกี่ยวโลหะ รถทดลองจะมีการเคลื่อนอย่างไร เพราะเหตุใด (รถทดลองจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร่ง เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถทดลองมีค่าไม่เป็นศูนย์) (ถามความเข้าใจในการขยายความ)

5. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง และกิจกรรมการทดลองที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง

ขั้นที่ 3 ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล (30 นาที)

1. ให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 2 คน นำเสนอผลการทดลอง โดยกำหนดให้นำเสนอกลุ่มละ 3 นาที

2. ครูวิเคราะห์ผลการทดลอง และนำอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง โดยใช้คำถามดังนี้

2.1 นักเรียนคิดว่า ขณะที่รถทดลองเลื่อนลงตามรางไม้ด้วยความเร็วคงตัว แรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถมีค่าเป็นอย่างไร เป็นไปตามที่คาดคะเนไว้หรือไม่ (มีค่าเป็นศูนย์) (ถามการวิเคราะห์ความสัมพันธ์)

2.2 นักเรียนคิดว่า เมื่อนำนอต 1 ตัว แขวนกับขอเกี่ยวโลหะ รถทดลองจะมีการเคลื่อนอย่างไร เพราะเหตุใดเป็นไปตามที่คาดคะเนไว้หรือไม่ (รถทดลองจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร่ง เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถทดลองมีค่าไม่เป็นศูนย์) (ถามการวิเคราะห์ความสัมพันธ์)

2.3 กราฟระหว่างความเร็วกับเวลามีลักษณะเป็นอย่างไร (กราฟเส้นตรง) (ถามความเข้าใจในการตีความ)

2.4 ถ้าลักษณะกราฟที่ได้เป็นเส้นตรงหมายความว่าอย่างไร (ความเร่งของระบบคงที่) (ถามความเข้าใจในการตีความ)

2.5 กราฟระหว่างความเร่งกับแรงมีลักษณะเป็นอย่างไร (กราฟเส้นตรง) (ถามความเข้าใจในการตีความ)

2.6 จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับแรง มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (ความเร่งแปรผันตรงกับแรง) (ถามความเข้าใจในการตีความ)

2.7 นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ได้ว่าอย่างไร (เมื่อมวลมีค่าคงตัว ความเร่งของวัตถุจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์) (ถามการวิเคราะห์ความสัมพันธ์)

ขั้นที่ 4 ขั้นลงข้อสรุปและนำความรู้ไปใช้ (20 นาที)

1. เมื่อให้มวลของวัตถุคงตัว ขนาดของความเร่งมีความสัมพันธ์กับแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุอย่างไร (ขนาดของความเร่งของวัตถุแปรผันตรงกับแรงลัพธ์) (ถามการวิเคราะห์ความสัมพันธ์)

2. เมื่อให้แรงคงตัวกระทำกับวัตถุ ขนาดของความเร่งมีความสัมพันธ์กับมวลของวัตถุอย่างไร (ขนาดของความเร่งของวัตถุแปรผกผันกับมวลของวัตถุ) (ถามการวิเคราะห์ความสัมพันธ์)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง เป็นอย่างไร (เมื่อมีแรงลัพธ์ซึ่งมีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ โดยขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในขณะที่มวลมีค่าคงตัวแต่จะแปรผกผันกับมวลของวัตถุในขณะที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าคงตัว) (ถามการวิเคราะห์ความสัมพันธ์) เป็นไปตามสมการดังนี้

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

4. จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ทิศทางของแรงลัพธ์และความเร่งมีความสัมพันธ์กันอย่างไร (มีทิศทางเดียวกัน) (ถามการวิเคราะห์ความสัมพันธ์)

5. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามว่า “ให้นักเรียนยกตัวอย่างเหตุการณ์/สถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน พร้อมทั้งบอกหลักการและการนำความรู้เรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ไปใช้” (ถามการนำไปใช้)

<u>สื่อการเรียนรู้</u>

1. รูปภาพ
2. ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง
3. ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง
4. เว็บไซต์
   http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=2767&Itemid=11

<u>การวัดและประเมินผล</u>

1. ประเมินการมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและความร่วมมือในการทำงานกลุ่มโดยใช้การสังเกตและการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการทดลอง

2. ประเมินความถูกต้องและความครบถ้วนของใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

3. ประเมินความถูกต้องและความครบถ้วนของใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง

****

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1) .....
2) .....
3) .....
4) .....
5) .....
6) .....
7) .....

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่มากระทำต่อวัตถุกับความเร่งของวัตถุที่เป็นผลมาจากแรงนั้น เมื่อมวลของวัตถุที่พิจารณามีค่าคงตัว

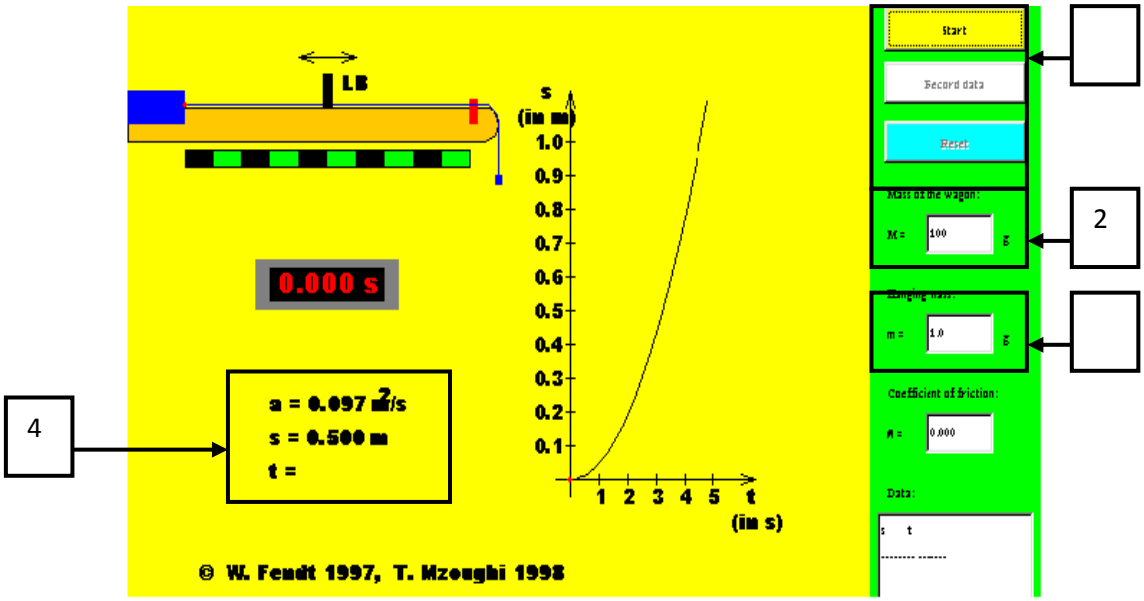
วัสดุอุปกรณ์

ลำดับที่	รายการ	จำนวน/กลุ่ม
1	ใบกิจกรรมที่ 1	1 ชุด
2	ไม้บรรทัด	-
3	กระดาษกราฟ	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศึกษาวิธีการใช้งานของโปรแกรม Newton's Second Law Experiment

ศึกษาโปรแกรม Newton's Second Law Experiment จากเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมจะแสดงดังรูป



กลุ่ม 1 ปุ่มเริ่ม (Start) ให้โปรแกรมทำงาน
ปุ่มบันทึกข้อมูล (Record data)
ปุ่มตั้งค่าใหม่ (Reset)

กลุ่ม 2 M ... mass of the car (มวลของรถทดลอง)

กลุ่ม 3 m ... hanging mass (มวลที่แขวน)

กลุ่ม 4 ส่วนแสดงผลการทดลองที่บอกค่า
ความเร่ง (a ... acceleration)
ระยะทาง (s ... distance) และ
เวลา (t ... time) ที่วัตถุมวล M เคลื่อนที่ได้จากโปรแกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามก่อนการทดลอง

1) จุดประสงค์ของการทดลองนี้คืออะไร

.....

.....

2) ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมของการทดลองนี้คืออะไร

.....

.....

3) นักเรียนคิดว่า ขณะที่รถทดลองเลื่อนลงตามรางไม้ด้วยความเร็วคงตัว แรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถมีค่าเป็นอย่างไร

.....

.....

4) นักเรียนคิดว่า เมื่อนำนอต 1 ตัว แขวนกับขอเกี่ยวโลหะ รถทดลองจะมีการเคลื่อนอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

วิธีการทดลอง

1. จากโปรแกรม Newton's Second Law Experiment จากเครื่องคอมพิวเตอร์
2. ให้นักเรียนดูค่าที่ M = 100 g และ m = 10 g แล้วให้นักเรียนกดปุ่ม Start ให้โปรแกรมดำเนินการจนจบ ให้นักเรียนบันทึกค่าความเร่ง a ระยะทาง s และ เวลา t
3. กดปุ่ม Reset (เพื่อทำการตั้งค่าใหม่) แล้วให้นักเรียนเปลี่ยนค่าใน m ให้เป็น 20 g และคงค่า M = 100 g ไว้ แล้วนักเรียนกดปุ่ม Start ให้โปรแกรมดำเนินการจนจบ จากนั้นนักเรียนบันทึกค่าความเร่ง a ระยะทาง s และเวลา t
4. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนค่า m ให้เป็น 30, 40, 50 และ 60 g ตามลำดับ บันทึกผล
5. วิเคราะห์ค่าความเร่ง จากความสัมพันธ์ระหว่าง แรงที่ดึงมวล M (F) กับ ขนาดความเร่ง a ของมวล M

ตารางบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง

****

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1) .....
2) .....
3) .....
4) .....
5) .....
6) .....
7) .....

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่มากระทำต่อวัตถุกับความเร่งของวัตถุที่เป็นผลมาจากแรงนั้น เมื่อมวลของวัตถุที่พิจารณามีค่าคงตัว

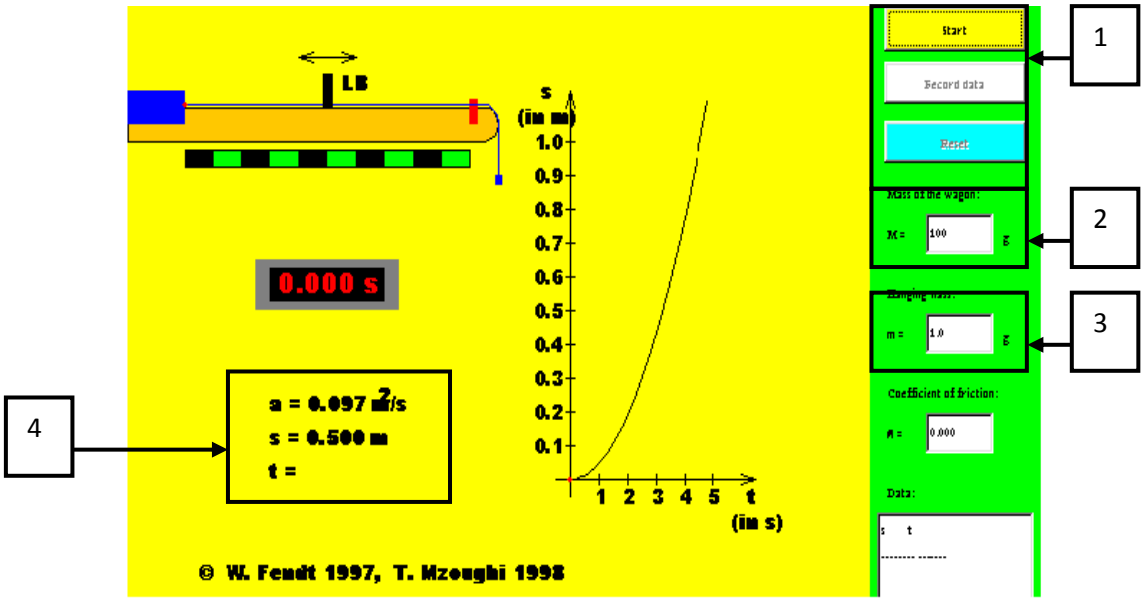
วัสดุอุปกรณ์

ลำดับที่	รายการ	จำนวน/กลุ่ม
1	ใบกิจกรรมที่ 2	1 ชุด
2	ไม้บรรทัด	-
3	กระดาษกราฟ	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศึกษาวิธีการใช้งานของโปรแกรม Newton's Second Law Experiment

ศึกษาโปรแกรม Newton's Second Law Experiment จากเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมจะแสดงดังรูป



กลุ่ม 1 ปุ่มเริ่ม (Start) ให้โปรแกรมทำงาน
ปุ่มบันทึกข้อมูล (Record data)
ปุ่มตั้งค่าใหม่ (Reset)

กลุ่ม 2 M ... mass of the car (มวลของรถทดลอง)

กลุ่ม 3 m ... hanging mass (มวลที่แขวน)

กลุ่ม 4 ส่วนแสดงผลการทดลองที่บอกค่า
ความเร่ง (a ... acceleration)
ระยะทาง (s ... distance) และ
เวลา (t ... time) ที่วัตถุมวล M เคลื่อนที่ได้จากโปรแกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการทดลอง

1. จากโปรแกรม Newton's Second Law Experiment จากเครื่องคอมพิวเตอร์
2. ให้นักเรียนดูค่าที่ M = 10 g และ m = 1 g แล้วให้นักเรียนกดปุ่ม Start ให้โปรแกรมดำเนินการจนจบ ให้นักเรียนบันทึกค่าความเร่ง a ระยะทาง s และเวลา t
3. กดปุ่ม Reset (เพื่อทำการตั้งค่าใหม่) แล้วให้นักเรียนเปลี่ยนค่าใน M ให้เป็น 20 g และคงค่า m = 1 g ไว้ แล้วนักเรียนกดปุ่ม Start ให้โปรแกรมดำเนินการจนจบ จากนั้นนักเรียนบันทึกค่าความเร่ง a ระยะทาง s และเวลา t
4. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนค่า M ให้เป็น 30, 40, 50 และ 60 g ตามลำดับบันทึกผล
5. วิเคราะห์ค่าความเร่ง จากความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของมวลทดลอง M (1/M) กับขนาดความเร่ง a ของมวลทดลองที่เคลื่อนที่

ตารางบันทึกผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามหลังการทดลอง

1) เมื่อใส่มวล m ลงในขอเกี่ยวโลหะ ขณะมวล M เคลื่อนที่ มีแรงลัพธ์กระทำต่อมวล M ทดลองหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร่ง a กับขนาดของแรง F มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

3) จากลักษณะของกราฟขนาดความเร่ง a กับขนาดของแรง F มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

4) เมื่อมวลของวัตถุ M มีค่าคงตัว ให้แรงลัพธ์ F กระทำต่อวัตถุมีค่าเปลี่ยนแปลงผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

.....

.....

5) เมื่อแรงลัพธ์ F มีค่าคงตัว เมื่อเปลี่ยนมวล M ของวัตถุ ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

.....

.....

6) จากกราฟการทดลอง แรงที่ดึงมวล M (F) กับ ขนาดความเร่ง a ของมวล M ความชันกราฟมีค่าเท่าใด และมีหน่วยเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป
เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รหัสวิชา ว 31201 วิชา ฟิสิกส์ 1**
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **จำนวน 3 คาบ เวลา 150 นาที**
ผู้สอน นายอทิติย์ ชูตระกูลวงศ์

<u>ผลการเรียนรู้</u>

1. อธิบายความหมายของแรง แรงลัพธ์
2. ทำการทดลองหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ของแรงสองแรงได้
3. อธิบายสถานการณ์เพื่อนำไปสรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน
4. ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตันอธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้
5. อธิบายความหมายของมวลและบอกได้ว่ามวลเป็นปริมาณสเกลาร์
6. ทำการทดลองเพื่อสรุปว่า เมื่อมวลคงตัว ขนาดความเร่งของวัตถุแปรผันตรงกับแรงลัพธ์ และอธิบายได้ว่า ถ้าให้แรงลัพธ์คงตัว ขนาดความเร่งของวัตถุจะแปรผกผันกับมวลของวัตถุนั้น และใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวสรุปเป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันได้
7. อธิบายวิธีหาทิศทางของแรงลัพธ์ และความเร่งของวัตถุจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันได้ และนำกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันไปแก้ปัญหา เมื่อกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง
8. วิเคราะห์สถานการณ์เพื่อนำไปสรุปเป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน
9. วิเคราะห์แรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้
10. บอกได้ว่าแรงที่โลกดึงดูดวัตถุ คือ น้ำหนักของวัตถุ
11. บอกกฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตันได้
12. บอกได้ว่าสนามโน้มถ่วง ทำให้เกิดแรงดึงดูดกระทำต่อมวลของวัตถุ ซึ่งเรียกว่าแรงโน้มถ่วง
13. ใช้กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน หาปริมาณที่เกี่ยวข้อง และความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งห่างจากผิวโลกเมื่อกำหนดสถานการณ์ให้
14. อธิบายสถานการณ์ที่ดาวเทียมมีความเร่งโน้มถ่วง ณ ตำแหน่งที่ห่างจากโลก และบอกความหมายของสภาพเสมือนไร้น้ำหนักได้
15. ทำการทดลองหาขนาดและทิศทางของแรงเสียดทานจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับน้ำหนักของวัตถุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

16. บอกความหมายของแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ได้จากการทำการทดลองเพื่อศึกษาขนาดและทิศทางของแรงเสียดทาน

17. ทำการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ดึงวัตถุกับน้ำหนักวัตถุและแปลความหมายจากกราฟระหว่างแรงที่ใช้ดึงวัตถุกับน้ำหนักวัตถุ เพื่อหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ได้

18. วิเคราะห์แรงเสียดทานในสถานการณ์ต่างๆ และบอกวิธีเพิ่มหรือลดแรงเสียดทาน เพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

19. ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน หาปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ โดยวิเคราะห์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

เมื่อเรียนเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน แล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้ (K)
2. ทดลองและสรุปผลการทดลอง เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้ (P)
3. กำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมของการทดลองได้ (P)
4. คำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้ (P)
5. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความเร่งของวัตถุและขนาดของแรงลัพธ์ เมื่อมวลมีค่าคงตัวได้ (K)
6. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของความเร่งของวัตถุและมวลของวัตถุเมื่อใช้แรงที่มีค่าคงตัวได้ (K)
7. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและทิศของความเร่งได้ (K)
8. นักเรียนสามารถทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มได้ (A)

<u>สาระการเรียนรู้</u>

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน กล่าวว่า “เมื่อมีแรงลัพธ์ซึ่งมีขนาดไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ และขนาดของความเร่งจะแปรผันตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในขณะที่มวลมีค่าคงตัว แต่จะแปรผกผันกับมวลของวัตถุในขณะที่ขนาดของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าคงตัว”

ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง เป็นไปตามสมการดังนี้

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดย a คือ ความเร่งของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที^{2}
m คือ มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม
F คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน

<u>กิจกรรมการเรียนรู้</u>

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (5 นาที)

ครูทบทวนความรู้เดิม เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันที่เรียนในครั้งที่แล้ว โดยใช้คำถามว่า “ถ้าวัตถุเคลื่อนที่โดยมีแรงลัพธ์ที่มีค่ามากกว่าศูนย์มากระทำต่อวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่อย่างไร และจะมีปริมาณใดบ้างเกิดขึ้นขณะที่วัตถุเคลื่อนที่” (วัตถุจะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของแรงลัพธ์ด้วยความเร่ง)

ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรม (130 นาที)

1. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
2. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง และใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง พร้อมอุปกรณ์การทดลองให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วให้นักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันศึกษาใบกิจกรรม
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายวิธีทำกิจกรรม
4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติตามใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง และใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
5. ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเขียนกราฟลงในกระดาษกราฟ พร้อมทั้งหาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากกราฟ เพื่อสรุปผลการทดลอง

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุป (15 นาที)

1. ครูให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง และความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง เพื่อสรุปกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน
2. ครูยกตัวอย่างเหตุการณ์/สถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน พร้อมทั้งบอกหลักการและการนำความรู้เรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ไปใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สื่อการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง
2. ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง
3. เว็บไซต์
   http://www.neutron.rmutphysics.com/teaching-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=2767&Itemid=11

การวัดและประเมินผล

1. ประเมินการมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและความร่วมมือในการทำงานกลุ่มโดยใช้การสังเกตและการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการทดลอง
2. ประเมินความถูกต้องและความครบถ้วนของใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80
3. ประเมินความถูกต้องและความครบถ้วนของใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง

****

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1) .....
2) .....
3) .....
4) .....
5) .....
6) .....
7) .....

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่มากระทำต่อวัตถุกับความเร่งของวัตถุที่เป็นผลมาจากแรงนั้น เมื่อมวลของวัตถุที่พิจารณามีค่าคงตัว

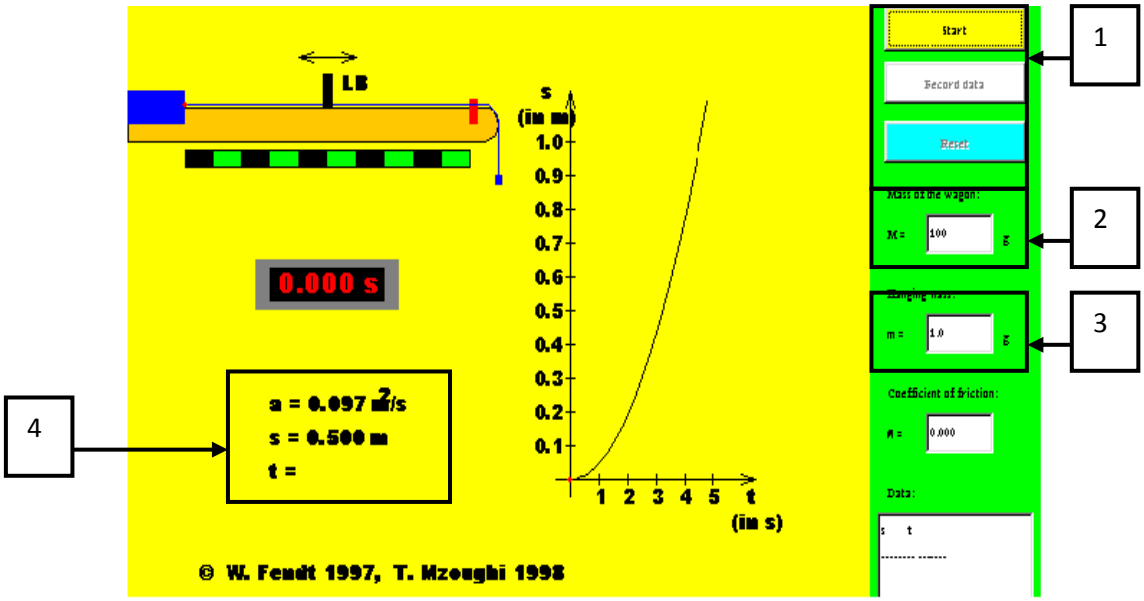
วัสดุอุปกรณ์

ลำดับที่	รายการ	จำนวน/กลุ่ม
1	ใบกิจกรรมที่ 1	1 ชุด
2	ไม้บรรทัด	-
3	กระดาษกราฟ	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศึกษาวิธีการใช้งานของโปรแกรม Newton's Second Law Experiment

ศึกษาโปรแกรม Newton's Second Law Experiment จากเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมจะแสดงดังรูป



กลุ่ม 1 ปุ่มเริ่ม (Start) ให้โปรแกรมทำงาน
ปุ่มบันทึกข้อมูล (Record data)
ปุ่มตั้งค่าใหม่ (Reset)

กลุ่ม 2 M ... mass of the car (มวลของรถทดลอง)

กลุ่ม 3 m ... hanging mass (มวลที่แขวน)

กลุ่ม 4 ส่วนแสดงผลการทดลองที่บอกค่า
ความเร่ง (a ... acceleration)
ระยะทาง (s ... distance) และ
เวลา (t ... time) ที่วัตถุมวล M เคลื่อนที่ได้จากโปรแกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามก่อนการทดลอง

1) จุดประสงค์ของการทดลองนี้คืออะไร

.....

.....

2) ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมของการทดลองนี้คืออะไร

.....

.....

3) นักเรียนคิดว่า ขณะที่รถทดลองเลื่อนลงตามรางไม้ด้วยความเร็วคงตัว แรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถมีค่าเป็นอย่างไร

.....

.....

4) นักเรียนคิดว่า เมื่อนำนอต 1 ตัว แขวนกับขอเกี่ยวโลหะ รถทดลองจะมีการเคลื่อนอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

วิธีการทดลอง

1. จากโปรแกรม Newton's Second Law Experiment จากเครื่องคอมพิวเตอร์
2. ให้นักเรียนดูค่าที่ M = 100 g และ m = 10 g แล้วให้นักเรียนกดปุ่ม Start ให้โปรแกรมดำเนินการจนจบ ให้นักเรียนอ่านค่าความเร่ง a ระยะทาง s และ เวลา t บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
3. กดปุ่ม Reset (เพื่อทำการตั้งค่าใหม่) แล้วให้นักเรียนเปลี่ยนค่าใน m ให้เป็น 20 g และคงค่า M = 100 g ไว้ แล้วนักเรียนกดปุ่ม Start ให้โปรแกรมดำเนินการจนจบ จากนั้นนักเรียนอ่านค่าความเร่ง a ระยะทาง s และ เวลา t บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
4. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนค่า m ให้เป็น 30, 40, 50 และ 60 g ตามลำดับบันทึกผล
5. วิเคราะห์ค่าความเร่ง แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงที่ดึงมวล M (F) กับขนาดความเร่ง a ของมวล M โดยให้ F เป็นแกนนอนและความเร่ง a เป็นแกนตั้ง

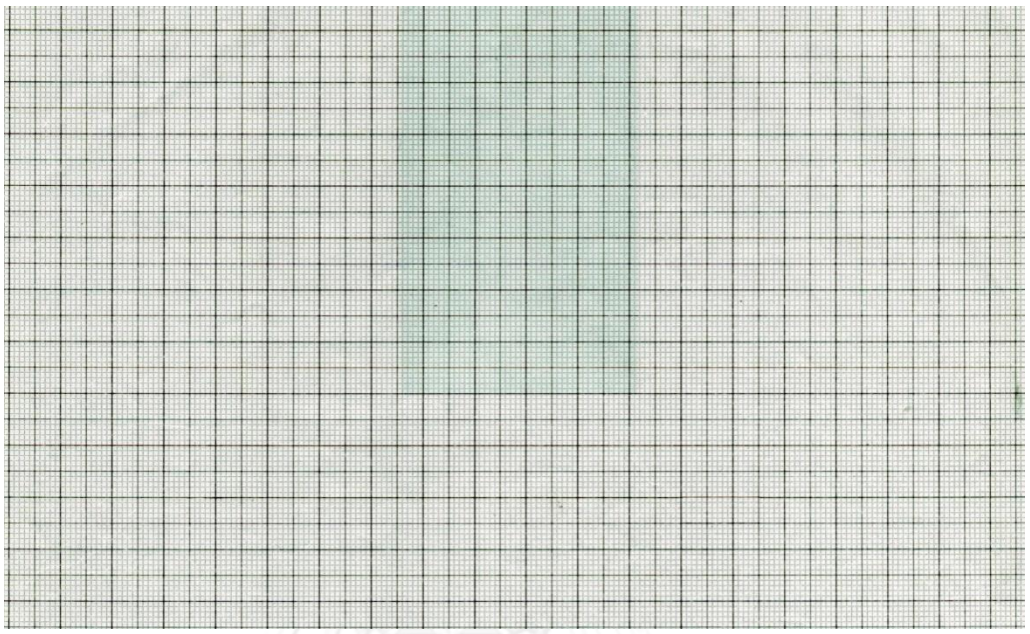
ตารางบันทึกผลการทดลอง

มวล m (กรัม)	แรงที่กระทำกับมวล M (F = mg) (นิวตัน)	ระยะทาง s (มิลลิเมตร)	เวลา t (วินาที)	ความเร่ง a (มิลลิเมตรต่อวินาที^{2})
10		0.5		
20		0.5		
30		0.5		
40		0.5		
50		0.5		
60		0.5		

* จากโปรแกรม ให้ค่า g ... gravitational acceleration (ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างมวล m กับโลก) = 9.81 m/s^2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงที่ดึงมวล M (F) กับ ขนาดความเร่ง a ของมวล M โดยให้ F เป็นแกนนอนและความเร่ง a เป็นแกนตั้ง



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง

****

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1) .....
2) .....
3) .....
4) .....
5) .....
6) .....
7) .....

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่มากระทำต่อวัตถุกับความเร่งของวัตถุที่เป็นผลมาจากแรงนั้น เมื่อมวลของวัตถุที่พิจารณามีค่าคงตัว

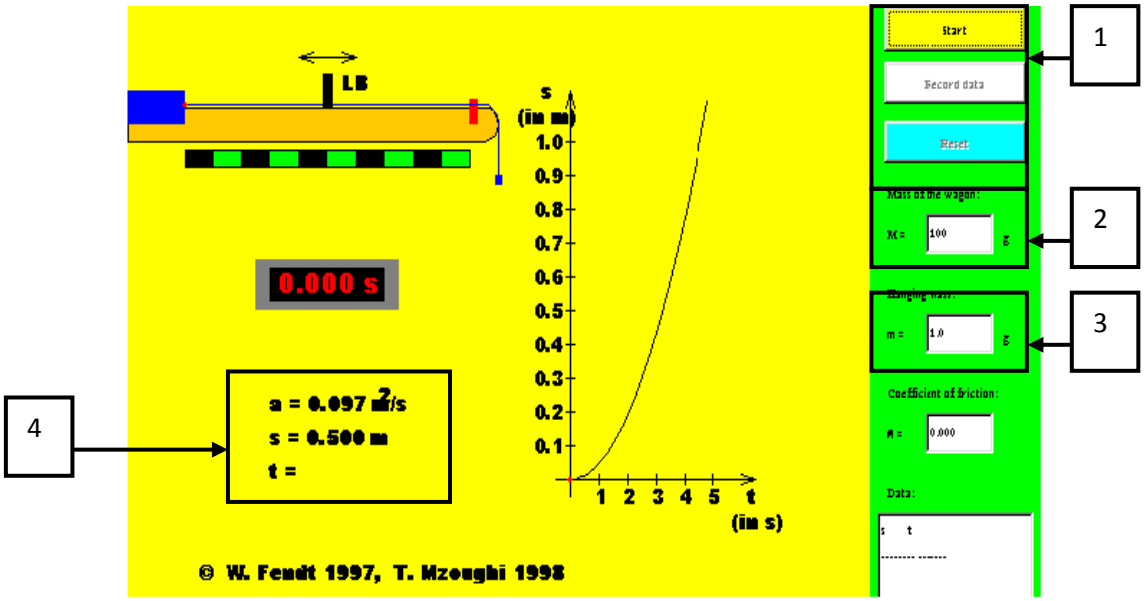
วัสดุอุปกรณ์

ลำดับที่	รายการ	จำนวน/กลุ่ม
1	ใบกิจกรรมที่ 2	1 ชุด
2	ไม้บรรทัด	-
3	กระดาษกราฟ	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศึกษาวิธีการใช้งานของโปรแกรม Newton's Second Law Experiment

ศึกษาโปรแกรม Newton's Second Law Experiment จากเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมจะแสดงดังรูป



กลุ่ม 1 ปุ่มเริ่ม (Start) ให้โปรแกรมทำงาน
ปุ่มบันทึกข้อมูล (Record data)
ปุ่มตั้งค่าใหม่ (Reset)

กลุ่ม 2 M ... mass of the car (มวลของรถทดลอง)

กลุ่ม 3 m ... hanging mass (มวลที่แขวน)

กลุ่ม 4 ส่วนแสดงผลการทดลองที่บอกค่า
ความเร่ง (a ... acceleration)
ระยะทาง (s ... distance) และ
เวลา (t ... time) ที่วัตถุมวล M เคลื่อนที่ได้จากโปรแกรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการทดลอง

1. จากโปรแกรม Newton's Second Law Experiment จากเครื่องคอมพิวเตอร์
2. ให้นักเรียนดูค่าที่ M = 10 g และ m = 1 g แล้วให้นักเรียนกดปุ่ม Start ให้โปรแกรมดำเนินการจนจบ ให้นักเรียนอ่านค่าความเร่ง a ระยะทาง s และ เวลา t บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
3. กดปุ่ม Reset (เพื่อทำการตั้งค่าใหม่) แล้วให้นักเรียน เปลี่ยนค่า ใน M ให้เป็น 20 g และคงค่า m = 1 g ไว้ แล้วนักเรียนกดปุ่ม Start ให้โปรแกรมดำเนินการจนจบ จากนั้นนักเรียนอ่านค่าความเร่ง a ระยะทาง s และ เวลา t บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
4. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เปลี่ยนค่า M ให้เป็น 30, 40, 50 และ 60 g ตามลำดับบันทึกผล
5. วิเคราะห์ค่าความเร่ง แล้วเขียนกราฟระหว่างส่วนกลับของมวลทดลอง M (1/M) กับขนาดความเร่ง a ของมวลทดลองที่เคลื่อนที่

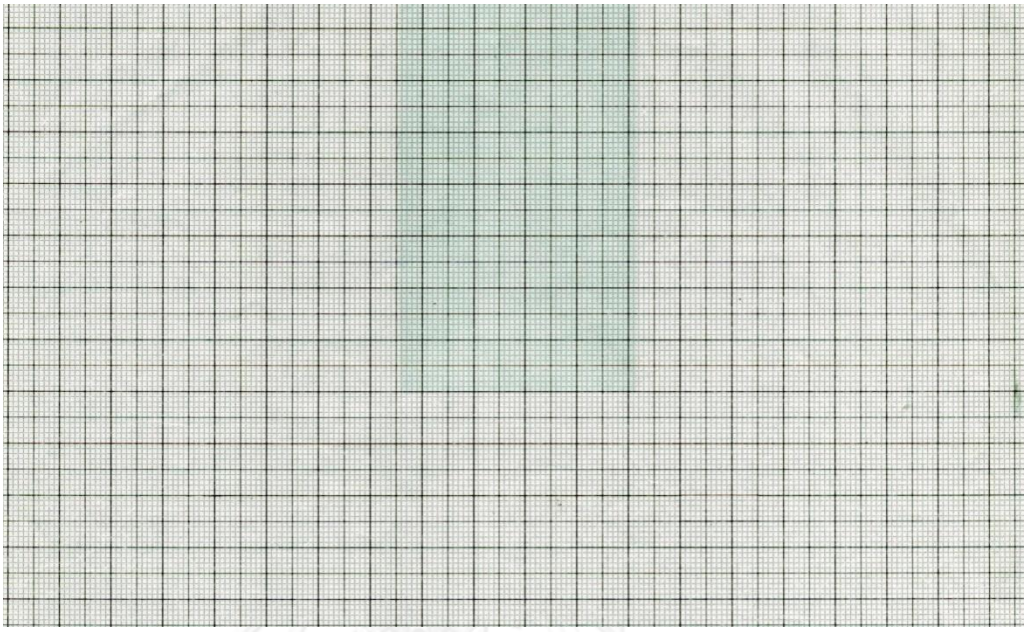
ตารางบันทึกผลการทดลอง

มวล M (กรัม)	ค่า 1/M	แรงที่กระทำกับมวล M (F = mg) (นิวตัน)	ระยะทาง s (มิลลิเมตร)	เวลา t (วินาที)	ความเร่ง a (มิลลิเมตรต่อวินาที^{2})
10			0.5		
20			0.5		
30			0.5		
40			0.5		
50			0.5		
60			0.5		

* จากโปรแกรม ให้ค่า g ... gravitational acceleration (ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างมวล m กับโลก) = 9.81 m/s^2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ส่วนกลับของมวล M (1/M) กับ ขนาดความเร่ง a ของมวล M โดยให้ ค่า 1/M เป็นแกนนอนและขนาดของความเร่ง a เป็นแกนตั้ง



คำถามหลังการทดลอง

1) เมื่อใส่มวล m ลงในขอเกี่ยวโลหะ ขณะมวล M เคลื่อนที่ มีแรงลัพธ์กระทำต่อมวล M ทดลองหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความเร่ง a กับขนาดของแรง F มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

3) จากลักษณะของกราฟ ขนาดความเร่ง a กับขนาดของแรง F มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) เมื่อมวลของวัตถุ M มีค่าคงตัว ให้แรงลัพธ์ F กระทำต่อวัตถุมีค่าเปลี่ยนแปลง ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

.....

.....

5) เมื่อแรงลัพธ์ F มีค่าคงตัว เมื่อเปลี่ยนมวล M ของวัตถุ ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร

.....

.....

6) จากกราฟการทดลอง แรงที่ดึงมวล M (F) กับ ขนาดความเร่ง a ของมวล M ความชันกราฟมีค่าเท่าใด และมีหน่วยเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์
2. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ จำนวน 40 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.47	0.36	21	0.53	0.57
2	0.50	0.20	22	0.61	0.26
3	0.53	0.50	23	0.55	0.37
4	0.55	0.20	24	0.39	0.41
5	0.60	0.24	25	0.36	0.56
6	0.37	0.43	26	0.51	0.62
7	0.32	0.33	27	0.48	0.52
8	0.63	0.55	28	0.53	0.39
9	0.40	0.27	29	0.42	0.48
10	0.57	0.38	30	0.58	0.43
11	0.68	0.50	31	0.37	0.63
12	0.47	0.63	32	0.65	0.24
13	0.55	0.46	33	0.40	0.31
14	0.65	0.35	34	0.52	0.61
15	0.43	0.24	35	0.47	0.55
16	0.53	0.53	36	0.60	0.36
17	0.67	0.31	37	0.59	0.27
18	0.40	0.48	38	0.36	0.50
19	0.59	0.61	39	0.67	0.43
20	0.64	0.43	40	0.40	0.35

* ค่าความเที่ยง 0.85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่

ข้อที่	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	ค่า IOC	ความหมาย
1	ความรู้ความจำ	1	วัดได้สอดคล้อง
2	ความเข้าใจ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
4	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
5	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
6	ความรู้ความจำ	1	วัดได้สอดคล้อง
7	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
8	ความเข้าใจ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
9	การนำไปใช้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
10	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
11	ความรู้ความจำ	1	วัดได้สอดคล้อง
12	ความรู้ความจำ	1	วัดได้สอดคล้อง
13	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
14	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
15	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
16	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
17	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
18	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
19	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
20	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
21	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
22	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
23	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
24	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
25	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 (ต่อ) **ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่**

ข้อที่	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	ค่า IOC	ความหมาย
26	ความรู้ความจำ	1	วัดได้สอดคล้อง
27	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
28	ความรู้ความจำ	1	วัดได้สอดคล้อง
29	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
30	ความรู้ความจำ	1	วัดได้สอดคล้อง
31	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
32	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
33	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
34	ความรู้ความจำ	1	วัดได้สอดคล้อง
35	ความรู้ความจำ	1	วัดได้สอดคล้อง
36	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
37	ความรู้ความจำ	1	วัดได้สอดคล้อง
38	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
39	การนำไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
40	ความเข้าใจ	1	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก(p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ค่าความยาก(p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.71	0.33	16	0.68	0.26
2	0.57	0.40	17	0.45	0.52
3	0.68	0.26	18	0.51	0.41
4	0.74	0.50	19	0.65	0.31
5	0.62	0.41	20	0.57	0.38
6	0.37	0.40	21	0.60	0.51
7	0.45	0.50	22	0.45	0.26
8	0.60	0.38	23	0.62	0.30
9	0.67	0.32	24	0.71	0.59
10	0.51	0.36	25	0.60	0.40
11	0.68	0.50	26	0.37	0.36
12	0.74	0.38	27	0.62	0.32
13	0.65	0.41	28	0.74	0.46
14	0.60	0.59	29	0.57	0.50
15	0.71	0.51	30	0.60	0.38

* ค่าความเที่ยง 0.78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบที่ต้องการวัดของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ข้อที่	องค์ประกอบที่ต้องการวัด	ค่า IOC	ความหมาย
1	บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามได้	1	วัดได้สอดคล้อง
2	คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง	1	วัดได้สอดคล้อง
3	คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง	0.67	วัดได้สอดคล้อง
4	คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5	บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามได้	1	วัดได้สอดคล้อง
6	บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามได้	1	วัดได้สอดคล้อง
7	ชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้	1	วัดได้สอดคล้อง
8	ชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้	1	วัดได้สอดคล้อง
9	ชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้	1	วัดได้สอดคล้อง
10	ชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้	1	วัดได้สอดคล้อง
11	ชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้	1	วัดได้สอดคล้อง
12	ชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้	1	วัดได้สอดคล้อง
13	กำหนดนิยามและขอบเขตของสิ่งที่ต้องการศึกษาโดยสังเกตและวัดได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
14	ระบุวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองได้	1	วัดได้สอดคล้อง
15	กำหนดนิยามและขอบเขตของสิ่งที่ต้องการศึกษาโดยสังเกตและวัดได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
16	ระบุวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองได้	1	วัดได้สอดคล้อง
17	กำหนดนิยามและขอบเขตของสิ่งที่ต้องการศึกษาโดยสังเกตและวัดได้	1	วัดได้สอดคล้อง
18	ระบุวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 (ต่อ) ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบที่ต้องการวัดของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ข้อที่	องค์ประกอบที่ต้องการวัด	ค่า IOC	ความหมาย
19	ออกแบบการทดลองโดยกำหนดวิธีทดลองอย่างถูกต้องและเหมาะสม	1	วัดได้สอดคล้อง
20	ออกแบบการทดลองโดยกำหนดวิธีทดลองอย่างถูกต้องและเหมาะสม	1	วัดได้สอดคล้อง
21	ระบุอุปกรณ์และสิ่งที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
22	ระบุอุปกรณ์และสิ่งที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองได้	1	วัดได้สอดคล้อง
23	ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม	1	วัดได้สอดคล้อง
24	บันทึกผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง
25	บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
26	บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้	1	วัดได้สอดคล้อง
27	บรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้	1	วัดได้สอดคล้อง
28	บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
29	บรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้	1	วัดได้สอดคล้อง
30	บรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอทิติย์ ชูตระกูลวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) วิชาเอก ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน) ในปีการศึกษา 2549 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรบัณฑิต (ป.บัณฑิต) วิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ จากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน) ในปีการศึกษา 2550 โดยเป็นนักเรียนทุนในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) รุ่นที่ 11 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 ปัจจุบันรับราชการครู อันดับ คศ.1 โรงเรียนหัวหินวิทยาคม จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University