ผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสาธิต

นางสาววรรณา รุ่งลักษมีศรี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF INSTRUCTION EMPHASIZING ENGINEERING DESIGN PROCESS ON SCIENTIFIC PROBLEM SOLVING ABILITY AND INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN DEMONSTRATION SCHOOLS

Miss Wanna Rungluxsameesri

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum, Instruction, and Educational Technology
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสาธิต
โดย	นางสาววรรณา รุ่งลักษมีศรี
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา วัฒนะคีรี)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วรรณา รุ่งลักษมีศรี: ผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสาธิต. (EFFECTS OF INSTRUCTION EMPHASIZING ENGINEERING DESIGN PROCESS ON SCIENTIFIC PROBLEM SOLVING ABILITY AND INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN DEMONSTRATION SCHOOLS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 122 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หลังการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 2) ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หลังการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 3) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและกลุ่มนักเรียนที่เรียนตามปกติ และ 4) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและกลุ่มนักเรียนที่เรียนตามปกติ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.70 และ 2) แ บบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.75 ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.31-0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.27-0.72 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 75.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเฉลี่ยร้อยละ 83.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา หลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต วรรณา รุ่งลักษมีศรี

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2551

4983743227: MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEY WORD:INSTRUCTION EMPHASIZING ENGINEERING DESIGN PROCESS / SCIENTIFIC PROBLEM SOLVING ABILITY / INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS

WANNA RUNGLUXSAMEESRI: EFFECTS OF INSTRUCTION EMPHASIZING ENGINEERING DESIGN PROCESS ON SCIENTIFIC PROBLEM SOLVING ABILITY AND INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN DEMONSTRATION SCHOOLS THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF.PIMPAN DACHAKUPT ,Ph.D.,122 pp.

The purposes of this research were 1) to study scientific problem solving ability of students after learning through emphasizing engineering design process instruction 2) to study integrated science process skills of students after learning emphasizing engineering design process instruction 3) to compare scientific problem solving ability of students between group learning through emphasizing engineering design process instruction and conventional instruction method and 4) to compare integrated science process skills of students between group learning through emphasizing engineering design process instruction and conventional instruction method. The samples were two classrooms of the nine grade students of Chulalongkorn University Demonstration Secondary School in the first semester of academic year 2008. The samples were divided into two groups: an experimental group learning through emphasizing engineering design process instruction and control group learning through conventional instruction method. The research instruments were 1) scientific problem solving ability test with reliability at 0.70 and 2) integrated science process skills test with reliability at 0.75 ,the difficulty level were between 0.31-0.80, and the discrimination level were between 0.27-0.72. The collected data were analyzed by means of arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation and t-test.

The research finding were summarized as follows:

1. The students learning science through emphasizing engineering design process instruction had mean of percentage score of scientific problem solving ability at 75.58 that higher than 70 percent which was the criterion score of this research.

2. The students learning science through emphasizing engineering design process instruction had mean of percentage score of integrated science process skills at 83.90 that higher than 70 percent which was the criterion score of this research.

3. The student learning science through emphasizing engineering design process instruction had mean score of scientific problem solving ability higher than those learned through conventional method at .05 level of significance.

4. The student learning science through emphasizing engineering design process instruction had mean score of integrated science process skills higher than those learned through conventional method at .05 level of significance.

Department Curriculum, Instruction, and Educational Technology Student's Signature Wanna R.

Field of Study Science Education Advisor's Signature

Academic Year 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากความเมตตากรุณา ช่วยเหลือ และเอาใจใส่อย่างดียิ่ง จากรองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องระหว่างการทำวิจัย เพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาที่ได้รับ จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และรองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา วัฒนะคีรี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณาจารย์โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม โดยเฉพาะคณาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ได้ให้ความร่วมมือ ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำต่างๆ ระหว่างดำเนินการวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณนักเรียนที่น่ารักทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา ในความห่วงใยและเป็นกำลังใจเสมอมา ตลอดจนส่งเสริมโอกาสทางการศึกษาแก่ผู้วิจัยจนประสบความสำเร็จ และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคน ที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุน และให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมกระกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

สารบัญแผนผัง..... ฐ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 7

สมมติฐานการวิจัย..... 7

ขอบเขตการวิจัย..... 9

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 10

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 13

การแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์..... 14

ความหมายและความสำคัญการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์..... 14

กระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์..... 16

แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์..... 19

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน..... 22

ความหมายและความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์..... 22

ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์..... 24

ความสามารถและความชำนาญของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน..... 28

แนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์..... 30

การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม..... 32

บทที่

ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม..... 32
ความหมาย ขั้นตอนและลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการ 34
ออกแบบทางวิศวกรรม..... 38
ประโยชน์ของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม.....
บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทาง 39
วิศวกรรม..... 43
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 46
3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 47
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 49
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 59
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล..... 60
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 63
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....
ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิง
วิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของกลุ่มที่ 64
ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม.....
ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา
เชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียนของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้น 65
กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม.....
ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนและหลังการเรียนของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการ 65
สอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม.....
ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา
เชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของกลุ่มที่
ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมกับกลุ่มที่ได้รับ
การเรียนการสอนแบบทั่วไป..... 66
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 67
สรุปผลการวิจัย..... 67

อภิปรายผล..... 68
ข้อเสนอแนะ..... 71
รายการอ้างอิง..... 73
ภาคผนวก..... 78
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ..... 79
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 82
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 103
ภาคผนวก ง คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 118
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 122

.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	วิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์.....	21
2	ความสามารถและความชำนาญของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน.....	28
3	บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม.....	40
4	ค่าเฉลี่ย($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) และค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทั้ง 7 ห้องเรียน.....	48
5	การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จำแนกตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด.....	51
6	การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน จำแนกตามทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน.....	53
7	หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม.....	55
8	ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม.....	56
9	เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของกรมวิชาการ.....	62
10	ค่าเฉลี่ย($\overline{X}$) และค่าเฉลี่ยร้อยละ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม.....	64
11	ค่าเฉลี่ย($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) และค่าสถิติทดสอบที(t-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม.....	65

ตารางที่

12 ค่าเฉลี่ย($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) และค่าสถิติทดสอบที(t-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม..... 65

13 ค่าเฉลี่ย($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) และค่าสถิติทดสอบที(t-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมกับกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป 66

14 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์..... 119

15 ค่าความยาก(p) และค่าอำนาจจำแนก(r) เป็นรายข้อของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมสาน..... 120

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design……....	46

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนผัง

แผนผังที่		หน้า
1	ผังมโนทัศน์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยี..	5
2	องค์ประกอบของวงจรการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์.....	17
3	วงจรการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ตามรูปแบบของ Thayer……....	18

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ ที่อำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ในชีวิตประจำวัน ล้วนมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและสามารถอ้างอิงเพื่อตรวจสอบได้ และวิทยาศาสตร์ถือเป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น เพื่อนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551: 1)

การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมให้เจริญก้าวหน้า รวมทั้งการสร้างเสริมขีดความสามารถของประเทศในการแข่งขันระดับนานาชาติ มีปัจจัยสำคัญมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้มาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของบุคคลมากขึ้น และเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้สูงขึ้น การจะส่งเสริมพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาที่มีคุณภาพ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องยกระดับการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา เพื่อทำให้คนไทยทุกคนมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเป็นรากฐานในการดำเนินชีวิตได้อย่างรู้เท่าทัน และนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544:3) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีบทบาทในการพัฒนาบุคคลด้านกระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหา ความสามารถในการตัดสินใจ ทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ ทักษะในการสื่อสาร และที่สำคัญคือการพัฒนาคนในสังคมให้มีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้พัฒนาคุณภาพชีวิตทั้งในด้านการดำเนินชีวิต การประกอบอาชีพ และการนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในสังคม (อลิศรา ชูชาติ, 2549: 185-186)

เป้าหมายของการพัฒนาคุณภาพคนและสังคมไทยสู่สังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2550-2554) สรุปถึงเป้าหมายเชิงคุณภาพว่าคนไทยทุกคนควรพัฒนาให้มีความพร้อมทั้งด้านร่างกาย สติปัญญา คุณธรรม จริยธรรม อารมณ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหา มีทักษะในการประกอบอาชีพ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2549:5) และนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการในการพัฒนาเยาวชนของชาติเข้าสู่โลกยุคศตวรรษที่ 21 ก็สอดคล้องกันคือมุ่งส่งเสริมผู้เรียนให้มีคุณธรรม ทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยี สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551:1-2)ทั้งนี้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จึงได้มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ และเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการคือ 1) ความสามารถในการสื่อสาร 2) ความสามารถในการคิด 3) ความสามารถในการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และ 5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี และให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข เช่น รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ ซื่อสัตย์ มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มีจิตสาธารณะ เป็นต้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551:4-5)

ปัญหาของการพัฒนาคุณลักษณะและสมรรถนะของผู้เรียนดังกล่าวข้างต้น พบว่าจากการประเมินการปฏิรูปการเรียนรู้ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับผลลัพธ์ด้านผู้เรียนอันประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ด้านคือ 1)ความรู้วิชาการ 2)ทักษะการคิด 3)ทักษะการแสวงหาความรู้ และ4)ลักษณะความเป็นพลเมืองดี พบว่าคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้เรียนที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ทักษะการคิด โดยประเมินด้านการคิดวิเคราะห์ การพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาและการคิดจินตนาการซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 48.82 จัดอยู่ในระดับปานกลาง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2548: 157-160) อีกทั้งสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษาได้กำหนดมาตรฐานการศึกษาด้านผู้เรียนเพื่อการประเมินคุณภาพภายนอกระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในมาตรฐานที่ 4 กำหนดให้ผู้เรียนต้องมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ มีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรอง และมีวิสัยทัศน์ รวมทั้งมีความคิดริเริ่ม มีจินตนาการ และมาตรฐานที่ 5 ได้กำหนดว่าผู้เรียนต้องมีความรู้และทักษะที่จำเป็นตามหลักสูตรซึ่งประกอบด้วยวิชาต่างๆ แต่จากการสังเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพภายนอกสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (รอบแรก พ.ศ. 2544-2548) พบว่าผู้เรียนยังไม่ได้มาตรฐานด้านความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ และการมีความรู้และทักษะที่จำเป็นตามหลักสูตรซึ่งเป็น

มาตรฐานที่ 4 และ 5ตามลำดับ (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, 2549: online)

รายงานการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยปี พ.ศ.2540-2547 ของสถาบันเพื่อการพัฒนาการบริหารจัดการ (IMD) พบว่าการพัฒนาดังกล่าวยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าประเทศแถบเอเชียตะวันออกส่วนใหญ่ในแทบทุกด้าน ทั้งในด้านสัดส่วนผู้เรียนมหาวิทยาลัยสายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สัดส่วนของนักวิจัย งบประมาณวิจัย จำนวนสิทธิบัตร จำนวนการตีพิมพ์บทความทางวิชาการ รวมทั้งขีดความสามารถในการแข่งขันด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศที่มีฐานะทางเศรษฐกิจใกล้เคียงกันและสูงกว่า พบว่าโครงสร้างทางเทคโนโลยีและโครงสร้างทางวิทยาศาสตร์อยู่ลำดับที่ 55 และ 45 ตามลำดับจากทั้งหมด 60 ประเทศ (วิทยา เชียงกูล, 2549: 4-21) และจากรายงานศักยภาพของคนไทยกับขีดความสามารถในการแข่งขันปี 2547 เกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของไทยกับนานาชาติ ด้านการสอนวิทยาศาสตร์พบว่าการสอนวิทยาศาสตร์ของไทยได้คะแนนประเมิน 4.4 คะแนนจาก 10 คะแนน ต่ำกว่าประเทศเกาหลี ญี่ปุ่น จีน มาเลเซีย อินเดีย และสิงคโปร์ (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา, 2548: 21-25)

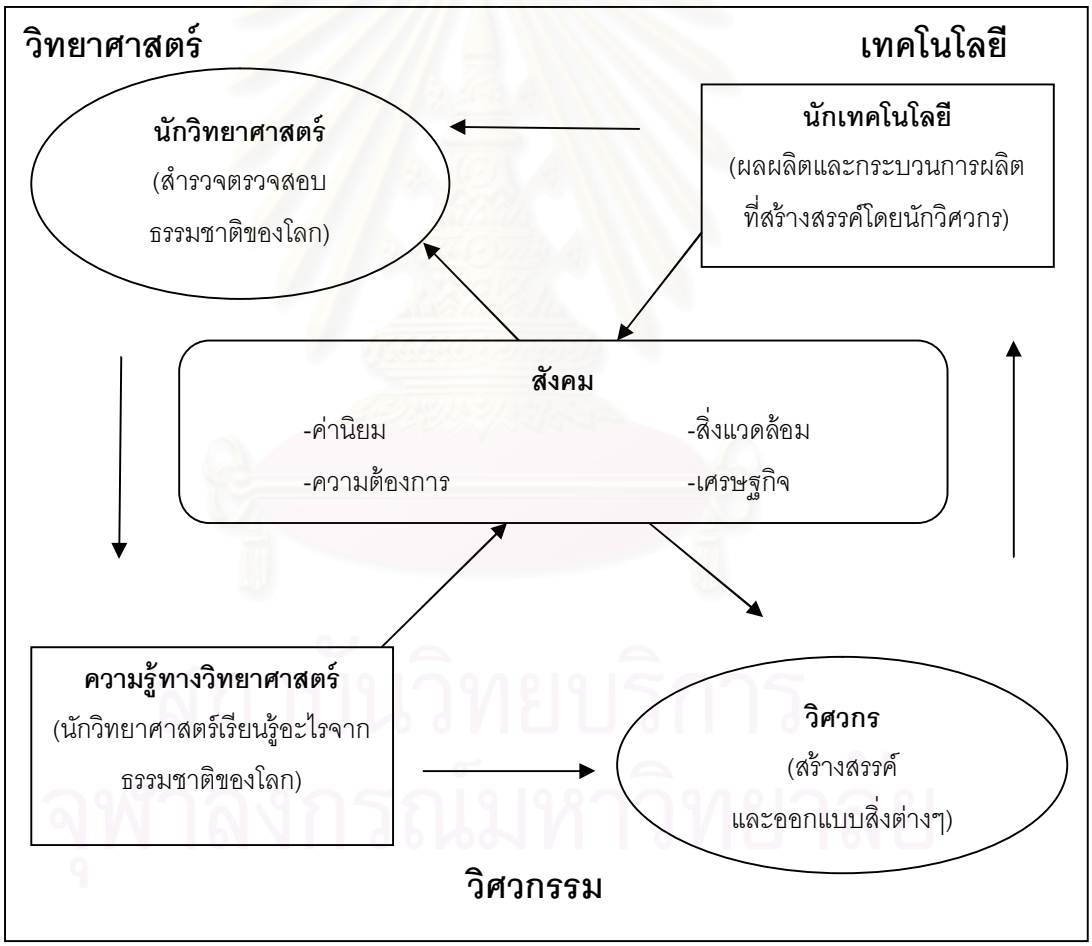
การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (GAT) ระดับประเทศของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2547 พบว่าในวิชาวิทยาศาสตร์ด้านโครงสร้างความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ต้องปรับปรุงถึงร้อยละ 46.73 และมีคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 36.83 (สำนักงานทดสอบทางการศึกษา, 2551: online) และจากรายงานการประเมินสัมฤทธิผลด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2548 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2548:online) พบว่านักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) มีคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์ร้อยละ 67.56 และคะแนนเฉลี่ยในระดับพฤติกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 34.72 ซึ่งสูงที่สุดเมื่อเทียบกับโรงเรียนในสังกัดอื่นๆ แต่พบว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ไม่ถึงร้อยละ 70 และคะแนนเฉลี่ยในระดับพฤติกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่ถึงร้อยละ 50

การพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาและมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นเป้าหมายหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้นพบว่าการจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญของการพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหารวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่เป็นทักษะการคิดขั้นบูรณาการ (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2542: ก)

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่สามารถสนับสนุนให้เกิดคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้น ควรให้นักเรียนได้เรียนองค์ความรู้ต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่นอกจากจะให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจหลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังมุ่งหวังที่จะส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับการได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วย ทั้งนี้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่การเรียนเนื้อหาจากการบอกหรือท่องจำ แต่นักเรียนต้องมีบทบาทในการเรียนโดยเป็นผู้ลงมือ ค้นคว้าหาความรู้อย่างมีระบบตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นวิธีสอนที่สามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น (สุนีย์ คล้ายนิล, 2544: 16) ซึ่งการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process) มีลักษณะสำคัญคือเน้นกระบวนการสืบสอบ (Inquire method) ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (Museum of Science [MOS], 2007a)

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นแนวทางในการส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาโดยการสร้างสรรค์ผลงานต่างๆ ทั้งนี้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีรูปแบบที่หลากหลาย ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้จะประกอบด้วยขั้นตอน 5ขั้นคือ1)ขั้นตั้งคำถาม 2)ขั้นจินตนาการวิธีแก้ปัญหา 3)ขั้นวางแผน 4)ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต และ 5) ขั้นปรับปรุง ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์(University of Massachusetts, Boston [UMASS], 2007:online)

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีพื้นฐานมาจากองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ ด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยนักวิทยาศาสตร์นำเทคโนโลยีที่สร้างสรรค์ขึ้นโดยวิศวกรมาใช้ในงานวิจัยต่างๆ ในทางกลับกันวิศวกรก็นำความรู้ที่พัฒนาโดยนักวิทยาศาสตร์มาออกแบบเทคโนโลยีต่างๆ เช่นกัน วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีล้วนมีความสำคัญในการกำหนดทิศทางของสังคมทั้งค่านิยม ความต้องการของมนุษย์ รวมไปถึงการกำหนดทิศทางของปัญหาที่นักวิทยาศาสตร์ต้องการสำรวจตรวจสอบ และปัญหาที่วิศวกรต้องแก้ไข ผลผลิตทางเทคโนโลยีจากวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมทำให้เกิดความมั่นคงทางสังคมรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมของมนุษย์ โดยแสดงความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของทั้ง 3 ส่วนเป็นวงจร (MOS, 2007b) ดังแผนผังที่ 1



แผนผังที่ 1 ผังมโนทัศน์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยี (MOS, 2007)

ดังนั้นการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจึงเน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำมาใช้ในชีวิตประจำวันและมีวัตถุประสงค์ในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้ 1)เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจทางด้านวิศวกรรม 2)เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมจริงผ่านประสบการณ์จริงทางด้านวิศวกรรมโดยการบูรณาการหลากหลายสาขาวิชา ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้ 3)เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาให้กับนักเรียนโดยการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีขั้นตอนต่างๆ 4)เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในสังคมของโลกสมัยใหม่โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 5)เพื่อให้นักเรียนคุ้นเคยกับอาชีพทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี ผ่านการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมทำให้การเข้าศึกษาต่อเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 เพิ่มมากขึ้น (MOS, 2007c)

ความสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม คือ สามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน ซึ่งเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific problem solving) อันเป็นการแก้ปัญหาโดยการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์จะใช้ทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อการแก้ปัญหา มีการสืบสอบหาความรู้เป็นพื้นฐานเพื่อนำไปสู่จุดเน้นสำคัญนั่นคือการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อหาคำตอบให้กับปัญหา โดยมีเงื่อนไขกำกับ (Llewellyn ,2002: 85-88a) รวมทั้งการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) อันเป็นความชำนาญและความสามารถในการคิด เพื่อค้นหาความรู้ รวมทั้งการแก้ปัญหา และเป็นทักษะทางปัญญา (Intellectual skills) โดยยึดตามแนวของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) ที่จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 2 ประเภท คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ซึ่งทักษะกระบวนการขั้นผสมผสานประกอบด้วย 5 ทักษะ(พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2548) ดังนี้

1) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (controlling the variables)
2) การตั้งสมมติฐาน (hypothesizing)
3) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (operating defining of the variables)
4) การทดลอง (experimenting)
5) การตีความข้อมูลและการลงข้อสรุป (interpreting data and making conclusion)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สนใจศึกษาผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการพัฒนานักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต ให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน โดยการเรียนการสอนดังกล่าวสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในปัจจุบัน เพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนานักเรียนด้านสมรรถนะและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังที่กำหนดไว้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หลังการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

2. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หลังการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและกลุ่มนักเรียนที่เรียนตามปกติ

4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและกลุ่มนักเรียนที่เรียนตามปกติ

สมมติฐานการวิจัย

การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Design Process) ในการจัดการเรียนการสอนเป็นสำคัญ ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ที่เน้นให้ผู้เรียนสรุปความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง ซึ่งการเรียนการ

สอนดังกล่าวจะเชื่อมโยงความรู้ทางวิศวกรรมกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันมีเป้าหมาย 3 ประการ (MOS, 2007d) คือ 1) การพัฒนาให้นักเรียนมีการรู้ทางด้านเทคโนโลยีเพิ่มขึ้น (Increase children's technological literacy) 2) การพัฒนาให้ครูมีความสามารถในการสอนด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพิ่มขึ้น (Increase elementary educators' abilities to teach engineering and technology to their students) และ3) การประยุกต์วิทยาศาสตร์ศึกษากับวิศวกรรมเข้าด้วยกัน (Modify systems of education to include engineering)

การพัฒนานักเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจะพัฒนาด้านความรู้และด้านทักษะประสบการณ์ ซึ่งนักเรียนจะได้รับการส่งเสริมให้เกิดความรู้ต่างๆ เช่น ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นต้น ส่วนทักษะที่นักเรียนจะได้พัฒนา คือ การประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในวิศวกรรม ความสามารถในการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการทำงานร่วมกันเป็นทีม (MOS, 2007e) ทั้งนี้จากการศึกษาของแครอล ชีลด์ (Shields, 2006: 1-4) แห่ง Stevens Institute of Technology's Center for Innovation in Engineering and Science Education (CIESE) ได้ศึกษาผลของโครงการ Engineering is Elementary ในโรงเรียนระดับประถมศึกษาของนิวเจอร์ซี่ จำนวน 12 โรงเรียน โดยให้ครูจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์หัวข้อลมและน้ำให้กับนักเรียนในระดับเกรด 3-5 จำนวน 450 คน พบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและมีความกระตือรือร้นในการเรียนเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งมีความรู้สึกเชิงบวกกับการเรียนทางด้านวิศวกรรม ด้านครูผู้สอนเกิดความรู้สึกท้าทายและมีความสนใจที่จะสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ทฤษฎีและผลการวิจัยดังกล่าวพบว่าการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ดังนั้นผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยโดยยึดเกณฑ์การประเมินผลการเรียนของกรมวิชาการ(กรมวิชาการ , 2535: 24) ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 70

2. นักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมได้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่าร้อยละ 70

3. นักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดโรงเรียนสาธิต

2. ตัวแปรที่ศึกษามีดังนี้

    2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ

        2.1.1 การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมกับการเรียนการสอนแบบทั่วไป

    2.2 ตัวแปรตาม คือ

        2.2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

        2.2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

3. เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาตามแบบเรียนสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ว33103 เรื่องกลศาสตร์การเคลื่อนที่ เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม หมายถึง การจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ที่ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design process) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นตั้งคำถาม (ask) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนบทเรียนโดยการใช้คำถามและสถานการณ์ที่ครูกำหนด และนักเรียนระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข

2) ขั้นจินตนาการวิธีแก้ปัญหา (imagine) เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อตั้งสมมติฐานแล้วเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดเพื่อแก้ไขปัญหา

3) ขั้นวางแผน (plan) เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาวิเคราะห์เพื่อวางแผนการแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้

4) ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต (create) เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เชื่อมโยงกับความรู้เดิม แล้วสร้างสิ่งประดิษฐ์ตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้

5) ขั้นปรับปรุง (improve) เป็นขั้นที่นักเรียนประเมินการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ตามขั้นตอนการปฏิบัติของแต่ละกลุ่ม แล้วอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งอาจเกิดปัญหาใหม่ได้

การเรียนการสอนแบบทั่วไป หมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 โดยจัดการเรียนการสอนด้วยการปฏิบัติทดลองมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นนำ ครูเป็นผู้กระตุ้นการอภิปรายโดยการถามคำถาม

2) ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ

2.1) ขั้นอภิปรายก่อนการปฏิบัติทดลอง ครูและนักเรียนร่วมกันตั้งสมมติฐาน

2.2) ขั้นปฏิบัติกิจกรรมทดลอง ครูระบุวิธีทดลองและแนะนำและวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง รวมทั้งข้อควรระวังในการปฏิบัติทดลอง นักเรียนทำการปฏิบัติการทดลองพร้อมทั้งบันทึกผลการปฏิบัติทดลอง โดยครูวางแผนการทดลอง เตรียมอุปกรณ์เครื่องมือ นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลองตามแนวทางที่ครูกำหนดไว้

2.3) ขั้นอภิปรายหลังการปฏิบัติทดลอง นักเรียนนำเสนอข้อมูลหรือผลการปฏิบัติทดลอง

3) ขั้นสรุป ครูนำการอภิปรายโดยใช้คำถาม เพื่อชักนำให้นักเรียนไปสู่ข้อสรุปและมโนทัศน์ที่สำคัญของบทเรียน

รวมทั้งใช้การสอนแบบบรรยายประกอบสื่อ การสาธิต และใช้เทคนิคการสอน คือ เทคนิคการใช้คำถามและเทคนิคการใช้ผังกราฟฟิก

การแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้หรือประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อหาคำตอบโดยการสร้างสิ่งประดิษฐ์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งวัดด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ มี 6 ขั้นดังนี้

1) ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข
2) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา
3) คิดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
4) เลือกและออกแบบกลยุทธ์ หรือวางแผนเพื่อแก้ปัญหา
5) ปฏิบัติตามแผนที่กำหนด
6) ประเมินผลการแก้ปัญหา

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน หมายถึง ความชำนาญและความสามารถในการคิดเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหา โดยยึดตามแนวทางของสมาคมอเมริกันเพื่อการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) ซึ่งวัดด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ประกอบด้วย 5 ทักษะดังนี้

1) การกำหนดและควบคุมตัวแปร
2) การตั้งสมมติฐาน
3) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร
4) การทดลอง
5) การตีความข้อมูลและการลงข้อสรุป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หมายถึง นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตสังกัดคณะครุศาสตร์และศึกษาศาสตร์ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสาธิต ได้ดำเนินการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยเสนอตามลำดับดังนี้

1. การแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์
   1.1 ความหมายและความสำคัญของการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์
   1.2 กระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์
   1.3 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน
   2.1 ความหมายและความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   2.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   2.3 ความสามารถและความชำนาญของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน
   2.4 แนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
   3.1 ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
   3.2 ความหมาย ขั้นตอนและลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
   3.3 ประโยชน์ของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
   3.4 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   4.1 งานวิจัยในประเทศ
   4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. การแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายและความสำคัญของการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นอกจากจะมุ่งพัฒนานักเรียนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ก็ถือเป็นคุณลักษณะที่สำคัญประการหนึ่ง โดยนักการศึกษาได้อธิบายถึงความหมายของการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

Llewellyn (2002:85-86a) ได้กล่าวถึงความหมายของการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific problem solving) ว่าเป็นการแก้ปัญหาโดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ โดยนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์จะใช้ทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อการแก้ปัญหา มีการสืบสอบหาความรู้เป็นพื้นฐานเพื่อนำไปสู่จุดเน้นสำคัญ คือการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ โดยมีเงื่อนไขต่างๆ กำกับการออกแบบการสร้างสิ่งประดิษฐ์นั้น

Miola (1990:1-5) กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาด้านวิทยาศาสตร์เชิงคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์เชิงกายภาพ วิทยาศาสตร์เชิงวิศวกรรม โดยการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมทั้งการใช้หลักตรรกวิทยาในการแก้ปัญหา

Ruberg and Baro (2003:44) กล่าวถึงความหมายของการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ว่า การแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การนำข้อเท็จจริง หลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผนการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้จากหลากหลายศาสตร์ร่วมกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา จนนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ

Bransford (2000, cited in Ruberg and Baro, 2003: 43) อธิบายถึงการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากปัญหาทั่วไป เนื่องจากเป็นการใช้ความคิดเพื่อสร้างแบบจำลองจากเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหา เพื่อค้นหาคำตอบโดยการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการแก้ปัญหาที่มีขั้นตอนแบบแผนต่างๆ

ความหมายของการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การใช้หรือประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อหาคำตอบโดยการสร้างสิ่งประดิษฐ์จากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเป็นการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ มีการใช้กระบวนการสืบสอบจนนำมาซึ่งวิธีแก้ปัญหาในที่สุด

การแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ถือเป็นจุดหมายหนึ่งของการพัฒนาเพื่อให้เกิดขึ้นในผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมีความสำคัญดังที่ Welker (2006:online) กล่าวว่า การแก้ปัญหามีความสำคัญต่อการเรียนรู้ การรู้จักคิดแก้ปัญหาสามารถทำให้ผู้เรียนพึ่งพาตนเองได้เมื่อเป็นผู้ใหญ่ รวมทั้ง Britz และ Richard (1993:34) ได้อธิบายว่า การแก้ปัญหาเป็นความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตของเด็ก เนื่องจากเป็นความสามารถที่เด็กต้องใช้ในการแสวงหาความรู้ เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ที่มีความหมาย เช่นเดียวกับ National Research Council (1996, cited in Ruberg and Baro, 2003:43) ที่กล่าวถึงการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเป็นเป้าหมายสำคัญประการหนึ่งในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา และอีกหลายๆ ประเทศที่ต้องการให้พลเมืองในสังคมมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์นอกจากนี้อุ่นตา นพคุณ (2535:51-60) ได้อธิบายถึงความสำคัญของการคิดแก้ปัญหาว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้มนุษย์เกิดความไม่สบายใจ การคิดแก้ปัญหาช่วยทำให้ขจัดความรู้สึกไม่พอใจออกจากจิตใจของตนเองและเมื่อปัญหาคลี่คลายก็เกิดความสุข อีกทั้งการคิดแก้ปัญหายังมีความสำคัญต่อการทำงานของบุคคลในสายอาชีพต่างๆ เช่น ผู้พิพากษา เด็กวัยเรียน เป็นต้น

1.2 กระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

การแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์มีกระบวนการที่แตกต่างกันเพื่อนำไปสู่แนวทางการหาคำตอบ โดยนักการศึกษาได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ โดยสรุปดังนี้

Llewellyn (2002:87-88b) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์โดยมีลักษณะเป็นวงจรดังนี้ (Components of scientific problem-solving process) แสดงในแผนผังที่ 2

1) ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข (defining the problem to be solved) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องคิดวิเคราะห์เพื่อพิจารณาเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไขจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

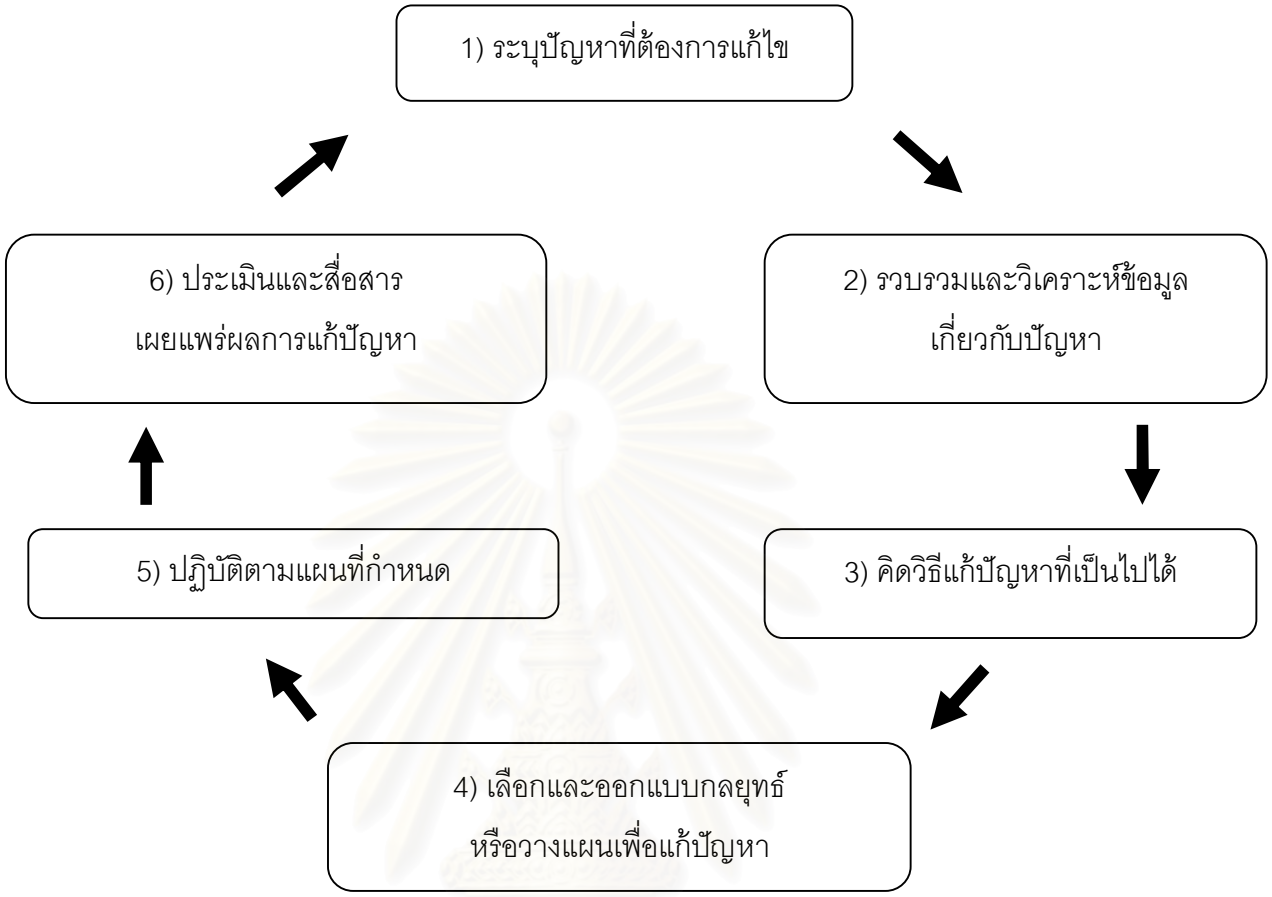
2) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา (collecting and analyzing information about the problem) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องคิดวิเคราะห์และใช้ทักษะการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยใช้ประสบการณ์เดิมและความรู้ต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์

3) คิดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ (generating possible solutions to the problem) เป็นขั้นที่นักเรียนระดมสมองเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการสื่อสารสนทนาถึงประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข อาศัยมุมมองที่หลากหลายและการคิดนอกกรอบ

4) เลือกและออกแบบกลยุทธ์ หรือวางแผนเพื่อแก้ปัญหา(selecting and designing a strategy or plan) นักเรียนตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และดีที่สุดโดยวางแผนวัสดุที่ต้องการใช้ แหล่งความรู้ที่จำเป็น และขั้นตอนการสร้างอย่างชัดเจน

5) ปฏิบัติตามแผนที่กำหนด (implementing a plan to solve the problem) นักเรียนลงมือแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ มีการบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในรูปตารางหรือกราฟ

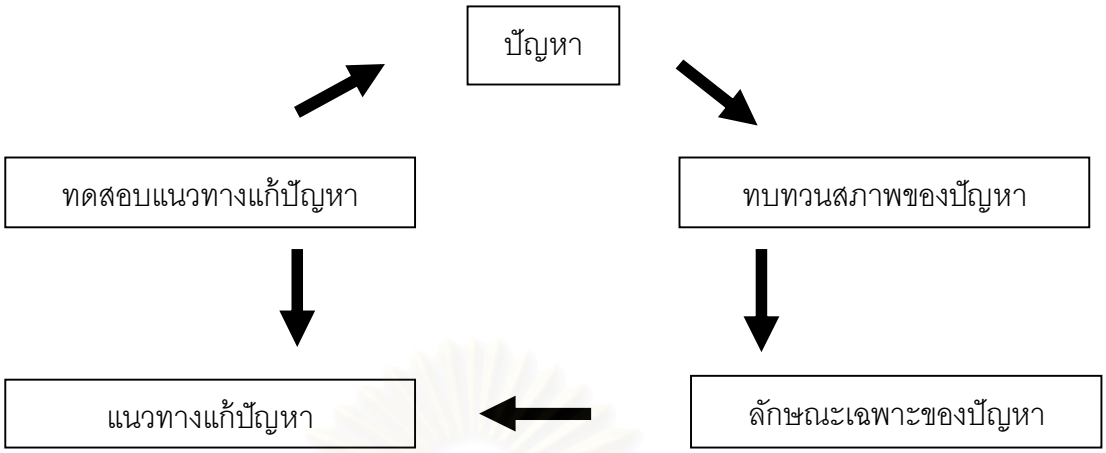
6) ประเมินและสื่อสาร เผยแพร่ผลการแก้ปัญหา (evaluating and communicating the results) นักเรียนทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่ได้ปฏิบัติ หากยังไม่บรรลุผลสามารถย้อนกลับไปยังขั้นตอนที่ 2 เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาอีกครั้ง



แผนผังที่ 2 องค์ประกอบของวงจรการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ (Llewellyn, 2002: 88b)

Fay (2006: 73) ได้เสนอรูปแบบของ Thayer เพื่อใช้เป็นวงจรในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์โดยมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังแสดงในแผนผังที่ 3

1) การระบุปัญหา
2) การบรรยายถึงลักษณะพิเศษ หรือลักษณะเฉพาะของปัญหา
3) การหาแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลายแล้วเลือกแนวทางที่ดีที่สุด
4) การย้อนกลับไปพิจารณาปัญหาอีกครั้ง



แผนผังที่ 3 วงจรการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ตามรูปแบบของ Thayer (Fay, 2006: 73)

Leaf (1998:online) ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1) ระบุปัญหา (defind the problem) เป็นการกำหนดปัญหาเพื่อนำไปสู่การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยต้องเป็นปัญหาที่ชัดเจนสามารถนำไปสู่การพิจารณาแนวทางแก้ปัญหาได้

2) ระบุเงื่อนไขต่างๆ (determine constraints) เป็นการระบุหรือกำหนดเงื่อนไข ข้อจำกัดด้านต่างๆ ในการแก้ปัญหาเช่น วัสดุอุปกรณ์ เวลา ค่าใช้จ่าย จำนวนคน เป็นต้น

3) รวบรวมข้อมูล (gether data) เป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่างๆ เช่น บุคคลผู้เชี่ยวชาญ หลักการทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีแก้ปัญหา

4) ระดมสมอง (brainstorm) เป็นการระดมความคิดเห็นจากหลายบุคคลเพื่อทำให้ได้แนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย อันนำไปสู่การตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

5) วิเคราะห์แนวทางแก้ปัญหา (analyze) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการระดมสมองเพื่อกำหนดวิธีแก้ปัญหา

6) พัฒนาวิธีแก้ปัญหา (develop) เป็นการออกแบบวิธีแก้ปัญหา กำหนดวิธีทดสอบและกำหนดวิธีประเมินแนวทางแก้ปัญหานั้น

7) ดำเนินการแก้ปัญหา (test) เป็นการปฏิบัติตามแนวทางแก้ปัญหาที่กำหนดไว้

8) ประเมินการแก้ปัญหา (evaluate) เป็นการประเมินวิธีแก้ปัญหาที่ปฏิบัติว่าสามารถบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้ายังมีข้อบกพร่องสามารถย้อนกลับไปยังขั้นตอนของการระบุเงื่อนไขอีกครั้งเพื่อกำหนดแนวทางแก้ปัญหาใหม่

กระบวนการการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนต่างๆกัน สามารถสรุปได้ว่ากระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน โดยมีลักษณะเป็นวงจรดังนี้

1) ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข
2) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา
3) คิดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
4) วางแผนเพื่อแก้ปัญหา
5) ปฏิบัติตามแผนที่กำหนด
6) ประเมินผลการแก้ปัญหา

1.3 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการแก้ปัญหาประเภทหนึ่งโดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวัด เรียกว่า แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์มีรายละเอียดดังนี้

Quellmalz (1985:32-33) กล่าวถึงการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาว่า การใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบเป็นการวัดทักษะเฉพาะด้าน ไม่เหมาะกับการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จึงเสนอลักษณะของเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้

1) การกำหนดปัญหา ควรเป็นปัญหาที่สำคัญและนำมาใช้บ่อยๆ
2) การกำหนดปัญหา ควรมีทางเลือกหรือวิธีแก้ปัญหาหลายๆ วิธี
3) การกำหนดรูปแบบคำถาม ควรให้นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลได้
4) การกำหนดคำถาม ควรให้มีการเชื่อมโยงความคิดและข้อสรุปได้ทั่วๆไป

Board of Certificated Safety Professionals (2006:12) ได้อธิบายว่า การนึกถึงประสบการณ์ของตนเองที่เคยพบกับปัญหา สามารถนำมาสร้างสถานการณ์ปัญหาได้ ซึ่งต้องอธิบายสภาพและเงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้อย่างชัดเจน โดยใช้ข้อความบรรยาย รูปภาพ ตาราง หรือแผนภูมิ และไม่ควรยาวมากเกินไป รวมทั้งไม่ควรคิดว่าผู้ตอบรู้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานั้น ทั้งนี้ต้องมีคำตอบที่ถูกต้องภายใต้ข้อมูลที่ให้ในสถานการณ์เท่านั้น

Nitko (2004:214-232) เสนอกลยุทธ์ในการประเมินความสามารถในการคิดแก้ปัญหา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การระบุปัญหา เป็นการประเมินความสามารถในการอธิบายรายละเอียดของสถานการณ์ซึ่งคำถามส่วนใหญ่ที่ใช้มักถามว่าปัญหาในสถานการณ์นี้คืออะไร

2) การระบุสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกัน เป็นการประเมินความสามารถในการระบุข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ซึ่งต้องมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องในปัญหาผสมผสานกัน

3) การระบุข้อสันนิษฐาน เป็นการประเมินความสามารถในการระบุวิธีแก้ปัญหา และข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา

4) การอธิบายกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่หลากหลาย เป็นการประเมินความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยใช้แนวทางต่างๆ

5) การตัดสินเลือกวิธีแก้ปัญหา เป็นการประเมินความสามารถในการตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหา 1 วิธี จากหลากหลายวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ และสามารถระบุเหตุผลที่เลือกวิธีแก้ปัญหานั้น

6) การรวมข้อมูลเข้าด้วยกัน เป็นการประเมินความสามารถในการคิดขั้นตอนสำหรับวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลต่างๆ ที่อยู่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้

7) การสร้างทางเลือก เป็นการประเมินความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างน้อย 2 วิธีขึ้นไป

8) การใช้วิธีการอุปมาอุไมย เป็นการประเมินความสามารถในการอธิบายถึงวิธีแก้ปัญหา โดยการเปรียบเทียบกับวิธีแก้ปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกัน

9) การประเมินวิธีแก้ปัญหา เป็นการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลที่ตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหานั้น โดยสามารถระบุว่ามีข้อดีมากกว่าวิธีแก้ปัญหาจากทางเลือกอื่นได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546:46-48) ได้เสนอเครื่องมือและวิธีการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ 4 ประเภท โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การสังเกต การสังเกตเป็นเครื่องมือที่ใช้ในระหว่างการสอนของครู โดยจะสะท้อนความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ช่วยให้เห็นการพัฒนาด้านการคิดอย่างชัดเจน การสังเกตการแก้ปัญหามี 2 วิธี คือ การสังเกตแบบไม่ตั้งใจ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา และการสังเกตแบบตั้งใจ เป็นการสังเกตที่มีการสังเกตและบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีการจัดทำแบบสังเกตล่วงหน้า

2) การประเมินตนเอง คือ การให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเอง เกี่ยวกับพฤติกรรมในเรื่องการแก้ปัญหา เมื่อพบปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นกระบวนการพัฒนาการแก้ปัญหาของแต่ละคน

3) แบบสำรวจรายการ ใช้ประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเก็บข้อมูลที่เป็นกระบวนการที่แยกการกระทำต่างๆ ไว้อย่างชัดเจน

4) แบบทดสอบข้อเขียน เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหา โดยมีการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และผู้เรียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาแต่ละขั้น มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนอย่างชัดเจน

จากแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น สามารถวิเคราะห์และสรุปวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย

กระบวนการแก้ปัญหา	**การสร้างแบบวัดแบบอัตนัย**	
	สถานการณ์ปัญหา	**ข้อคำถาม**
1. ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข	สภาพปัญหาที่นำมาจากเหตุการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน	ระบุปัญหาที่ต้องแก้ไขว่าคืออะไร
2.รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหา	เสนอวิธีแก้ปัญหาที่เลือกใช้ คือวิธีใด

ตารางที่ 1 (ต่อ) วิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย

กระบวนการแก้ปัญหา	**การสร้างแบบวัดแบบอัตนัย**	
	สถานการณ์ปัญหา	**ข้อคำถาม**
3.คิดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้	เงื่อนไขที่จำกัดขอบเขตในการแก้ปัญหา	ระบุวิธีแก้ปัญหาที่นอกเหนือจากการกำหนดในสถานการณ์อย่างน้อย 2 วิธี คือวิธีใดบ้าง
4.เลือกและออกแบบกลยุทธ์เพื่อแก้ปัญหา	-	อธิบายถึงวัสดุที่กำหนดว่าสามารถนำมาใช้ประดิษฐ์อุปกรณ์ดังกล่าวได้อย่างไร
5.ปฏิบัติตามแผนที่กำหนด	-	วาดรูปแสดงแบบจำลองของสิ่งประดิษฐ์ และระบุขั้นตอนการประดิษฐ์โดยละเอียด
6.ประเมินและสื่อสาร เผยแพร่ผลการแก้ปัญหา	-	อธิบายการทดสอบประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์ว่ามีการทดสอบอย่างไร และอธิบายการปรับปรุงสิ่งประดิษฐ์ให้มีประสิทธิภาพตามที่กำหนดได้อย่างไร

2. **ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน**

2.1 ความหมายและความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นเป้าหมายที่สำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยสรุปดังนี้

Kusland and Stone (1968:229) ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Gega (1990:96) กล่าวถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนคิดและรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต การจำแนก การวัด การลงข้อสรุป และการทดลอง

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์(2542:3) ได้อธิบายถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นทักษะทางสติปัญญา หรือทักษะการคิดที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในการแก้ปัญหา และใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2548: 9) กล่าวถึงความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญและความสามารถในการคิดเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหา โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญา (intellectual skills) ไม่ใช่ทักษะการปฏิบัติด้วยมือ (psychomotor skills / hand on skills) เพราะเป็นการทำงานของสมอง และเป็นการคิดทั้งในระดับพื้นฐานและการคิดในระดับสูง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นทักษะกระบวนการคิดที่สำคัญประการหนึ่งดังที่วรรณทิพา รอดแรงค้า (2542:ก) กล่าวว่า การจะมีทักษะกระบวนการคิดได้นั้นต้องได้รับการฝึกให้เป็นผู้มีทักษะการคิดขั้นพื้นฐานและขั้นสูงมาเป็นลำดับ ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาให้เป็นผู้มีทักษะการคิดขั้นพื้นฐานและขั้นสูงได้ เช่นเดียวกับกันต์ อัญชันภาติ (2549:178-179) ได้อธิบายถึงปัจจัยสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ว่า การเรียนวิทยาศาสตร์จำต้องมีทักษะที่เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การตั้งสมมติฐาน การควบคุมตัวแปร การทดลอง การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เป็นต้น โดยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ เหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดความรู้ใหม่ ประดิษฐกรรมใหม่ การค้นคว้าวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ทางวิศวกรรม ทางแพทยศาสตร์ และอื่นๆ ดังนั้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญในการนำไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แขนงต่างๆ อย่างมากมาย

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดและลงมือปฏิบัติจนเกิดความชำนาญ โดยเกิดจากการสืบเสาะหาความรู้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และต้องใช้ทักษะการคิดขั้นพื้นฐานและการคิดที่ซับซ้อนประกอบกัน

2.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีด้วยกันหลายทักษะ โดยนักการศึกษาหลายท่านได้จำแนกประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กล่าวไว้ดังนี้

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
   - 2.7 ทักษะการรวบรวมข้อมูล
   - 2.8 ทักษะการจัดกระทำข้อมูล
   - 2.9 ทักษะการวิเคราะห์ข้อมูล

2.10 ทักษะการเข้าใจเชิงเหตุผล

2.11 ทักษะการพัฒนาเป็นรูปแบบ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2548:9-13) ได้สรุปประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยยึดตามแนวของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ของสมาคมอเมริกันเพื่อการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (basic science process skills) ประกอบด้วย 8 ทักษะได้แก่

1.1 การสังเกต

1.2 การจำแนกประเภท

1.3 การวัด

1.4 การใช้ตัวเลข

1.5 การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา

1.6 การลงความเห็นจากข้อมูล

1.7 การจัดกระทำ และการสื่อความหมายข้อมูล

1.8 การพยากรณ์

2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (integrated science process skills) ประกอบด้วย 5 ทักษะดังนี้

2.1 การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการกำหนดว่าสิ่งที่ศึกษาในปรากฏการณ์หนึ่งมีตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้นและตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล และสามารถควบคุมตัวแปรที่เป็นสาเหตุอื่นๆ ในขณะที่ศึกษาตัวแปรสาเหตุตัวใดตัวหนึ่ง

2.2 การตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องต่อไป

2.3 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการกำหนดวิธีการวัดตัวแปรที่ศึกษา ซึ่งต้องสังเกตและวัดได้โดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย

2.4 การทดลอง หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบสมมติฐาน โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติทดลอง ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

2.5 การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

2.5.1 การตีความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำแล้วนำเสนอในรูปแบบต่างๆ

2.5.2 การลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษาได้เป็นข้อความใหม่อันเป็นคำตอบของปัญหา

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542:4-6) กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยยึดตามแนวของสมาคมอเมริกันเพื่อการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) แบ่งเป็น 13 ทักษะ ซึ่งทักษะที่ 1-8 จัดเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง หรือขั้นบูรณาการ ดังนี้

1. การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน เพื่อใช้สัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ให้ได้มาซึ่งรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตประกอบด้วย ข้อมูลเชิงปริมาณ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ และข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง

2. การลงความเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความเห็นให้กับข้อมูลอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม

3. การจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งหรือลำดับวัตถุโดยมีเกณฑ์ 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

1) ตัวแปรต้น หมายถึง สาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ

2) ตัวแปรตาม หมายถึง ผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น

3) ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ หมายถึง สิ่งอื่นๆ ที่นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนหากไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน

10. การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้า โดยสมมติฐานที่ตั้งขึ้นสามารถบอกให้ทราบถึงการออกแบบการทดลองได้

11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ ในสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ และสามารถสังเกตหรือวัดได้

12. การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบ ประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นคือ

1) การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนทดสอบจริง

2) การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและเหมาะสม

3) การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การสังเกต การวัดและอื่นๆ ได้อย่างถูกต้อง

13. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

1) การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่

2) การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้โดยยึดตามหลักของสมาคมอเมริกันเพื่อการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS) ซึ่งแบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 2 ประเภท คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมสาน อันประกอบด้วย

1. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
2. ทักษะการตั้งสมมติฐาน
3. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร
4. ทักษะการทดลอง
5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

2.3 ความสามารถและความชำนาญของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ความสามารถและความชำนาญของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน สามารถยึดตามหลักของสมาคมอเมริกันเพื่อการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS,2007) รวมทั้งทิศนา แขมมณีและคณะ (2544:29-41) โดยวิเคราะห์ความสามารถและความชำนาญเพื่อแสดงถึงการเป็นผู้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสามารถและความชำนาญของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	ความสามารถ/ความชำนาญ
1.ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	1) เชื่อมโยงส่วนต่างๆ กับสิ่งที่รู้มาก่อนหรือจากประสบการณ์เดิม เพื่อบ่งชี้ส่วนประกอบของสิ่งที่ศึกษาได้ 2) กำหนดสิ่งที่ศึกษาว่าตัวแปรใดคือตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระได้ 3) กำหนดสิ่งที่ศึกษาว่าตัวแปรใดคือตัวแปรตามได้ 4) กำหนดสิ่งที่ศึกษาว่าตัวแปรใดคือตัวแปรควบคุมได้

ตารางที่ 2 (ต่อ) ความสามารถและความชำนาญของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	**ความสามารถ/ความชำนาญ**
2.ทักษะการตั้งสมมติฐาน	1) คาดคะแนสิ่งที่จะเกิดขึ้นก่อนทดลอง โดยการสังเกตและใช้ความรู้รวมทั้งประสบการณ์เดิม 2) แยกแยะข้อมูลจากการสังเกตที่สนับสนุนและไม่สนับสนุนสมมติฐาน 3) คาดคะเนคำตอบล่วงหน้าของปัญหาได้มากกว่า 1 คำตอบโดยมีข้อมูลหรือข้อความรู้มาสนับสนุน
3.ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร	1) ระบุสิ่งที่ต้องการศึกษาเพื่อให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการได้ 2) กำหนดนิยามและขอบเขตของสิ่งที่ต้องการศึกษาโดยสังเกตและวัดได้ 3) ระบุองค์ประกอบ ลักษณะ สมบัติของสิ่งที่ต้องการนิยามได้ครอบคลุม 4) เรียบเรียงสมบัติเฉพาะของสิ่งนั้นเป็นข้อความที่กระทัดรัด ชัดเจน
4.ทักษะการทดลอง	1) ออกแบบการทดลองโดยกำหนดวิธีทดลองอย่างถูกต้องและเหมาะสม 2) ระบุอุปกรณ์และสิ่งที่จำเป็นต้องใช้ได้ 3) ปฏิบัติทดลองและใช้เครื่องมือรวมทั้งบันทึกผลได้ถูกต้องเหมาะสม 4) รวบรวมข้อมูลเพื่อวางแผนพิสูจน์คำตอบที่คาดคะเน 5) ดำเนินการทดสอบคำตอบที่คาดคะเนและรวบรวมข้อมูลตามแผนที่กำหนด 6) วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล 7) นำผลสรุปที่ได้จากการทดลองไปใช้สนับสนุนหรือคัดค้านคำตอบที่คาดคะเนไว้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 (ต่อ) ความสามารถและความชำนาญของการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	ความสามารถ/ความชำนาญ
5.ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	1) แปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ในรูปแบบต่างๆทั้งตาราง และกราฟได้ 2) บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้ 3) เชื่อมโยงข้อมูลต่างๆ อย่างเป็นเหตุเป็นผล 4) บอกความหมายที่แฝงอยู่ของข้อความหรือของเรื่องที่ต้องการตีความ และอธิบายเหตุผลได้ 5) อธิบาย หรือสรุปสิ่งที่สังเกตได้ตามข้อมูลเชิงประจักษ์ 6) ลงความเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตเกินไปจากข้อมูลที่ได้โดยอ้างอิงความรู้หรือประสบการณ์เดิม

จากตารางข้างต้นพฤติกรรมที่แสดงซึ่งการมีความสามารถและความชำนาญของนักเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานทั้ง 5 ทักษะ สามารถทำให้การวัดและประเมินนักเรียนเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.4 แนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการวัดทักษะการคิดประเภทหนึ่ง ดังที่พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2548:9) อธิบายว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญา (intellectual skills) ที่เป็นความชำนาญและความสามารถในการคิดเพื่อค้นหาความรู้ รวมทั้งการแก้ปัญหา โดยนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายถึงแนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ดังนี้

Karen (2004:online) กล่าวถึงวิธีการวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 2 วิธีคือ

1) วิธีสังเกต โดยวัดพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกขณะทำการทดลองด้วยแบบตรวจสอบรายการ

2) วิธีตอบคำถามสั้นๆ โดยกำหนดคำถามที่เกี่ยวข้องกับการทดลองไว้ในแต่ละฐานด้วยแบบสอบแบบเขียนตอบ เพื่อให้นักเรียนเขียนคำตอบของตนเองลงในชุดคำถามที่ครูกำหนดให้

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

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

Solano (2000: 31) กล่าวถึงแนวทางการวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนขณะปฏิบัติทดลองด้วยแบบตรวจสอบรายการ และประเมินผลการทดลองด้วยแบบประเมินแบบมาตรประมาณค่า โดยครูจัดกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้นักเรียนปฏิบัติทดลองจริง

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

1) การประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple-choice paper and pencil)

2) การประเมินพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Performance Assessment)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(2546:21) ได้เสนอว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปนิยมใช้ การทดสอบด้วยข้อเขียน เพราะเป็นวิธีการวัดและประเมินผลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีการประเมินในรูปแบบต่างๆ

ดังนั้นแนวทางการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถกระทำได้หลากหลายวิธีดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้ควรพิจาณาความสอดคล้องของเครื่องมือและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่ต้องการวัดและประเมินเป็นสำคัญ

3. การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

3.1 ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจากกิจกรรมต่างๆ ซึ่งผู้เรียนจะต้องนำความรู้ที่ได้รับในชั้นเรียนมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหา โดยการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม จะเน้นกระบวนการสืบสอบ (Inquire method) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) (MOS, 2007c) ที่เน้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (new knowledge) กับความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่ติดตัวมาก่อน (prior knowledge) เข้าด้วยกันนักคอนสตรักติวิสต์มีความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนรู้ ว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวของนักเรียน นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบกับความรู้ที่มีอยู่เดิม (Martin, 1994:44 อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2548:15) โดยนักการศึกษาได้กล่าวถึงแนวคิดคอนสตรักติวิสต์ไว้โดยมีรายละเอียด ดังนี้

Glaseisfeld (1991:121-140) ได้สรุปเกี่ยวกับแนวคิดคอนสตรักติวิสต์ว่า ความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียวแต่เป็นการสร้างขึ้นโดยบุคคลที่มีความรู้ความเข้าใจ โดยหน้าที่ของการรับรู้ คือ การปรับตัวและการประมวลประสบการณ์ทั้งหมด แต่ไม่ใช่เพื่อการค้นพบสิ่งที่เป็นจริง

Kemp (1996:137) กล่าวว่าแนวคิดคอนสตรักติวิสต์ เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ที่มีรากฐานมาจากทั้งความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ปรัชญา และจิตวิทยา โดยความรู้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากการสร้างความรู้ของผู้เรียนด้วยตนเองมากกว่าจะรับการถ่ายทอดจากผู้อื่น

Selly (1997:45) ได้กล่าวถึงทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ว่าเป็นทฤษฎีที่ผู้เรียนสร้างความรู้จากความคิดของตนเอง เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในบุคคลโดยไม่รู้ตัว โดยนำความรู้หลายด้านมาตีความใหม่ ความรู้บางเรื่องอาจได้มาจากประสบการณ์ตรงของตนเองหรือการแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น แล้วสร้างภาพที่สมบูรณ์และสอดคล้องกับสิ่งต่างๆ ทั้งธรรมชาติทางด้านกายภาพ และด้านจิตใจ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2548:47) ให้ความหมายของแนวคิดคอนสตรักติวิสต์ ว่าเป็นแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และเชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยผู้เรียนสร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม เป็นปรัชญาที่มีข้อสันนิษฐานว่า ความรู้ไม่สามารถแยกออกจากความอยากรู้ ความรู้ได้มาจากการสร้างเพื่ออธิบาย ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิสต์เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน จากการได้สัมผัสประสบการณ์ตรง ด้วยการปฏิบัติ โดยนักเรียนจะมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) จากภาวะความขัดแย้งทางปัญญา ซึ่งเป็นภาวะที่นักเรียนได้รับประสบการณ์ใหม่ที่เกิดความไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ทำให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงทางความคิดตลอดเวลา เพื่อปรับโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิมและเพิ่มความซับซ้อนขึ้นโดยใช้กระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการคือ กระบวนการดูดซึม (assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา(accommodation) เพื่อปรับโครงสร้างทางปัญญาให้กลับสู่ภาวะสมดุล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544:79) กล่าวถึง แนวคิดคอนสตรักติวิสต์ซึ่งเชื่อว่า นักเรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากก็น้อย โดยการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม ดังนั้นประสบการณ์เดิมของนักเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง

แนวคิดเกี่ยวกับคอนสตรักติวิสต์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าแนวคิดคอนสตรักติวิสต์ เน้นการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดของนักเรียนด้วยตนเอง โดยผู้สอนช่วยจัดสภาพการณ์ให้นักเรียนเกิดสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม นักเรียนจึงต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์เดิม เป็นกระบวนการที่นักเรียนต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย

3.2 ความหมาย ขั้นตอนและลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นการจัดการเรียนการสอนที่นำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้ามาเกี่ยวข้องในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน (MOS, 2007:online) ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมาย ขั้นตอนและลักษณะสำคัญของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมไว้ดังต่อไปนี้

3.2.1 ความหมายของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมไว้ดังต่อไปนี้

นักการศึกษาแห่ง Museum of Science's National Center for Technological Literacy (UMASS, 2007:online) ได้ให้ความหมายของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมว่าเป็นแนวทางที่วิศวกรใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ และจัดเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาต่างๆ

Roderic (2001:online) กล่าวถึงความหมายของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมว่าเป็นกระบวนการที่ใช้ในการสร้างผลผลิต โดยอาศัยพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในศาสตร์ต่างๆ เช่น เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา เป็นต้น รวมทั้งคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้

นักการศึกษาแห่ง Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education (ESE, 2001) ได้กล่าวถึงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมว่าเป็นระเบียบวิธีทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการหาคำตอบของสิ่งที่สงสัย โดยการออกแบบสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์เพื่อประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งมีหลากหลายขั้นตอนและเป็นกระบวนการที่ได้นำความรู้มาใช้ในทางปฏิบัติจริงในชีวิตประจำวัน

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่วิศวกรใช้ในการหาคำตอบ เพื่อประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่งโดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสาขาต่างๆ เพื่อสร้างสรรค์ผลผลิตตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในสังคม

3.2.2 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม คือ การเรียนการสอนที่นำขั้นตอนซึ่งวิศวกรใช้เป็นแนวทางในการสร้างสรรค์ผลงานต่างๆ มาใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยนักการศึกษาเสนอขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมไว้ดังนี้

Museum of Science's National Center for Technological Literacy (UMASS, 2007: online) เสนอขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมทั้งหมด 5 ขั้นดังนี้

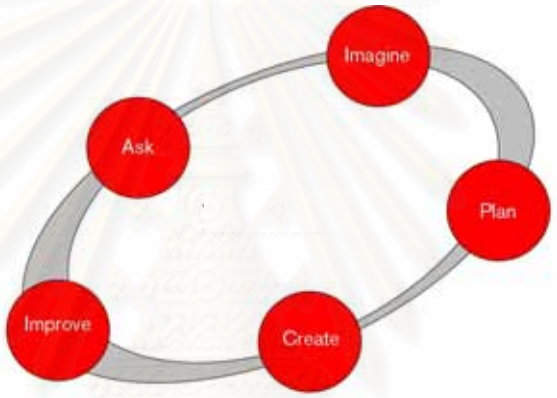
1) ขั้นตั้งคำถาม (ask) เป็นการระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข และปัญหานั้นจะแก้ไขด้วยการผลิตสิ่งประดิษฐ์ลักษณะใด รวมทั้งการพิจารณาเงื่อนไขของการแก้ปัญหาจากการผลิตสิ่งประดิษฐ์นั้นๆ

2) ขั้นจินตนาการวิธีแก้ปัญหา (imagine) เป็นการระบุวิธีแก้ปัญหา โดยการระดมความคิด เพื่อหาวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลาย แล้วพิจารณาเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

3) ขั้นวางแผน (plan) เป็นการระบุวิธีและขั้นตอนการแก้ปัญหา โดยกำหนดกระบวนการและขั้นตอนในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ ทั้งทางด้านอุปกรณ์ และเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้เพื่อแก้ปัญหาตามแนวทางนั้น

4) ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต (create) เป็นการปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ โดยการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่นำไปสู่การแก้ปัญหา

5) ขั้นปรับปรุง (improve) เป็นการทดสอบคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์ แล้วอภิปรายถึงกระบวนการทำงานและปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อทำการปรับปรุงให้มีผลงานดีขึ้น แล้วทำการทดสอบสิ่งประดิษฐ์นั้นหลังการปรับปรุงอีกครั้ง



ขั้นตอนของกระบวนของการออกแบบทางวิศวกรรม (MOS, 2007: online)

Roderic (2001:online) ได้เสนอขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ประกอบด้วย 8 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา (define the problem) ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข

2) ขั้นค้นหา (explore) รวมรวบข้อมูล ความรู้ วิธีการเพื่อนำไปสู่การออกแบบ

3) ขั้นระบุเงื่อนไข (constraints) ระบุเงื่อนไข เป้าหมาย แนวทางแก้ปัญหาต่างๆ

4) ขั้นออกแบบ (design) วิเคราะห์และออกแบบแนวทางแก้ปัญหา

5) ขั้นประเมิน (evaluation) เปรียบเทียบการออกแบบแต่ละวิธี และเลือกวิธีที่เป็นไปได้และมีประสิทธิภาพมากที่สุด

6) ขั้นแต่งตั้งผู้รับผิดชอบ (delegation) มอบหมายงานให้กับผู้ที่มีความถนัดในงานด้านต่างๆ อย่างเหมาะสม เพื่อการจัดการแก้ปัญหาตามแนวทางที่กำหนดไว้

7) ขั้นระบุเงื่อนไขเฉพาะ (specification) ระบุเงื่อนไข ข้อจำกัด ตัวแปรที่มีผลต่อแนวทางการแก้ปัญหา

8) ขั้นทดสอบ (test) ทดสอบตามแนวทางที่วางแผนไว้

นักการศึกษาแห่ง Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education (ESE, 2001) เสนอถึงขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยมีลักษณะเป็นวงจรประกอบด้วย8 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นระบุความต้องการ หรือระบุปัญหา (identify the need or problem)
2) ขั้นวิจัยความต้องการ หรือปัญหา (Research the need or problem)
3) ขั้นพัฒนาวิธีแก้ปัญหา (develop possible solution)
4) ขั้นเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (select the best possible solution)
5) ขั้นกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหา (construct a prototype)
6) ขั้นทดสอบและประเมินวิธีแก้ปัญหา (test and evaluate the solution)
7) ขั้นสื่อสารวิธีแก้ปัญหา (communicate the solution)
8) ขั้นทบทวนการออกแบบ (redesign)

กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมดังกล่าวข้างต้นมีขั้นตอนที่หลากหลายซึ่งสรุปได้ว่า ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีลักษณะเป็นวงจร สามารถย้อนกลับเพื่อทบทวนแนวทางการแก้ปัญหาแล้วนำไปสู่การแก้ปัญหาใหม่หรือปรับปรุงวิธีการเดิม โดยยึดขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามแนวของ UMASS ซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้น ประกอบด้วย

1) ขั้นตั้งคำถาม (ask)
2) ขั้นจินตนาการวิธีแก้ปัญหา (imagine)
3) ขั้นวางแผน (plan)
4) ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต (create)
5) ขั้นปรับปรุง (improve)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.3 ลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม มีลักษณะดังนี้ (Museum of Science [MOS], 2007)

1) เป็นการเรียนรู้ที่ต้องบูรณาการหลายสหสาขาวิชา โดยนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง จากประสบการณ์ที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนสนใจเรียนวิทยาศาสตร์โดยการประยุกต์ความรู้จากเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้อง

2) เน้นการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งมีหลายขั้นตอน เช่น การระบุปัญหา การแก้ปัญหาจากวิธีการต่างๆ และการประเมินข้อมูลต่างๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจ เป็นต้น

3) เป็นการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นหลัก (Project-based learning) และการลงมือทำกิจกรรม (Hands-on construction)

3.3 ประโยชน์ของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

นักการศึกษาของ Museum of Science (2007) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้รับประโยชน์ ดังนี้

1) พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิศวกรรม

2) เกิดการเรียนรู้และได้รับความสนุกจากการลงมือปฏิบัติทดลอง ด้วยการเรียนรู้แบบสืบสอบ และค้นหาความรู้ด้วยตนเอง

3) เพิ่มความสนใจและความมั่นใจในการประกอบอาชีพวิศวกร นักประดิษฐ์ และนักนวัตกรรมในอนาคต

4) รู้จักการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อการแก้ปัญหาที่ตนเองสนใจ อันนำไปสู่ทักษะการแก้ปัญหารวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.4 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ทั้งครูและนักเรียนต่างก็มีบทบาทสำคัญที่ส่งเสริมให้การจัดการเรียนรู้ดำเนินไปอย่างราบรื่น นักการศึกษาของ Museum of Science (2007:online) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 บทบาทของครูในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามแนวของ Museum of Science (2007:online) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูสรุปได้ดังนี้

1) ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะแก้ปัญหา เพื่อให้นักเรียนวางแผนแนวทางแก้ไขคำตอบด้วยตนเอง

2) ครูเป็นผู้ให้คำแนะนำในระหว่างการแก้ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย รวมทั้งเสริมแรงให้กับผู้เรียน

3) ครูเป็นผู้ให้ข้อมูลเพื่อให้นักเรียนประเมินแนวทางการแก้ปัญหา ทบทวนขั้นตอนในการแก้ปัญหาของนักเรียน

3.4.2 บทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามแนวของ Museum of Science (2007:online) กล่าวไว้ดังนี้

1) นักเรียนเป็นผู้สังเกตข้อมูลต่างๆ เพื่อระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข รวมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวางแผนแนวทางแก้ปัญหา

2) นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติทดลอง เพื่อนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างมีความหมาย

3) นักเรียนเป็นผู้ประเมินผลการแก้ปัญหาตามแนวทางที่วางแผนไว้ แล้วปรับปรุงวิธีการ ขั้นตอน และสิ่งประดิษฐ์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสามารถสรุปดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1) ขั้นตั้งคำถาม (ask)	1) กำหนดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ 2) จัดสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการจัดกิจกรรม	1) สังเกตปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดเพื่อเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง 2) กำหนดตัวแปรที่ต้องการจะศึกษา เพื่อทำการทดลอง
2) ขั้นจินตนาการวิธีแก้ปัญหา (imagine)	1) พิจารณาตัวแปรที่ต้องการศึกษา เพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดและแนะนำแหล่งเรียนรู้เพื่อการค้นหาข้อมูล 2) ตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้องของข้อมูล	1) ระดมสมอง แลกเปลี่ยนประสบการณ์ รวบรวบข้อมูลที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อมูลครบถ้วนและเชื่อมโยงความรู้จากหลายๆ สาขา 2) กำหนดวิธีแก้ปัญหาแล้วพิจารณาเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด
3) ขั้นวางแผน (plan)	1) อภิปรายวิธีการแก้ปัญหาของแต่ละกลุ่ม 2) ตรวจสอบความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาตามวิธีที่เลือก	วางแผนขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อออกแบบการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 (ต่อ) บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
4) ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต (create)	1) สังเกตการปฏิบัติงานของนักเรียนเป็นรายบุคคล ให้ความรู้และคำปรึกษาขณะทดลอง 2) ดูแลความปลอดภัยในการทดลอง 3) กระตุ้นให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นกลุ่ม 4) ตรวจสอบผลการทดลอง 5) อภิปรายถึงกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 6) กระตุ้นให้นักเรียนออกแบบสิ่งประดิษฐ์ที่อาศัยหลักการวิทยาศาสตร์ที่เรียน 7) ให้คำแนะนำในการออกแบบสร้างสิ่งประดิษฐ์	1) ดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอนโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 2) มีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ หรือกระบวนการประดิษฐ์ในขั้นตอนที่ได้รับมอบหมาย 3) ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ทำงานกันเป็นทีม 4) ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในการทดลอง 5) ออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้หลักการวิทยาศาสตร์ 6) ร่วมกันระบุประโยชน์และวิธีทดสอบสิ่งประดิษฐ์ หรือกระบวนการประดิษฐ์เพื่อหาข้อจำกัดที่ต้องแก้ไข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3(ต่อ) บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
5) ขั้นปรับปรุง (improve)	1) นำอภิปรายเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองของแต่ละกลุ่ม รวมทั้งการลงข้อสรุปที่ได้จากการแก้ปัญหาที่กำหนด 2) อภิปรายการนำเสนอสิ่งประดิษฐ์ที่แต่ละกลุ่มออกแบบในประเด็นต่างๆ 3) ประเมินผลการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติงาน และสิ่งประดิษฐ์ 4) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินสิ่งประดิษฐ์ของกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่นๆ	1) นำเสนอและอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจในผลผลิตที่สร้างสรรค์ขึ้นเพื่อแก้ปัญหานั้นได้อย่างชัดเจน 2) หาแนวทางปรับปรุงผลผลิตหรือกระบวนการผลิต เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของเครื่องมือนั้น 3) ประเมินผลเครื่องมือของกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อนในประเด็นต่างๆ ที่กำหนด

โดยสรุปการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจะดำเนินกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างราบรื่นโดยที่ครูมีบทบาทในการจัดสภาพแวดล้อมและเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และนักเรียนมีส่วนร่วมที่สำคัญในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ อย่างมีความหมาย

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการประมวลผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน พบว่ายังไม่มีงานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องโดยตรงจากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม จึงขอเสนองานวิจัยในประเทศและต่างประเทศดังนี้

4.1 งานวิจัยในประเทศ

จารุวรรณ ภูละคร (2531:145) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนเรื่องพลังงานและสารเคมีด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามและโดยครูเป็นผู้ตั้งคำถาม พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนเรื่องพลังงานและสารเคมีด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามและโดยครูเป็นผู้ตั้งคำถามไม่แตกต่างกัน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

พฤกษ์ โปร่งสำโรง (2549:65) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E ในวิชาฟิสิกส์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

งานวิจัยดังกล่าวศึกษาผลของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และการใช้รูปแบบการสอน 7E ที่เน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งทั้งสองวิธีต่างมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนให้พัฒนามากขึ้น

4.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Shields (2006: 1-4c) ได้ศึกษาผลของโครงการ Engineering is Elementary ในโรงเรียนระดับประถมศึกษาของนิวเจอร์ซี่ จำนวน 12 โรงเรียน โดยให้ครูจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์หัวข้อลมและน้ำให้กับนักเรียนในระดับเกรด 3-5 จำนวน 450 คน พบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา และมีความกระตือรือร้นในการเรียนเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งมีความรู้สึกเชิงบวกกับการเรียนทางด้านวิศวกรรม ด้านครูผู้สอนเกิดความรู้สึกท้าทายและมีความสนใจที่จะสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

Cunningham, Knight, Carlsen, and Kelly (2007: 3-8) ได้ศึกษาผลของการทำโครงการ Pre-College Engineering for Teachers (PCET) เพื่อให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการวิศวกรรมกับวิชาวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย พบว่าครูมีความสนใจในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าว และมีความมั่นใจในการนำไปใช้ในการเรียนการสอนจริงที่โรงเรียนมากขึ้น

Sullivan (2008: 73-94) ได้ทดลองจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์กับกิจกรรมสร้างหุ่นยนต์ เพื่อพัฒนาทักษะการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกของระบบการทำงานของหุ่นยนต์ โดยทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่สนใจการสร้างหุ่นยนต์ พบว่านักเรียนมีทักษะการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกของระบบการทำงานของหุ่นยนต์สูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากมีการจัดกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาที่ท้าทายเกี่ยวกับการทำงานของหุ่นยนต์

Thompson and Lyons (2008: 197-211) ได้ทดลองจัดการเรียนการสอนที่เน้นวิศวกรรมในชั้นเรียน โดยทดลองกับนักเรียนเกรด 6 จำนวน 44 คน เพื่อศึกษาถึงการรับรู้เกี่ยวกับวิศวกรรมด้วยการใช้ Draw an Engineer Test ซึ่งพบว่านักเรียนในกลุ่มทดลองมีการรับรู้เกี่ยวกับวิศวกรรมทั้งด้านการออกแบบ การทดลอง การสร้างสิ่งประดิษฐ์ และความเข้าใจในสาขาทางวิศวกรรมสูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม

Bers and Portsmore (2005: 59-73) ได้ศึกษาถึงการสอนแบบมีส่วนร่วมระหว่างนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษากับนักศึกษาฝึกสอนที่ได้รับการอบรมด้านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมผ่านกิจกรรมการสร้างหุ่นยนต์ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบมีส่วนร่วม 3 รูปแบบ คือ Collaborator's model External consultant's model และ Developer's model พบว่าการสอนทั้ง 3 รูปแบบมีพบทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนทางด้านวิศวกรรม มีความรู้สึกต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น แต่การสอนแบบมีส่วนร่วมแบบ Collaborator's model ทำให้นักเรียนเกิดความสามารถในการออกแบบ และการประดิษฐ์หุ่นยนต์มากที่สุด

งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมข้างต้นสามารถพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางววิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ที่มีรูปแบบการวิจัยเป็น Two group pretest–posttest design มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และมีการเก็บข้อมูลทั้งก่อนและหลังทดลอง(Kerlinger and Lee, 2000: 48) ดังภาพที่ 5

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

ภาพที่ 5 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest–posttest design

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง

X หมายถึง การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

~X หมายถึง การเรียนการสอนแบบทั่วไป

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสาธิต สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งกำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม กรุงเทพมหานคร การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างมีขั้นตอนดังนี้

1.2.1 การกำหนดโรงเรียน กำหนดโดยใช้วิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง โดยกำหนดให้โรงเรียนที่ใช้ในการทดลอง คือ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม เนื่องจากเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ ที่มีจำนวนนักเรียนเพียงพอสำหรับการทดลอง และมีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 อีกทั้งผู้อำนวยการและรองคณบดี คณะผู้บริหาร และครูของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยมให้ความสนับสนุนในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

1.2.2 การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ได้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 7 ห้องเรียน แล้วพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ว32102 ปีการศึกษา 2550 โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)

เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับกำหนดห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ห้องเรียน ปรากฏผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทั้ง 7 ห้องเรียน

ค่าสถิติ / ห้องเรียน	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	F-test
ม. 3/1	69.20	14.32	
ม. 3/2	71.00	12.24	
ม. 3/3	78.25	11.25	
ม. ¾	71.31	13.11	2.74*
ม. 3/5	75.08	11.35	
ม. 3/6	77.25	12.04	
ม. 3/7	75.58	12.27	

*p <0.05 และ Levene Statistic = .763

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงทำการทดสอบค่าเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ (Post Hoc Test) ด้วยวิธีของ Bonferroni เพื่อคัดเลือกห้องเรียนที่นักเรียนมีความสามารถในการเรียนไม่แตกต่างกัน จึงได้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 กับ 3/4 เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

1.2.3 การกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลาก ผลปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/4 จำนวน 35 คน เป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 จำนวน 35 คน เป็นกลุ่มควบคุม

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

1.2 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและแบบทั่วไป

เครื่องมือแต่ละประเภทมีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

2.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดความสามารถในการใช้หรือประยุกต์ใช้ความรู้ เพื่อหาคำตอบโดยการสร้างสิ่งประดิษฐ์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม โดยมีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังต่อไปนี้

2.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศในด้านแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ กระบวนการในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

2.1.2 กำหนดลักษณะของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เป็นแบบอัตนัย ประกอบไปด้วยเนื้อหาสาระที่ต้องการสื่อความหมาย (Interpretative Material) ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เป็นปัญหา จำนวน 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อคำถาม 8 ข้อ รวม 16 ข้อ ซึ่งวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ 6 ขั้น และกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนแบบมาตรประมาณค่า คะแนนเต็ม 48 คะแนน (ภาคผนวก ข) ใช้เวลาทดสอบ 90 นาที

2.1.3 คัดเลือกสถานการณ์ที่เป็นปัญหาจำนวน 2 สถานการณ์ จากนั้นสร้างข้อคำถาม โดยใช้แนวคิดของ Nitko (2004: 210–213) และ MOS (2007: online) จากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบ และนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.1.4 นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาเพื่อหาคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับในด้านความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) ลักษณะการใช้คำถาม ความถูกต้องของภาษา พร้อมข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขแบบวัด

2.1.5 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดที่สร้างขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา มีสิ่งที่ควรปรับปรุงดังนี้

1.1) ชื่อบุคคลในสถานการณ์ ควรกำหนดให้เป็นภาษาไทยเพื่อความเหมาะสม เช่น “แมกซ์เป็นเพื่อนสนิทกับโจลี่” จึงแก้ไขเป็น “ต้นกล้าเป็นเพื่อนสนิทกับแก้ว” เป็นต้น

2.2) ข้อคำถามควรใช้ภาษาที่สื่อความหมาย เข้าใจง่าย และกระชับ เช่น “วัสดุดังกล่าวสามารถนำมาประดิษฐ์เป็นกังหันวิดน้ำได้ เพราะเหตุใด” จึงแก้ไขเป็น “เหตุใดจึงเลือกวัสดุดังกล่าวมาประดิษฐ์เป็นกังหันวิดน้ำ” เป็นต้น

2) การรวมข้อคำถามที่วัดพฤติกรรมเกี่ยวกับการเลือกและออกแบบกลยุทธ์ หรือวางแผนในการแก้ปัญหา ที่มีหลายข้อให้เป็นข้อเดียวกัน เช่น “ระบุเหตุผลในการเลือกวัสดุดังกล่าวเพื่อนำมาประดิษฐ์เป็นกังหันวิดน้ำ” กับ “ระบุเหตุผลในการไม่เลือกวัสดุดังกล่าวเพื่อนำมาประดิษฐ์เป็นกังหันวิดน้ำ” จึงแก้ไขเป็น “วัสดุที่กำหนดให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการประดิษฐ์เป็นกังหันวิดน้ำได้อย่างไร” เป็นต้น

3) การเลือกรูปภาพประกอบ ควรใช้รูปภาพในชีวิตประจำวันที่นักเรียนสังเกตได้จริง มากกว่ารูปภาพการ์ตูน เพื่อให้ชัดเจนและนักเรียนสามารถจินตนาการสร้างสิ่งประดิษฐ์นั้นได้

4) การเพิ่มและลดเงื่อนไขในสถานการณ์ สถานการณ์ที่ไม่ชัดเจนจำเป็นต้องเพิ่มเงื่อนไขให้มากขึ้น โดยต้องมีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา และลดข้อมูลที่ไม่จำเป็นต้องระบุไว้ในสถานการณ์ เช่น การเพิ่มเงื่อนไขเกี่ยวกับลักษณะใบพัดของกังหันวิดน้ำ และการลดเงื่อนไขเกี่ยวกับจำนวนลูกค้าที่เข้ามาในร้านกาแฟ เป็นต้น

2.1.6 นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับในด้านความเที่ยงของความสอดคล้องภายใน จากการใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (Alpha coefficient) ของ Cronbach โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science: SPSS version 15.0) ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบวัดพบว่า มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.67 และข้อที่ต้องปรับปรุงส่วนใหญ่เป็นสถานการณ์ที่ต้องเพิ่มเงื่อนไขให้มากขึ้น แล้วนำไปทดลองใช้อีกครั้งกับนักเรียนกลุ่มเดิม จึงได้คุณภาพของแบบวัดตามเกณฑ์ คือ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.70 (ภาคผนวก ง) ซึ่งการวิเคราะห์จำนวนข้อของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จำแนกตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด

พฤติกรรม	จำนวนข้อ
1. ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข	2
2. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา	2
3. คิดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้	2
4. เลือกและออกแบบกลยุทธ์ หรือวางแผนเพื่อแก้ปัญหา	2
5. ปฏิบัติตามแผนที่กำหนด	4
6. ประเมินและสื่อสาร เผยแพร่ผลการแก้ปัญหา	4
รวม	16

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังต่อไปนี้

2.2.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ทั้ง 5 ทักษะ ดังนี้ 1) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร 2) ทักษะการตั้งสมมติฐาน 3) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร 4) ทักษะการทดลอง 5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

2.2.2 กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละทักษะ และสร้างตารางการวิเคราะห์โครงสร้างของแบบวัดตามประเภทของทักษะและนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยใช้แนวทางในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของ Dillashaw และOkey (1980, อ้างถึงในวรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544: 167)

2.2.3 สร้างแบบทดสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อให้ 0 คะแนน คะแนนเต็ม 30 คะแนน

2.2.4 นำแบบวัดที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง พฤติกรรมที่ต้องการวัด และความถูกต้องของภาษา

2.2.5 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาเพื่อหาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานทั้งฉบับ ในด้านความตรงเชิงโครงสร้าง ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และความเหมาะสมของสำนวนภาษาที่ใช้พร้อมทั้งข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม โดยจำนวนข้อของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน จำแนกตามทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	จำนวนข้อ
1) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	6
2) ทักษะการตั้งสมมติฐาน	6
3) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร	6
4) ทักษะการทดลอง	6
5) ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	6
รวม	30

2.2.6 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไข โดยข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา สิ่งที่ปรับปรุง มีดังนี้

1.1) การเลือกใช้คำให้ถูกต้อง เช่น “ขวดโหลใบที่ 1 เป็นน้ำเย็น” จึงแก้ไขเป็น “ขวดโหลใบที่ 1 บรรจุน้ำเย็น” เป็นต้น

1.2) การสะกดคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องทับศัพท์ภาษาอังกฤษควรสะกดให้ถูกต้อง เช่น “เทอร์โมมิเตอร์” แก้ไขเป็น “เทอร์มอมิเตอร์” เป็นต้น

1.3) การเลือกใช้คำให้สื่อความหมาย ข้อคำถามบางข้อควรเลือกใช้คำที่สื่อความได้ชัดเจน เช่น “ปัจจัยใดที่ไม่ต้องจัดให้เหมือนกัน” ควรระบุว่า “ตัวแปรต้น” จะชัดเจนมากกว่า เนื่องจากนักเรียนได้ศึกษาเรื่องตัวแปรต่างๆ แล้ว

1.4) คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ หรือประโยคที่เป็นภาษาอังกฤษควรเขียนเป็นภาษาไทยแต่อาจมีภาษาอังกฤษกำกับควบคู่ด้วย เช่น อัตราเร็ว (speed) เป็นต้น

2) ความถูกต้องของข้อคำถาม โดยข้อคำถามบางข้อมีข้อมูลจากกราฟที่ไม่ถูกต้อง จึงตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และปรับกราฟให้สื่อความหมายได้ชัดเจนขึ้น

3) ความถูกต้องของเนื้อหากับพฤติกรรมที่ต้องการวัด เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน โดยข้อคำถามบางข้อไม่ได้วัดพฤติกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่กำหนด จึงปรับแก้ให้ข้อคำถามนั้นวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่เหมาะสมมากขึ้น เช่น “การจัดการทดลองดังภาพข้างล่างโดยการต้มน้ำให้เดือด แล้วนำกระจกมากั้นไอน้ำเป็นการศึกษาเรื่องใด” เป็นข้อคำถามที่ต้องการวัดทักษะการตั้งสมมติฐาน มากกว่าการวัดทักษะการทดลอง เป็นต้น

2.2.7 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่แก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 35 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด ในด้านความเที่ยง โดยใช้สูตร KR 20 (Brown, 1978:67) โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถามที่ใช้ได้ ต้องมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป แล้วนำไปทดลองใช้อีกครั้งกับนักเรียนกลุ่มเดิม จึงได้คุณภาพของแบบวัดตามเกณฑ์ข้างต้น คือ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.31-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.27-0.72 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.75 (ภาคผนวก ง)

2.3 แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการทางวิศวกรรม

การวิจัยครั้งนี้ได้เขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการทดลอง ซึ่งแบ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสำหรับใช้สอนผู้เรียนกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบทั่วไปใช้สอนผู้เรียนกลุ่มควบคุม ครอบคลุมเนื้อหาเดียวกัน จำนวนแผนเท่ากัน สำหรับใช้ในการเรียนการสอนรวมทั้งสิ้น 13 แผน โดยมีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังต่อไปนี้

2.3.1 ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและแบบทั่วไป รวมถึงเนื้อหาที่ใช้สอน คือ เรื่องกลศาสตร์การเคลื่อนที่ โดยศึกษาจากหนังสือสาระการเรียนรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์ ว 33103 เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

2.3.2 แบ่งเนื้อหาที่สอนแต่ละแผน รวม 13 แผน ใช้เวลาแผนละ 2-3 คาบ (คาบละ 50 นาที) รวมทั้งหมด 33 คาบ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ
1	ปริมาณเชิงกายภาพ	2
2	การรวมเวกเตอร์แบบหางต่อหัว	3
3	การรวมเวกเตอร์แบบหางต่อหาง	3
4	ความหมายและประเภทของแรง	2
5	การหาแรงลัพธ์	3
6	ความหมายและประเภทของแรงเสียดทาน	2
7	การคำนวณขนาดของแรงเสียดทาน	3
8	การเพิ่มและลดแรงเสียดทาน	3
9	ปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่	3
10	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน	2
11	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน	2
12	กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 ของนิวตัน	2
13	การเคลื่อนที่ของวัตถุแบบ 1มิติ 2มิติ และ3มิติ	3
	รวม	33

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.3 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบ ตามเนื้อหาสาระที่กำหนดไว้ให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการสอน รวมทั้งระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม โดยศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม โดยประกอบด้วยขั้นตอนการเรียนการสอน 5 ขั้น กิจกรรมการเรียนการสอนสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอนของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน
1. **ขั้นตั้งคำถาม** (ask)	1) กระตุ้นให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนบทเรียนโดยการใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา 2) กระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ เพื่อนำไปสู่แนวทางแก้ไข
2. **ขั้นจิตนาการวิธีแก้ปัญหา** (imagine)	1) อภิปรายปัญหาที่สนใจศึกษา ถึงการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา 2) ระดมสมองเพื่อหาแนวทางแก้ไข โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา 3) รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาวิธีแก้ปัญหาแบบต่างๆ โดยเชื่อมโยงความรู้จากหลายสาขาวิชา 4) เลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด เพื่อออกแบบการทดลอง
3. **ขั้นวางแผน** (Plan)	1) ระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อออกแบบการทดลองและสร้างสิ่งประดิษฐ์ 2) จัดทำรายการวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ต้องใช้ในการทดลองและขั้นตอนการสร้างสิ่งประดิษฐ์

ตารางที่ 8 (ต่อ) ตารางแสดงขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอนของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอน
4. **ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต** (Create)	1) ทดลองตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ด้วยการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม บันทึกผลที่ได้จากการแก้ปัญหา 2) อภิปรายถึงการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้แก้ปัญหา 3) ระบุประโยชน์ของสิ่งประดิษฐ์ 4) ระบุวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์ที่ออกแบบ
5. **ขั้นปรับปรุง** (Improve)	1) นำเสนอผลการสร้างสิ่งประดิษฐ์ของแต่ละกลุ่ม พร้อมคุณสมบัติและข้อจำกัด เพื่อหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข 2) ประเมินการออกแบบการทดลอง และผลงานของแต่ละกลุ่ม 3) ปรับปรุงการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ของกลุ่มตนเองเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สำหรับกลุ่มควบคุม จัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ในหนังสือการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

2.3.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณา ความสอดคล้องตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และเนื้อหาสาระตลอดจนความเหมาะสมของกิจกรรม

2.3.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาในด้านความตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และเนื้อหาสาระตลอดจนความเหมาะสมของกิจกรรม

2.3.6 นำข้อมูลที่รวบรวมจากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไข โดยสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1) การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ควรเลือกใช้คำที่แสดงพฤติกรรมในจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับเรื่องที่เรียน เช่น “ระบุปริมาณเวกเตอร์และสเกลาร์ได้” เป็นต้น

2) ความถูกต้องของเนื้อหาสาระ ควรเขียนมโนทัศน์เกี่ยวกับปัจจัยที่กำหนดขนาดของแรงสียดทานให้ถูกต้อง คือ “ขนาดของแรงเสียดทานขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวสัมผัส และแรงกดระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ”

3) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

3.1 การเพิ่มกิจกรรมการทดลอง ควรการให้นักเรียนได้ทดลองเพื่อฝึกคิด แก้ปัญหาและฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาตร์มากขึ้น เช่น แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ความหมายและประเภทของแรง ให้นักเรียนประดิษฐ์เครื่องร่อนที่ทำจากกระดาษแล้วให้ตกลงสู่พื้นช้าที่สุด เป็นต้น และเพิ่มการทดลองเป็นครั้งสุดท้ายของการเรียนเพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้แข่งขันออกแบบและทดลองผลงานของตนเอง จึงกำหนดให้นักเรียนแข่งกันประดิษฐ์ที่รดน้ำต้นไม้แบบหมุนจากกระป๋องน้ำอัดลม

3.2 ความเหมาะสมด้านเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ควรเพิ่มเวลาในการสอนแต่ละแผน เพื่อทำให้จัดกิจกรรมในแต่ละแผนได้เหมาะสมกับเวลา

4) การวัดและประเมินผล ควรมีการประเมินกระบวนการปฏิบัติงานและสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนที่ชัดเจน

2.3.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีสภาพใกล้เคียงกับตัวอย่างประชากร เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

3. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมก่อนดำเนินการทดลอง

1.1 เตรียมนักเรียนกลุ่มทดลองโดยใช้เวลา 1 คาบ เพื่อแนะนำการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมต่างๆ ในหัวข้อต่อไปนี้

1.1.1 แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

1.1.2 วัตถุประสงค์ ข้อตกลง และภาระงานต่างๆ ในการเรียนที่ระบุในประมวลรายวิชา (course syllabus)

1.1.3 บทบาทของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

1.2 ทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน เพื่อนำมาเป็นคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม

2. ขั้นดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์กับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 11 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551 โดยขณะดำเนินการสอนได้ปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมให้เหมาะสมกับผู้เรียน ดังต่อไปนี้

2.1 ผู้สอนเป็นผู้วางแผนวิธีการทำกิจกรรม โดยนักเรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลองด้วยตนเอง ผู้สอนจะเตรียมวัสดุอุปกรณ์ไว้ให้นักเรียน ซึ่งคาบแรกของการเก็บข้อมูลนั้น นักเรียนยังไม่สามารถคิดออกแบบการทดลองด้วยตนเองได้ ส่งผลให้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานกว่าที่กำหนด ผู้สอนจึงต้องคอยแนะนำนักเรียนในการออกแบบการทดลอง จากนั้นนักเรียนจึงสามารถวางแผนวิธีการทดลองได้รวดเร็ว และถูกต้องมากขึ้น

2.2 การอภิปรายผลการแก้ปัญหา นักเรียนไม่สามารถอภิปรายให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ได้ ผู้สอนจึงต้องกำหนดหัวข้อคำถามให้นักเรียนอภิปรายตามหัวข้อที่กำหนด และในขณะที่กลุ่มอื่นอภิปราย นักเรียนบางกลุ่มคุยเล่นกัน ผู้สอนจึงต้องให้นักเรียนจดบันทึกการอภิปรายและประเมินผลงานของกลุ่มอื่นๆ ด้วย

2.3 นักเรียนไม่สามารถสรุปกิจกรรมการทดลองว่าได้รับความรู้เกี่ยวกับหลักการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วน ผู้สอนจึงใช้คำถามนำและอธิบายเพิ่มเติมพร้อมกับให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นประกอบ

3. ขั้นหลังทดลอง

เมื่อดำเนินการทดลองสอนครบตามที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ใช้เวลา 90 นาทีและ 50 นาที ตามลำดับ นำคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science: SPSS version 15.0) โดยมีรายละเอียดดังนี้

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย ใช้การหาคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับในด้านความเที่ยงของความสอดคล้องภายใน จากการใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟ่า (Alpha coefficient) ของ Cronbach ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science: SPSS version 15.0)

1.2 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานแบบปรนัย ใช้การหาคุณภาพรายข้อโดยหาความยาก (Level of Difficulty) และอำนาจจำแนก (Power of Discrimination) และหาคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับจากการคำนวณค่าความเที่ยง (Reliability) โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์แบบสอบ (Tap version 6.63)

2) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 วิเคราะห์คะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) หลังทดลองของกลุ่มทดลอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science: SPSS version 15.0) แล้วประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน โดยนำค่าเฉลี่ยร้อยละเทียบกับเกณฑ์ของกรมวิชาการดังตารางที่ 9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของกรมวิชาการ (กรมวิชาการ, 2535: 24)

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	ความหมาย
80 – 100	มีความสามารถอยู่ในระดับดีมาก
70 – 79	มีความสามารถอยู่ในระดับดี
60 – 69	มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง
50 – 59	มีความสามารถอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำสุด
0 – 49	มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์

2.2 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) แบบกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน

2.3 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน หลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) แบบกลุ่มตัวอย่างที่อิสระต่อกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต ได้เก็บข้อมูลทั้งก่อนและหลังการทดลอง โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียนของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนและหลังการเรียนของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมกับกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยมีคะแนนเต็มเท่ากับ 48 คะแนนและ 30 คะแนนตามลำดับ ปรากฏผลดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ตัวแปรตาม	คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$)	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$)
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์	36.28	75.58
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน	25.17	83.90

จากตารางที่ 10 พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองเท่ากับ 75.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 และจัดอยู่ในเกณฑ์ความสามารถระดับดี และคะแนนเฉลี่ยร้อยละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเท่ากับ 83.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 และจัดอยู่ในระดับดีมาก

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียนของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง ปรากฏผลดังตารางที่ 11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ช่วงเวลา	คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	สถิติทดสอบที (t-test)
ก่อนทดลอง	22.20	6.05	
			25.05*
หลังทดลอง	36.28	5.73	

*P < .05

จากตารางที่ 11 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนและหลังการเรียนของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนและหลังการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง ปรากฏผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานก่อนและหลังการเรียนของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ช่วงเวลา	คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	สถิติทดสอบที (t-test)
ก่อนทดลอง	13.28	3.91	
			15.80*
หลังทดลอง	25.17	2.45	

*P < .05

จากตารางที่ 12 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมกับกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมกับกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไป

ตัวแปรตาม	ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์		t-test	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		t-test
กลุ่มตัวอย่าง	$\overline{X}$	S.D.		$\overline{X}$	S.D.	
กลุ่มทดลอง	36.28	5.73		25.17	2.45	
			7.09*			6.17*
กลุ่มควบคุม	22.68	6.91		19.00	4.92	

*P $<$ .05

จากตารางที่ 13 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสาธิต เป็นการวิจัยกึ่งทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หลังการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 2) ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หลังการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 3) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและกลุ่มนักเรียนที่เรียนตามปกติ 4) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มนักเรียนที่มีการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและกลุ่มนักเรียนที่เรียนตามปกติ ประชากรที่ศึกษา คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิต สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 35 คน โดยกำหนดให้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองเรียนโดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป เก็บรวบรวมข้อมูลโดยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้งก่อนและหลังการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และสถิติทดสอบค่าที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 75.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ สูงกว่าร้อยละ 70

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเฉลี่ยร้อยละ 83.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัย แบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และ 2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ซึ่งอภิปรายตามลำดับดังนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 75.58 และสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงว่าการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shields (2006: 1-4d) ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา และมีความกระตือรือร้นในการเรียนเพิ่มมากขึ้น

เนื่องมาจากในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งกระตุ้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ด้วยตนเอง กิจกรรมการเรียนการสอนที่มีความสำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีดังนี้

1) การจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทดลองเพื่อทำให้ได้รับความรู้ผ่านกิจกรรมที่ครูกำหนดสถานการณ์ขึ้น ซึ่งนักเรียนจะต้องแก้ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม กล่าวคือ ขั้นตั้งคำถามนักเรียนได้ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข ขั้นจินตนาการวิธีแก้ปัญหาและขั้นวางแผน นักเรียนมีการกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล และเชื่อมโยงความรู้เพื่อนำมากำหนดวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดและเป็นไปได้อย่างน้อย 1 วิธี รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิตและขั้นปรับปรุง นักเรียนได้นำข้อมูลที่รวบรวม พร้อมด้วยวิธีแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ มาใช้วางแผนขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยการทดลอง สร้างสรรค์ผลผลิต และนำเสนอผลงานของตนเองเพื่อแก้ไขปรับปรุง ขั้นตอนในกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวทำให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไปซึ่งจะได้รับความรู้ผ่านการทดลองต่างๆ ในจำนวนที่น้อยกว่า และเป็นการทดลองที่มีความซับซ้อนไม่มากโดยเป็นการทดลองที่ครูกำหนดวิธีปฏิบัติให้ แล้วนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติทดลองตามแนวทางที่กำหนดไว้ ดังนั้นกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีความแตกต่างจากกิจกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอนแบบทั่วไป โดยจะเน้นให้นักเรียนเป็นผู้คิด วางแผน ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเป็นสำคัญ

2) นักเรียนสร้างสิ่งประดิษฐ์โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดในขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต โดยในขั้นตอนนี้นักเรียนจะต้องใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมอีกครั้ง เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sullivan (2008: 73-94) ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์กับกิจกรรมสร้างหุ่นยนต์ สามารถพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียนอันนำไปสู่ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับ (Museum of Science [MOS], 2007) ที่สรุปได้ว่า การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม จะต้องบูรณาการหลายสหสาขาวิชา โดยนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง จากประสบการณ์จริงในชีวิตประจำวัน เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์โดยการประยุกต์จากเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้อง และช่วยส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบทั่วไปซึ่ง

นักเรียนไม่ได้ฝึกการสร้างสิ่งประดิษฐ์โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนไม่ได้ฝึกพัฒนาการนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาเท่ากับกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเท่าที่ควร

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเฉลี่ยเท่ากับ 83.90 ซึ่งสูงกว่าร้อยละ 70 และสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงว่านักเรียนที่เรียนโดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีกิจกรรมที่สำคัญ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานแก่นักเรียน ดังนี้

1) การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีวัตถุประสงค์สำคัญประการหนึ่ง คือ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมีขั้นตอนต่างๆ ที่นักเรียนต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ขั้นพื้นฐานถึงขั้นผสมผสาน โดยขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการทางวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน สามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานขณะเรียนได้ ดังนี้ ขั้นตั้งคำถาม เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะการสังเกต ขั้นจินตนาการวิธีแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล และเชื่อมโยงความรู้จากหลายๆ สาขาเพื่อกำหนดวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดและเป็นไปได้อย่างน้อย 1 วิธี สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่รวบรวมได้ พร้อมทั้งวิธีแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ นำมาใช้วางแผนขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยใช้การทดลอง ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร และทักษะการทดลอง ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างสรรค์ผลผลิตเพื่อแก้ปัญหาตามแนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะการทดลอง และขั้นปรับปรุงเป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอผลงานของตนเอง แล้วประเมินผลการปฏิบัติตั้งแต่ วิธีการแก้ปัญหา กระบวนการออกแบบทางทดลอง รวมทั้งผลงานที่สร้างขึ้น แล้วปรับปรุงพัฒนาให้ดีขึ้น ช่วยพัฒนาทักษะการตีความและลงข้อสรุป ดังนั้นกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจะฝึกพัฒนาทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานที่ชัดเจนและสม่ำเสมอ มากกว่ากลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนแบบปกติซึ่งจะได้รับการฝึกพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เมื่อเป็นกิจกรรมการทดลองตามที่กำหนดในหนังสือเรียนเท่านั้น

2) นักเรียนได้แก้ปัญหาโดยการทดลองเพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์ตามที่กำหนด ซึ่งขณะที่แก้ปัญหาโดยการสร้างสิ่งประดิษฐ์ นักเรียนจำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงเป็นการพัฒนานักเรียนทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานทั้ง 5 ทักษะในขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต ได้แก่ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความและลงข้อสรุป ซึ่งสนับสนุนผลงานวิจัยของ Thompson and Lyons (2008: 197-211) ที่พบว่าการเรียนการสอนที่เน้นวิศวกรรมในชั้นเรียนสามารถพัฒนาการรับรู้ทางวิศวกรรม ทักษะการออกแบบ และทักษะการทดลองของนักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับ (Museum of Science [MOS], 2007) ที่สรุปได้ว่า การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์โดยการประยุกต์จากเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้อง และช่วยส่งเสริมทักษะที่จำเป็นโดยเฉพาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน

การอภิปรายผลดังกล่าว จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานให้กับนักเรียนได้ อันเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้มาใช้แก้ปัญหาอย่างต่อเนื่องในขั้นตอนต่างๆ ของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนได้ดีกว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีทั่วไป จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ข้อเสนอแนะสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ควรมีการจัดทำเอกสารประกอบหลักสูตรในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เช่น คู่มือครู ประมวลการสอน เป็นต้น เพื่อเป็นการเสนอทางเลือกในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายแก่ครูวิทยาศาสตร์

1.2 ข้อเสนอแนะสำหรับครูวิทยาศาสตร์

ครูวิทยาศาสตร์ควรนำหลักการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ไปใช้ในการวางแผนและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียน ซึ่งเนื้อหาที่เหมาะสมกับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ควรเป็นเนื้อหาที่สามารถออกแบบการทดลองหรือให้นักเรียนนำความรู้นั้นไปใช้สร้างสิ่งประดิษฐ์ได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการดำเนินการวิจัยและผลการวิจัยที่พบในครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

2.1 ควรศึกษาวิจัยการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อื่นๆ เช่น ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม พลังงาน ดาราศาสตร์และอวกาศ เป็นต้น รวมทั้งศึกษาลักษณะของเนื้อหาที่เหมาะสมกับการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

2.2 ควรทำการศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่นอกเหนือจากความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน เช่น การคิดวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ความรู้ มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ ความใฝ่เรียนรู้และความมุ่งมั่นในการทำงาน เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

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

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, สำนักงาน. 2551. **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. 2544. **รายงานการสัมมนา เรื่อง การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542: ข้อคิดจากกรณีศึกษาของต่างประเทศ**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. 2549. **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2550-2554)**. [online] Available from: http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=139.pdf [2009, January 5].

จารุวรรณ ภูละคร. 2531. **เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนเรื่องพลังงานและสารเคมีด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามและโดยครูเป็นผู้ตั้งคำถาม**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณีและคณะ. 2544. **เอกสารการบูรณาการทักษะการคิดซับซ้อน และทักษะการคิดที่เป็นแกนในการเรียนการสอนเนื้อหาสาระ**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทดสอบทางการศึกษา, สำนักงาน. 2551. **ผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2547** [online] Available from: http://bet.obec.go.th/gat_sat/bet_47.pdf [2008, February 16].

พฤกษ์ โปร่งสำโรง.2549. **ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E ในวิชาฟิสิกส์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. 2548. **วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาตุณภาพวิชาการ.

รับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, สำนักงาน. 2549. **สรุปผลการสังเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพภายนอกสถานศึกษา ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (รอบแรก 2544-2548**[online].Available from: http://www.onesqa.or.th/upload/195/FileUpload/1398 2097.pdf [2007, July 25].

วรรณทิพา รอดแรงค้า. 2545. **การประเมินทักษะกระบวนการและการแก้ปัญหา ระดับประถมศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2542. **การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วิชาการ, กรม. 2535. **คู่มือการประเมินผลการเรียน ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภา.

วิทยากร เชียงกูล. 2549. **รายงานสภาวะการศึกษาของไทย ปี 2547/2548 รากเหง้าของปัญหาและแนวทางแก้ไข**. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิจัยและพัฒนาการศึกษา.

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

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2544. **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2546. **คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2548.**รายงานการประเมินสัมฤทธิผลด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2548** [online] Available from: http://www.ipst.ac.th/eval_standard/report_assessment.pdf [2008, February 16].

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

อลิศรา ชูชาติ. 2549. เสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่าน ICT. ในอลิศรา ชูชาติ อมรา รอดดารา สร้อยสน สกลรัตน์(บรรณาธิการ), **นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวปฏิรูปการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุ่นตา นพคุณ. 2535. คิดเป็นและแก้ปัญหาเป็นตามนัยแห่งพระพุทธศาสนา. **วารสารครุศาสตร์**. 20(ตุลาคม – ธันวาคม): 51-60.

เลขาธิการสภาการศึกษา, สำนักงาน. 2548. **รายงานการประเมินการปฏิรูปการเรียนรู้ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน:ผลลัพธ์ด้านผู้เรียน**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

เลขาธิการสภาการศึกษา, สำนักงาน. 2548. **รายงานศักยภาพของคนไทยกับขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาชาติ ปี 2547**. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิก.

ภาษาอังกฤษ

American Association for the Advancement of Science. 2007. **Science process skills**. [online] Available from: htpp://209.85.175.104/search . [2007, December 24].

Bers, M.U. and Portsmore, M. 2005. Teaching Partnerships: Early Childhood and Engineering Students Teaching Math and Science Through Robotics. **Science Education and Technology**. 14(1): 59-73.

Board of Certificated Safety Professionals. (2006). **Manual for writing examination items**. 5th ed. Illinois: BCSP.

Britz, J. and Richard, N. 1993. **Problem solving in the early childhood classroom**. Washington, DC: National Education Association.

Brown, F. G. 1978. **Principles of educational and psychological testing**. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Cunningham .M, Knight, M.,Carlsen, W. and Kelly, G. 2007. Integrating Engineering in Middle and High School Classrooms. **Engineering Education**. 23 (1): 3-8.

Enger,S.K.and Yager,R.E. 2001. **Assessing student understanding in science**. California: Corwin press.

Fay, G. J. 2006. Using a Cycle to Find Solutions. **Sci Teach**. (8): 73.

Gega, P. 1990. **Science in elementary education**. New York: Wiley.

Glaseisfeld, E.V. 1991. **Cognition, construction of knowledge, and teaching**. Synthese.

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

Karen, L.L. 2004. **Process skills for life science**. Available from: http://www.tufts.edu/as/wright_center/products/sci_olympiad/pslsl_training_hammond.pdf. [2009, April 26].

Kemp, J.E. 1996. **Designing Effective Instruction**, 2nd Edition. Upper Prentice-Hall.

Kerlinger,F.N. and Lee,H.B. 2000. **Foundations of Behavioral Research**. California: Wadsworth- Thomson Learning.

Kusland, L.I. and Stone, H.A. 1968. **Teaching children science: an inquiry approach**. Belmont, Calif: Wadsworth.

Leaf, J. 1998. **Scientific problem solving process**. Available from: http://www..tjhsst.edu/~jleaf/probsolve/probsolv.htm [2009, April 26].

Llewellyn, D. 2002. **Inquire within**. United States of America: Corwin Press.

Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education. 2001. **Science and Technology Engineering Curriculum Framework**. [online] Available from: http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2001/standards/strand4.html [2009, April 27].

Miola, A.M. 1990. **Computing tools for Scientific problem Solving**. London: Academic press.

Museum of Science. 2007. **Guiding curricular principles** [online] Available from: http://www.mos.org/eie/guiding_curric.php [2007, November 20].

Museum of Science. 2007. **Engineering is elementary: Engineering for children** [online] Available from: http://www.mos.org/eie/index.php [2007, September 30].

Nitko, A. J. 2004. **Educational assessment of students**. Ohio: Practice Hall.

Quellmalz, E.S. 1985. Needed: Better methods for testing higher-order thinking skills. **Educational Leadership**. 43:28-34.

Roderic, W.L. 2001. **The Design Process**. [online] Available from: http:// www.micron.com/students/engineer/**design**.html. [2009, April 26].

Ruberg, L.and Baro, J. 2003. **Learning and teaching with technology**. New York: Routledge Falmer.

Selly, N. 1997. **Learning and instruction theory into practice**. 3rd Edition. New Jersey: Prentice Hall.

Shields C. 2006. **Engineering our future New Jersey elementary school** [online] Available from: http://www.ciese.org/papers/2006/ASEE_paper_G.doc [2007, November 11].

Solano, G. 2000. Teaching and assessing science process skills in physics. **Science Activities**. 37(1): 31-37.

Sullivan, F.R. 2008. Robotics and Science Literacy: Thinking Skills, Science Process Skills and Systems Understanding. **Science Teaching**. 45(3) (March): 73-94.

Thompson, S and Lyons, J. 2008. Engineers in the Classroom: Their Influence on African-American Students' Perceptions of Engineering. **Sch Sci Math**. 108(5): 197-211.

University of Massachusetts Boston. 2007. **Engineering for K-12** [online] Available from: http://www.massachusetts.edu/stem/engineering_concept.html [2007, September 24].

Welker, E. 2006. **Decision making & problem solving with teens** [Online]. Available from: http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/5000/5301.html[2007, November 7].

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. อาจารย์ ดร.สวัสดิ์ ตันติพันธุ์วดี	ผู้ช่วยผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และรองผู้อำนวยการ ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี
2. อาจารย์ปาริฉัตร พวงมณี	ผู้เชี่ยวชาญศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) อดีตอาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
3. อาจารย์วราภรณ์ ถิรสิริ	ผู้เชี่ยวชาญโครงการสร้างความเข้าใจวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแก่สาธารณชน ศูนย์บริหารจัดการเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) อดีตอาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระชัย ปูรณโชติ	หัวหน้าภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (อาจารย์เกษียณ)
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย เกียรติกมลชัย	อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ธีชวรรณ ญาณุดม	ที่ปรึกษาโครงการนวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อเยาวชน แห่ง KENAN INSTITUTE ASIA

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

1. รองศาสตราจารย์พเยาว์ ยินดีสุข	อาจารย์พิเศษประจำภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ ดร.ประมวล ศิริผันแก้ว	ที่ปรึกษาอาวุโสสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
3. อาจารย์กนกศักดิ์ ทองตั้ง	นักวิชาการสาขามัธยมศึกษาวิทยาศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์
2. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

<u>คำชี้แจง</u>

ให้นักเรียนอ่านเนื้อเรื่องที่กำหนดแล้วตอบคำถามลงในช่องว่าง โดยบอกเหตุผลให้ได้ใจความชัดเจนและสมบูรณ์

♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣

สถานการณ์ที่ 1

เรื่อง ต้นกล้าขอจับลม

ต้นกล้าเป็นเพื่อนสนิทกับแก้ว ทั้งสองต้องย้ายไปอยู่คนละอำเภอ จึงติดต่อกันทางอีเมล์ จนกระทั่งวันหนึ่ง แก้วพบว่าปลาที่เลี้ยงไว้ตายเป็นจำนวนมาก จึงปรึกษากับต้นกล้าว่าจะทำอย่างไรเพื่อจะช่วยชีวิตปลาเหล่านั้น ต้นกล้าจึงคิดที่จะประดิษฐ์ระหัดวิดน้ำ โดยอาศัยพลังงานธรรมชาติซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียนเพื่อทำให้ระหัดวิดน้ำเกิดการหมุน เพื่อเติมออกซิเจนให้กับแหล่งน้ำที่ปลาอาศัยอยู่

1. จงระบุปัญหาที่ต้นกล้าและแก้วต้องการแก้ไข (3 คะแนน)

....

....

....

2. วิธีแก้ปัญหาที่ต้นกล้าและแก้วเลือกใช้คืออะไร (3 คะแนน)

……

……

3. นักเรียนจะมีวิธีแก้ปัญหานี้ โดยการสร้างแบบจำลองนอกเหนือจากวิธีแก้ปัญหาของต้นกล้าและแก้วในข้อ 2 ได้อย่างไร (ระบุมา 2 วิธี) (3 คะแนน)

……

……

……

4. จงเลือกวัสดุ 3 ประเภทเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการประดิษฐ์เป็นใบพัดของระหัดวิดน้ำได้อย่างไร พร้อมระบุเหตุผลที่เลือกวัสดุนั้น (3 คะแนน)

กระดาษฟอยล์	กระดาษ	แผ่นพลาสติกถนอมอาหาร	กระดาษไข	อื่น ๆ

เหตุผลที่เลือกวัสดุดังกล่าว.....

……

……

……

.....

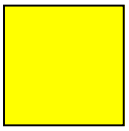
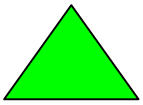
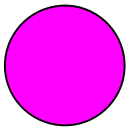
.....

.....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. จงเลือกรูปร่างของวัสดุมา 2 ลักษณะที่จะนำไปประดิษฐ์เป็นใบพัดของระหัดวิดน้ำ (3 คะแนน)

สี่เหลี่ยม	สามเหลี่ยม	วงกลม	อื่นๆ
			

เหตุผลที่เลือกวัสดุดังกล่าว.....

.....

.....

.....

.....

6. ให้นักเรียนวาดภาพระหัดวิดน้ำ พร้อมระบุส่วนต่างๆ ที่สำคัญ 3 ส่วน ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งประดิษฐ์นี้ และระบุลำดับขั้นตอนการประดิษฐ์ระหัดวิดน้ำโดยละเอียด (6 คะแนน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. นักเรียนจะทดสอบประสิทธิภาพของระหัดวิดน้ำที่ได้ออกแบบอย่างไร ระบุ 1 วิธีพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ (ประสิทธิภาพของระหัดวิดน้ำ คือ ความสามารถในการหมุนได้จำนวนรอบมากในเวลาสั้น ความคงทนในการใช้งาน และพื้นที่ผิวของใบพัดในการสัมผัสกับน้ำ) (3 คะแนน)

.....

.....

.....

8. นักเรียนคิดว่าถ้าใช้พลังงานลมในการทำให้ระหัดวิดน้ำเกิดการหมุน ใบพัดของระหัดวิดน้ำควรมีลักษณะใด จึงจะทำให้ใบพัดหมุนได้ดีที่สุด และเพราะเหตุใด (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

****

สถานการณ์ที่ 2

เรื่อง ร้านกาแฟเจ้าปัญหา

วิกและแหวนร่วมกันเปิดธุรกิจร้านกาแฟ ซึ่งตั้งอยู่ใจกลางเมือง ร้านกาแฟของทั้งสองทำด้วยกระจกทั้งหมด และอยู่ติดกับถนนใหญ่ มีรถผ่านไปมาเป็นจำนวนมาก ทำให้มีฝุ่นละออง คราบต่างๆติดที่กระจกของร้านเป็นจำนวนมากทุกวัน จึงต้องคอยทำความสะอาดกระจกวันละหลายครั้ง ทั้งสองจึงคิดประดิษฐ์เครื่องเช็ดกระจก ที่จะช่วยผ่อนแรงและประหยัดเวลาในการเช็ดด้วยแรงงานคน

1. ปัญหาที่วิกและแหวนต้องการแก้ไขคืออะไร (3 คะแนน)

.....

.....

.....

2. วิธีแก้ปัญหาที่วิกและแหวนเลือกใช้คืออะไร (3 คะแนน)

.....

.....

3. นักเรียนจะมีวิธีแก้ปัญหานี้ โดยการสร้างแบบจำลองนอกเหนือจากวิธีแก้ปัญหาของวิกและแหวนในข้อ 2 ได้อย่างไร (ระบุมา 2 วิธี) (3 คะแนน)

……

……

……

……

4. จงเลือกวัสดุ 3 ประเภทเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการประดิษฐ์เป็นเครื่องทำความสะอาดกระจกได้อย่างไร พร้อมระบุเหตุผลที่เลือกวัสดุนั้น (3 คะแนน)

กระดาษหนังสือพิมพ์	**เทปกาว**	**ยางลบ**	**ฟอยล์**	**พู่**	**ลวดกำมะยี่**

เหตุผลที่เลือกวัสดุดังกล่าว.....

……

……

……

.....

.....

……

.....

……

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. จงเลือกลักษณะผิวสัมผัส 2 ลักษณะ เพื่อใช้สร้างเครื่องทำความสะอาดกระจกที่สามารถขจัดฝุ่นละอองและคราบต่างๆ ออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ (3 คะแนน)

เรียบลื่น	**มีขน**	**หยาบ**	**เหนียว**	**อื่น ๆ**

เหตุผลที่เลือกพื้นผิวดังกล่าว.....
.....
.....

6. ให้นักเรียนวาดภาพเครื่องทำความสะอาดกระจก พร้อมระบุส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งประดิษฐ์นี้ และระบุลำดับขั้นตอนการประดิษฐ์เครื่องทำความสะอาดกระจกโดยละเอียด (6 คะแนน)

.
.

.....
.....
.....
.....
.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. นักเรียนจะทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องทำความสะอาดกระจกที่ออกแบบได้อย่างไรบ้าง ระบุมา 1 วิธี พร้อมอธิบายเหตุผล(ประสิทธิภาพของเครื่องทำความสามารถกระจก คือ ความสามารถในการเช็ดคราบต่างๆได้อย่างหมดจดในเวลาอันสั้น โดยกระจกไม่เป็นรอย) (3 คะแนน)

.....

.....

.....

8. นักเรียนคิดว่าเครื่องทำความสะอาดกระจกที่มีลักษณะหัวเช็ดแบบใด จึงจะทำความสะอาดพื้นผิวของกระจกได้ดีที่สุด โดยใช้พลังงานและเวลาน้อยที่สุด พร้อมระบุเหตุผล (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

กระบวนการแก้ปัญหา	เกณฑ์การตรวจให้คะแนน			คะแนน
	3	2	1	
1. **ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข**	ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้อง และเขียนสื่อความได้ชัดเจน	ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้อง แต่เขียนสื่อความไม่ชัดเจน	ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดไม่ถูกต้อง แต่เขียนสื่อความชัดเจน	
2. **รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา**	ระบุวิธีแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้อง และเขียนสื่อความชัดเจน	ระบุวิธีแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้อง แต่เขียนสื่อความไม่ชัดเจน	ระบุวิธีแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดไม่ถูกต้อง และเขียนสื่อความชัดเจน	
3. **คิดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้**	กำหนดวิธีแก้ปัญหาโดยการสร้างสิ่งประดิษฐ์มา 2 วิธีที่เป็นไปได้ และไม่ซ้ำกับวิธีแก้ปัญหาที่กำหนดในสถานการณ์	กำหนดวิธีแก้ปัญหาโดยการสร้างสิ่งประดิษฐ์น้อยกว่า 2 วิธีที่เป็นไปได้ และไม่ซ้ำกับวิธีแก้ปัญหาที่กำหนดในสถานการณ์	กำหนดวิธีแก้ปัญหาโดยการสร้างสิ่งประดิษฐ์ 1-2 วิธีที่เป็นไปได้ แต่ซ้ำกับวิธีแก้ปัญหาที่กำหนดในสถานการณ์	
4. **เลือกกลยุทธ์วางแผนเพื่อแก้ปัญหา**	พิจารณาเลือกประเภทของวัสดุ 3 ประเภท และลักษณะวัสดุ 2 ลักษณะ และระบุเหตุผลครบและชัดเจน	พิจารณาเลือกประเภทของวัสดุ น้อยกว่า 2-3 ประเภท และลักษณะวัสดุ 1 ลักษณะ และระบุเหตุผลครบแต่ไม่ชัดเจน	พิจารณาเลือกประเภทของวัสดุน้อยกว่า 2ประเภท และลักษณะวัสดุ 1 ลักษณะ และระบุเหตุผลไม่ครบและไม่ชัดเจน	
5. **ปฏิบัติตามแผนที่กำหนด**	1. วาดรูปแสดงสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่และระบุลักษณะส่วนประกอบที่สำคัญมากกว่า 3 ส่วน 2. ระบุขั้นตอนการสร้างสิ่งประดิษฐ์โดยละเอียดมีความถูกต้อง และชัดเจนทุกข้อ	1. วาดรูปแสดงสิ่งประดิษฐ์ไม่แปลกใหม่และระบุลักษณะส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน 2. ระบุขั้นตอนการสร้างสิ่งประดิษฐ์ไม่ละเอียด มีความถูกต้อง และชัดเจนอย่างน้อย 2 ข้อ	1. วาดรูปแสดงสิ่งประดิษฐ์ไม่แปลกใหม่และระบุลักษณะส่วนประกอบที่สำคัญ 1 ส่วน 2. ระบุขั้นตอนการสร้างสิ่งประดิษฐ์ไม่ละเอียด มีความถูกต้อง และชัดเจนไม่ถึง 2 ข้อ	
6. **ประเมินผลการแก้ปัญหา**	1. กำหนดวิธีทดสอบคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์ตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 วิธี และอธิบายเหตุผลครบและชัดเจน 2.อธิบายลักษณะที่ดีของสิ่งประดิษฐ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด และระบุเหตุผลครบและชัดเจน	1.กำหนดวิธีทดสอบคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์ตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 วิธี และอธิบายเหตุผลครบแต่ไม่ชัดเจน 2.อธิบายลักษณะที่ดีของสิ่งประดิษฐ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด และระบุเหตุผลครบแต่ไม่ชัดเจน	1.กำหนดวิธีทดสอบคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์ตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 วิธี และอธิบายเหตุผลไม่ครบและไม่ชัดเจน 2. อธิบายลักษณะที่ดีของสิ่งประดิษฐ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด และระบุเหตุผลไม่ครบและไม่ชัดเจน	
รวม				

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣♣

1. เจ้าของโรงงานรถยนต์ต้องการประดิษฐ์รถยนต์ที่ประหยัดพลังงาน เขาจึงศึกษาตัวแปรที่อาจมีผลต่อระยะทางที่รถยนต์วิ่งได้ต่อปริมาณของน้ำมัน 1 ลิตร ตัวแปรใดมีผลต่อระยะทางที่รถยนต์วิ่งได้ต่อปริมาณของน้ำมัน 1 ลิตร **(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)**

ก. น้ำหนักของรถ	สีของรถ	ชนิดของน้ำมัน
ข. ขนาดของเครื่องยนต์	น้ำหนักของรถยนต์	ชนิดของน้ำมัน
ค. ขนาดของล้อ	ขนาดของเครื่องยนต์	น้ำหนักของรถยนต์
ง. ชนิดของน้ำมัน	ขนาดของล้อ	จำนวนผู้โดยสาร

2. เจ้าหน้าที่ตำรวจต้องการศึกษาการลดอัตราเร็วของรถยนต์ที่แล่นบนถนน เขาคิดว่ามีหลายสาเหตุที่มีผลต่ออัตราเร็วของรถยนต์ที่แล่นบนท้องถนน สมมติฐานข้อใดที่เขาควรทำการทดสอบ **(ทักษะการตั้งสมมติฐาน)**

ก. รถที่มีเครื่องยนต์เก่ามาก จะทำให้เกิดอุบัติเหตุมากขึ้น

ข. คนขับรถที่มีอายุน้อยจะขับรถเร็วกว่าคนขับรถที่มีอายุมาก

ค. ผู้โดยสารจะบาดเจ็บน้อยลง เมื่อโดยสารรถยนต์ขนาดใหญ่ขึ้น

ง. คนขับรถจะปฏิบัติตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัด เมื่อมีตำรวจทางหลวงมากขึ้น

3. แต๋มต้องการศึกษาขนาดของล้อรถที่มีผลต่อความคล่องตัวในการหมุนของล้อนั้น ครั้งแรกเขาทำการทดลองโดยใส่ล้อรถขนาดใหญ่เข้าไปในเกวียน และปล่อยให้เกวียนเคลื่อนที่ลงมาจากที่สูงชันจากนั้นใช้เกวียนคันเดิม แต่เปลี่ยนล้อให้มีขนาดเล็กลง และปล่อยให้เกวียนเคลื่อนที่ลงมาจากที่สูงชันที่เดิม แต๋มจะวัดความคล่องตัวในการหมุนของล้อนั้นได้อย่างไร **(ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร)**

ก. วัดระยะทางและเวลาทั้งหมดที่เกวียนวิ่งไป

ข. วัดมุมเงยของที่สูงชันและแรงที่ทำให้เกวียนวิ่งไป

ค. วัดขนาดและมวลของล้อรถในการทดลองแต่ละครั้ง

ง. วัดมวลและหาน้ำหนักของเกวียนแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง

4. กล้าคิดว่าถ้าเพิ่มความดันอากาศในลูกบาสเกตบอลให้มากขึ้น จะทำให้ลูกบาสเกตบอลกระเด้งสูงขึ้น เพื่อทดสอบสมมติฐานนี้เขาจึงสูบอากาศเข้าไปในลูกบาสเกตบอล กล้าจะทำการทดสอบสมมติฐานของเขาอย่างไร **(ทักษะการทดลอง)**

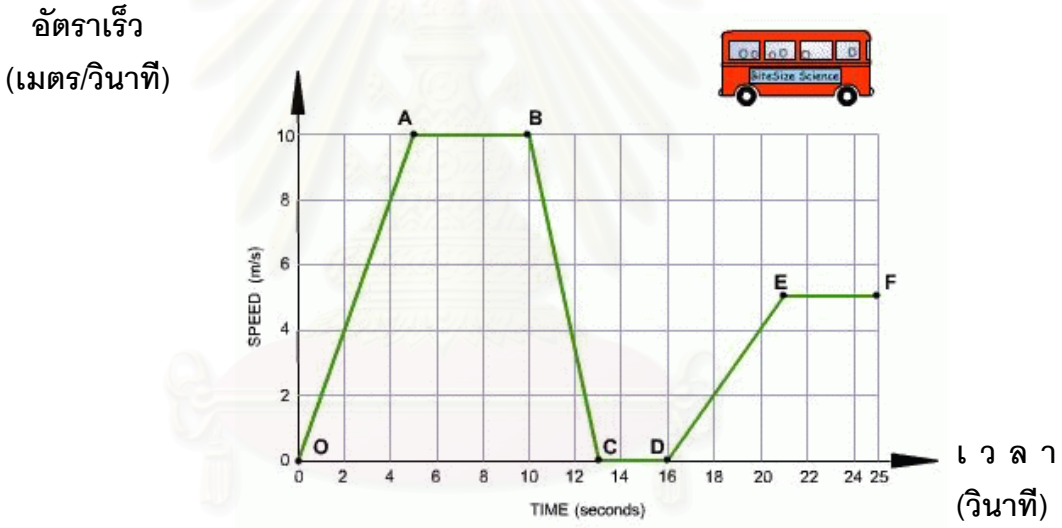
ก. ปล่อยลูกบาสเกตบอลด้วยแรงที่แตกต่างกันจากระดับเดียวกัน

ข. ปล่อยลูกบาสเกตบอลด้วยแรงที่เท่ากันจากระดับความสูงที่แตกต่างกัน

ค. ปล่อยลูกบาสเกตบอลที่ภายในมีความดันอากาศแตกต่างกัน จากระดับเดียวกัน

ง. ปล่อยลูกบาสเกตบอลที่ภายในมีความดันอากาศเท่ากัน โดยทำมุมต่างๆ จากพื้นห้อง

5. จิ๋วทดลองประสิทธิภาพของรถที่ผลิตจากกระป๋องน้ำอัดลม โดยหาอัตราเร็วที่รถวิ่งได้ในวินาทีต่างๆ นำข้อมูลที่ได้มาแสดงในรูปของกราฟข้างล่าง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการทดลองของจิ๋วคืออะไร **(ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป)**



ก. ช่วง A ถึง B เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของรถเพิ่มขึ้นในอัตราคงตัว

ข. ช่วง O ถึง A เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของรถเพิ่มขึ้นในอัตราคงตัว

ค. ช่วง C ถึง D เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของรถลดลงในอัตราคงตัว

ง. ช่วง B ถึง E เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อัตราเร็วของรถลดลงและเพิ่มขึ้นในอัตราคงตัว

\

6. เก่งต้องการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่า “ของเหลวต่างชนิดกัน ระเหยได้ไม่เท่ากัน” เขาจะเตรียมการทดลองอย่างไร **(ทักษะการทดลอง)**

ก. ใส่ของเหลวชนิดเดียวกันปริมาตรเท่ากัน ลงในภาชนะขนาดเท่ากัน

ข. ใส่ของเหลวชนิดเดียวกันปริมาตรต่างกัน ลงในภาชนะขนาดต่างกัน

ค. ใส่ของเหลวต่างชนิดกันปริมาตรเท่ากัน ลงในภาชนะขนาดเท่ากัน

ง. ใส่ของเหลวต่างชนิดกันปริมาตรต่างกัน ลงในภาชนะขนาดต่างกัน

7. ชินศึกษากฎของฮุค เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างระยะยืดของวัตถุกับแรงที่ใช้ยืดวัตถุโดยใช้ตาชั่งสปริง (Spring Balance) เกี่ยวกับขดลวด แล้วเพิ่มแรงดึงขดลวดไปจนไม่สามารถยืดขดลวดได้อีก ข้อใดคือสมมติฐานในการทดลองของชิน **(ทักษะการตั้งสมมติฐาน)**

ก. ยิ่งเพิ่มแรงดึงสูงสุด จะทำให้ขดลวดสปริงยืดออกเพิ่มขึ้นไม่สิ้นสุด

ข. ยิ่งเพิ่มแรงดึงสูงสุด จะทำให้ขดลวดสปริงยืดออกเพิ่มขึ้นแล้วกลับสู่สภาพเดิมได้

ค. ระยะยืดของวัตถุแปรผันตามแรงที่ใช้ยืดวัตถุ เมื่อถึงแรงค่าหนึ่งวัตถุจะไม่กลับคืนสู่สภาพเดิม

ง. ระยะยืดของวัตถุแปรผันตามแรงที่ใช้ยืดวัตถุ เมื่อถึงแรงค่าหนึ่งวัตถุจะกลับคืนสู่สภาพเดิม

8. นักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ของโรงเรียนแห่งหนึ่งต้องการทดสอบสมมติฐานที่ว่า “ของเหลวต่างชนิดกัน มีความสามารถในการรับและคายความร้อนได้ไม่เท่ากัน” จึงเลือกใช้น้ำมันพืช น้ำโคลน และน้ำประปาในการทดลอง ปัจจัยข้อใดคือตัวแปรต้น **(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)**

ก. ปริมาณของเหลว ข. สถานที่วางของเหลว

ค. ภาชนะที่ใส่ของเหลว ง. ระยะเวลาในการลดลงของอุณหภูมิ

9. อาจารย์ลมกรด ต้องการคัดเลือกนักเรียนที่มีสมรรถภาพ เพื่อเป็นตัวแทนของโรงเรียนในการแข่งขันกีฬาสาธิตฯ สามัคคี เขาจึงทำการคัดเลือกโดยให้นักเรียนวิ่งในสนามเป็นระยะทาง 100 เมตร โดยเริ่มวิ่งจากจุดเดียวกัน จับเวลาที่แต่ละคนใช้ในการวิ่ง คำว่า “สมรรถภาพ” ในการทดสอบครั้งนี้สามารถสังเกตได้จากข้อใด **(ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร)**

ก. ระยะทางที่นักเรียนแต่ละคนวิ่งในเวลาที่ต่างกัน

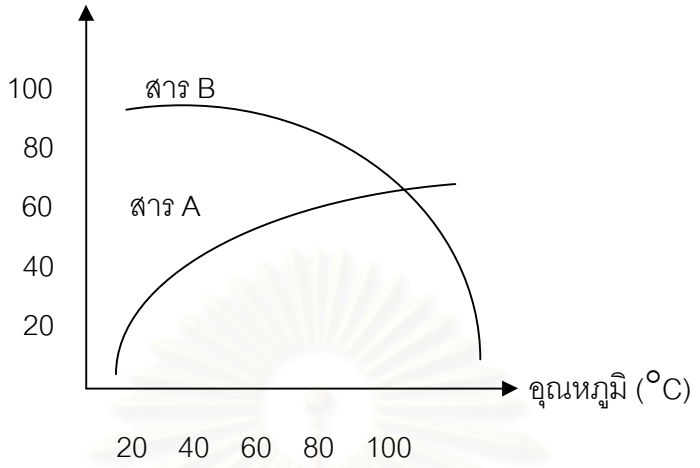
ข. ระยะทางที่นักเรียนแต่ละคนวิ่งในเวลาที่เท่ากัน

ค. เวลาที่นักเรียนแต่ละคนวิ่งในระยะทางที่ต่างกัน

ง. เวลาที่นักเรียนแต่ละคนวิ่งในระยะทางที่เท่ากัน

10. กราฟแสดงปริมาณสูงสุดของการละลายของสาร A และสาร B ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่างๆ กัน

ปริมาณสูงที่สุดของสารที่ละลายในน้ำ 100 กรัม



จากกราฟที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สารใดจะละลายได้มากกว่ากัน **(ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป)**

ก. สาร A ละลายได้มากกว่า 30 กรัม

ข. สาร A ละลายได้มากกว่า 20 กรัม

ค. สาร B ละลายได้มากกว่า 30 กรัม

ง. สาร B ละลายได้มากกว่า 20 กรัม

11. หวายเป็นนักสเก็ตน้ำแข็งที่ต้องการทราบว่า เมื่อกางแขนหรือขาขณะทำท่าหมุนตัวจะทำให้อัตราเร็วในการหมุนมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หวายจะตั้งสมมติฐานตามข้อใด **(ทักษะการตั้งสมมติฐาน)**

ก. การกางแขนหรือขาขณะหมุนตัว จะทำให้อัตราเร็วในการหมุนลดลง

ข. การกางแขนหรือขาขณะหมุนตัว จะทำให้นักสเก็ตน้ำแข็งทรงตัวดีขึ้น

ค. การกางแขนหรือขาขณะหมุนตัว จะทำให้จุดศูนย์รวมมวลไม่ออกนอกฐาน

ง. การกางแขนหรือขาขณะหมุนตัว จะทำให้นักสเก็ตน้ำแข็งหมุนตัวได้อย่างสวยงาม

12. น้ำสนใจศึกษาเกี่ยวกับวัตถุที่นำไฟฟ้าได้ โดยนำวัตถุชนิดต่างๆ เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม เงิน เป็นต้น ต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า ในการทดลองนี้การนำไฟฟ้าวัดได้จากสิ่งใดเหมาะสมที่สุด **(ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร)**

ก. ความสว่างของหลอดไฟที่ต่อกับวงจร

ข. ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัตถุนั้นได้

ค. จำนวนอิเล็กตรอนที่ไม่สามารถวิ่งผ่านวัตถุนั้นได้

ง. ความต้านทานกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในวงจร

13. คิวทำการทดลองโดยการนำสาร A, B และ C มาละลายในน้ำและละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิเดียวกันในหลอดทดลอง แสดงว่าคิวต้องการตรวจสอบสมมติฐานข้อใด **(ทักษะการตั้งสมมติฐาน)**

ก. สารชนิดใดละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ได้มากที่สุด

ข. ที่อุณหภูมิเดียวกัน สาร A, B และ C ละลายน้ำได้เท่ากันหรือไม่

ค. สาร A, B และ C ละลายน้ำหรือเอทิลแอลกอฮอล์ได้ดีกว่ากัน

ง. อุณหภูมิมีผลต่อการละลายน้ำและเอทิลแอลกอฮอล์ของสาร A, B และ C หรือไม่

14. หน่อยต้มน้ำให้เดือด แล้วนำกระจกมากั้นละอองน้ำที่พุ่งออกมาจากพวยกาต้มน้ำ เป็นการทดลองเรื่องใด **(ทักษะการทดลอง)**

ก. เมฆเกิดขึ้นได้อย่างไร

ข. ฝนเกิดขึ้นได้อย่างไร

ค. ไอน้ำและหยดน้ำเกิดขึ้นได้อย่างไร

ง. การควบแน่นของไอน้ำเป็นอย่างไร

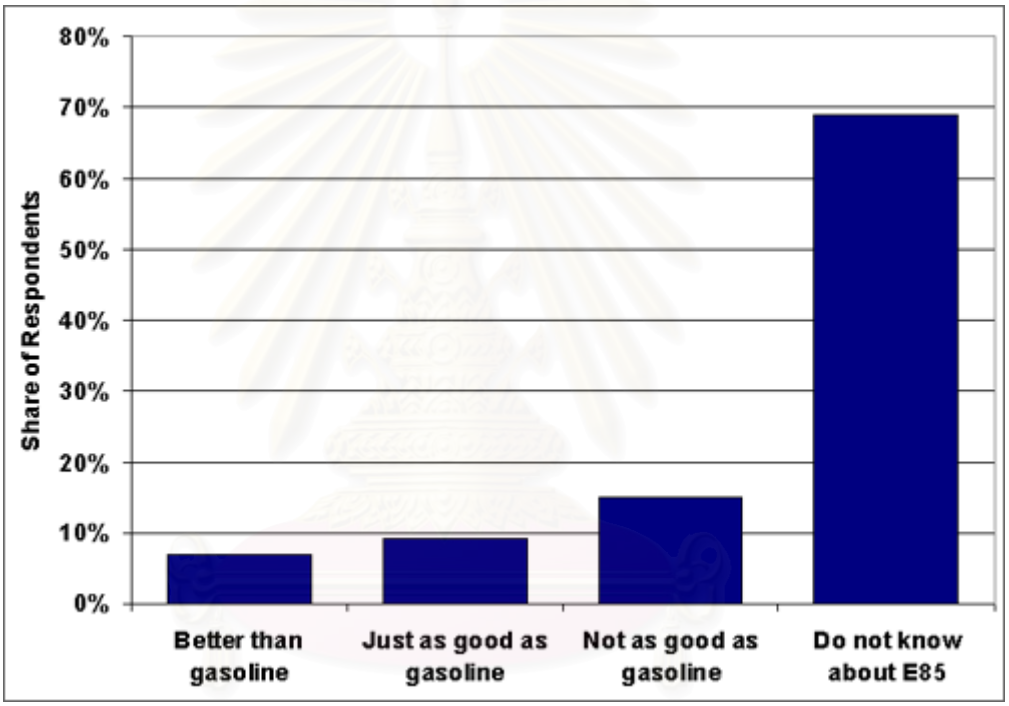
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15. พีคต้องการศึกษาว่าน้ำเย็นกับน้ำอุ่นมีความหนาแน่นเท่ากันหรือไม่ จึงนำน้ำเย็นใส่ลงในลูกโป่ง 2 ใบ แล้วนำไปใส่ลงในขวดโหลใบที่ 1 ซึ่งบรรจุน้ำเย็น และขวดโหลใบที่ 2 ซึ่งบรรจุน้ำอุ่น ตลอดการทดลองดังกล่าว สิ่งใดต่อไปนี้คือตัวแปรต้น **(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)**

ก. ปริมาณน้ำที่ใส่ลงในลูกโป่ง ข. ปริมาณน้ำที่ใส่ในขวดโหล

ค. ลักษณะของขวดโหล ง. อุณหภูมิของน้ำในขวดโหล

ใช้กราฟแสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงาน E85 ของประชาชนในกรุงเทพ ดังข้างล่าง เพื่อตอบคำถามข้อที่ 16



16. ข้อใดแปลความหมายจากกราฟได้ถูกต้องที่สุด **(ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป)**

ก. กลุ่มคนที่ไม่รู้จัก E85 มีมากกว่ากลุ่มคนที่รู้จัก E85 ไม่ถึงร้อยละ 50

ข. กลุ่มคนที่รู้จัก E85 เป็นอย่างดี คิดเป็นร้อยละ 10 ของกลุ่มคนทั้งหมด

ค. กลุ่มคนที่รู้จัก E85 เมื่อรวมกันแล้ว คิดเป็นร้อยละ 31 ของกลุ่มคนทั้งหมด

ง. กลุ่มคนที่ไม่รู้จัก E85 มีมากกว่าครึ่งหนึ่งของกลุ่มคนที่แสดงความคิดเห็น

17. วิกใช้ตาชั่งสปริงวัดหาแรงที่ใช้ในการยกหนังสือขึ้นในแนวดิ่งสูงจากพื้น 20 เซนติเมตร และใช้ตาชั่งสปริงวัดหาแรงที่ใช้ในการยกหนังสือขึ้นในแนวดิ่งเป็นระยะทางเท่าเดิม แต่ใช้ไม้วางพาดจากพื้นซึ่งยาว 20 เซนติเมตร และ 40 เซนติเมตร ตามลำดับ เพื่อยกหนังสือไปไว้ในที่สูงตามที่กำหนด ข้อใดคือสมมติฐานที่วิกต้องการทดสอบ

(ทักษะการตั้งสมมติฐาน)

ก. ถ้าลากวัตถุขึ้นตามแนวพื้นเอียงที่มีระยะทางใดๆ แรงที่ใช้ในการลากวัตถุจะมากขึ้น

ข. ถ้าลากวัตถุขึ้นตามแนวพื้นเอียงที่มีระยะทางใดๆ แรงที่ใช้ในการลากวัตถุจะเท่าเดิม

ค. ถ้าลากวัตถุขึ้นตามแนวพื้นเอียงที่มีระยะทางมากๆ แรงในการลากวัตถุจะน้อยลง

ง. ถ้าลากกวัตถุขึ้นตามแนวพื้นเอียงที่มีระยะทางน้อยๆ แรงในการลากวัตถุจะน้อยลง

18. เกรซต้องการวัดความรู้ของเพื่อนๆ เกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จะวัดตามข้อใดดีที่สุด **(ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร)**

ก. ระบุนิยามของกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันได้อย่างถูกต้อง

ข. เขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันได้ถูกต้อง

ค. หาข้อมูลทางอินเตอร์เน็ตเกี่ยบกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันได้ถูกต้อง

ง. นำกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันมาอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่กำหนดได้ถูกต้อง

19. พายุต้องการทดสอบว่าไข่ไก่และไข่เป็ดในตะกร้าจำนวน 20 ฟอง ไข่ใบใดเป็นไข่ดิบหรือไข่สุก จึงลองหมุนไข่ทีละฟอง แล้วสังเกตการหมุนของไข่ที่เกิดขึ้น เพื่อสรุปว่าไข่ไก่ใบใดเป็นไข่สุกหรือไข่ดิบ การทดลองนี้ตัวแปรอิสระคือข้อใด

(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)

ก. ประเภทของไข่ (ไข่สุกหรือไข่ดิบ)　　ข. ชนิดของไข่ (ไข่เป็ดหรือไข่ไก่)

ค. ลักษณะการหมุนของไข่　　ง. โต๊ะที่ใช้หมุนไข่

20. ป๋องต้องการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า “วัตถุยิ่งมีน้ำหนักมากจะตกถึงพื้นได้เร็วขึ้น” เขาควรทำการทดลองตามข้อใดเพื่อทดสอบสมมติฐานดังกล่าว **(ทักษะการทดลอง)**

ก. นำก้อนหิน 2 ก้อน หนักเท่ากัน แล้วปล่อยให้ก้อนหินทั้ง 2 ตกจากตึกสูง 10 เมตรในเวลาเดียวกัน จับเวลาที่ก้อนหินทั้งสองตกถึงพื้น

ข. ปล่อยกระดาษ 2 แผ่น ขนาดเท่ากัน ในเวลาต่างกัน จากตึกสูง 10 เมตร จับเวลาที่แผ่นกระดาษทั้งสองตกถึงพื้น

ค. นำถุงทราย 2 ถุง หนักไม่เท่ากัน ทิ้งจากตึกสูง 10 เมตร ในเวลาเดียวกัน จับเวลาที่ถุงทรายทั้งสองตกถึงพื้น

ง. หย่อนขนนก 2 ชิ้น หนักไม่เท่ากัน จากตึกสูง 10 เมตร และ 20 เมตร ตามลำดับ ในเวลาเดียวกัน จับเวลาที่ขนนกทั้งสองตกถึงพื้น

21. นวลต้องการหาองค์ประกอบของน้ำหมึกสีดำ จึงตัดสินใจเลือกใช้วิธีโครมาโทกราฟี แต่ไม่แน่ใจว่าหมึกสีดำจะละลายได้ในตัวทำละลายชนิดใด นวลจึงเลือกใช้น้ำและแอลกอฮอร์เป็นตัวทำละลาย พร้อมทั้งใช้กระดาษกรองเป็นตัวดูดซับ ผลปรากฏว่าได้สารที่มีสีแยกออกมาเป็นสาร A B และ C ตามลำดับ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง **(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)**

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม
ก. ความยาวของกระดาษกรอง	ตัวทำละลาย
ข. ชนิดของตัวทำละลาย	องค์ประกอบของน้ำหมึกสีดำ
ค. สีที่แยกออกมาบนกระดาษกรอง	ความยาวของกระดาษกรอง
ง. ชนิดของกระดาษกรอง	ตัวละลาย

22. ภาชนะลักษณะเดียวกัน 3 ใบ คือ A B และ C บรรจุน้ำในปริมาตรที่เท่าๆกัน แล้วตัดกล้วยเล็บมือนาง กล้วยน้ำว้าดิบ และกล้วยหอมอย่างละ 1 ชิ้น ให้มีมวลเท่าๆกัน ลักษณะใกล้เคียงกัน หย่อนลงในภาชนะแต่ละใบ ข้อใดคือสมมติฐานที่เป็นไปได้ของการทดลองนี้ **(ทักษะการตั้งสมมติฐาน)**

ก. ลักษณะการใส่กล้วยลงในภาชนะมีผลต่อการลอยหรือจมน้ำ

ข. ปริมาณน้ำตาลในกล้วยมีผลต่อการลอยหรือจมน้ำ

ค. รูปร่างของกล้วยมีผลต่อการลอยหรือจมน้ำ

ง. ชนิดของกล้วยมีผลต่อการลอยหรือจมน้ำ

23. ชาวสวนต้องการวัดความเร็วลม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อผลไม้ภายในสวน เขาจะวัดความเร็วลมได้**<u>ยกเว้น</u>**ข้อใด **(ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร)**

ก. สังเกตการไหวของกิ่งไม้

ข. สังเกตควันไฟที่ลอยขึ้นตรงๆ

ค. สังเกตต้นไม้ขนาดเล็กไหว

ง. สังเกตการบินกลับของนก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

24. รุดต้องการศึกษาเกี่ยวกับแหล่งกักเก็บน้ำที่อยู่ในหินภายใต้ชั้นดินทั่วไป ซึ่งรุดสงสัยว่าหินพัมมิซเป็นของแข็งที่มีรูเล็กๆ อยู่ทั่วไป รูเล็กๆเหล่านี้อาจมีน้ำ หรือน้ำมัน หรือแก๊สเหลวอยู่ภายในน้ำมัน แก๊สธรรมชาติ และน้ำบาดาลที่เรานำมาใช้อาจมาจากหินที่อยู่ในสภาพนี้ จะทดสอบได้ตามข้อใด **(ทักษะการทดลอง)**

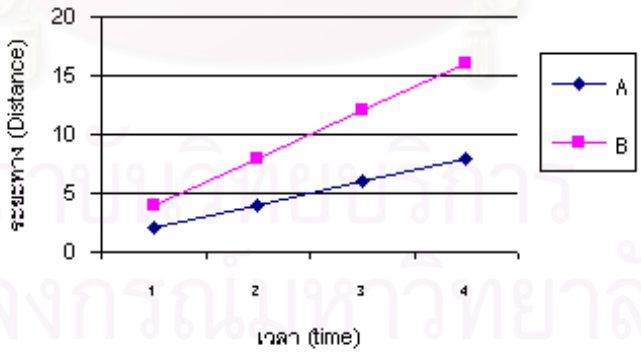
ก. นำแผ่นกระเบื้องปูพื้นมาชั่งหาน้ำหนัก แล้วนำไปแช่น้ำโดยใช้ระยะเวลาต่างๆ กัน แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักอีกครั้ง

ข. นำดินเหนียวตากแห้งมาชั่งหาน้ำหนัก แล้วนำไปแช่น้ำโดยใช้ระยะเวลาต่างๆ กัน แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักอีกครั้ง

ค. นำชอล์กเขียนกระดานมาชั่งหาน้ำหนัก แล้วนำไปแช่น้ำโดยใช้ระยะเวลาต่างๆ กัน แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักอีกครั้ง

ง. นำก้อนกรวดมาชั่งหาน้ำหนัก แล้วนำไปแช่น้ำโดยใช้ระยะเวลาต่างๆ กัน แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักอีกครั้ง

25. กราฟแสดงการเคลื่อนที่ของรถไฟฟ้าตอนกลางวันซึ่งรถไฟฟ้าวิ่งเร็ว กับตอนกลางคืนรถไฟฟ้าจะวิ่งช้าลงโดยรถไฟฟ้าไม่จอดรับ-ส่งผู้โดยสาร นักเรียนคิดว่ารถไฟฟ้าตอนกลางวันตรงกับกราฟเส้น A หรือ B เพราะเหตุใด **(ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป)**



ก. เส้น A เพราะในหนึ่งหน่วยเวลารถไฟฟ้าวิ่งได้ระยะทางมากกว่าจึงมีความเร็วมากกว่า

ข. เส้น A เพราะในหนึ่งหน่วยเวลารถไฟฟ้าวิ่งได้ระยะทางน้อยกว่าจึงมีความเร็วมากกว่า

ค. เส้น B เพราะในหนึ่งหน่วยเวลารถไฟฟ้าวิ่งได้ระยะทางมากกว่าจึงมีความเร็วมากกว่า

ง. เส้น B เพราะในหนึ่งหน่วยเวลารถไฟฟ้าวิ่งได้ระยะทางน้อยกว่าจึงมีความเร็วมากกว่า

26. ผู้ฝึกสอนฟุตบอลทีมหนึ่งพบว่า ผู้เล่นในทีมทุกคนมีทักษะการเล่นฟุตบอลที่ดีแต่ขาดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ข้อใดคือตัวแปรที่น่าจะมีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ **(ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)**

ก. ความสนใจในการเล่นฟุตบอลของผู้เล่น

ข. จำนวนครั้งของการยกน้ำหนักในแต่ละวัน

ค. ระยะเวลาของการฝึกซ้อมฟุตบอลในแต่ละวัน

ง. อุปกรณ์การฝึกซ้อมทักษะต่างๆ เกี่ยวกับฟุตบอล

27. ภูริทำการทดลองโดยนำปริซึมมาวางหน้ากระดาษสีขาว แล้วนำไปวางให้แสงแดดส่องผ่านปริซึม ใช้เทอร์มอมิเตอร์วางไว้ที่แถบแสงสีต่างๆแถบละ 1 อัน แล้ววางเทอร์มอมิเตอร์หลังแถบสีแดง 3 อัน สุดท้ายวางเทอร์โมมิเตอร์หลังแถบสีม่วง 3 อัน โดยเว้นระยะห่างของเทอร์มอมิเตอร์แต่ละอันพอประมาณ เขาทำการจดบันทึกอุณหภูมิเมื่อวางไว้เป็นเวลา 30 นาที ข้อใดคือสมมติฐานที่ภูริต้องการทดสอบ **(ทักษะการตั้งสมมติฐาน)**

ก. แสงขาวสามารถเปลี่ยนเป็นรังสีใดก็ได้

ข. แสงขาวมีอุณหภูมิในแต่ละแถบสีไม่เท่ากัน

ค.รังสีที่อยู่หลังแถบสีแดงและสีม่วง มีจริงแต่มองไม่เห็น

ง. รังสีที่อยู่หลังแถบสีแดงและสีม่วงมีจริงหรือไม่ และเป็นรังสีชนิดใด

28. โบนัสกำลังทดลองทำไม้อัดจากเศษกระดาษเหลือใช้ชนิดต่างๆ และต้องการทำการทดสอบว่ากระดาษชนิดใดเมื่อทำเป็นไม้อัดแล้วจะมีความแข็งแรงที่สุด ข้อใดคือนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า “ความแข็งแรง” เหมาะสมที่สุด **(ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร)**

ก. ไม้อัดไม่แตกหักง่าย สามารถรองรับน้ำหนักต่างๆ ได้ดี

ข. ไม้อัดไม่เปราะเมื่อนำไปเลื่อยเพื่อใช้ในงานประดิษฐ์ต่างๆ

ค. ไม้อัดมีเนื้อไม้เรียงตัวกันเป็นระเบียบ ลายไม้สวยงาม กันน้ำได้ดี

ง. ไม้อัดไม่แตกหักเมื่อวางบนเครื่องอัดที่มีก้อนน้ำหนักมากกว่าสองกิโลกรัมขึ้นไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

29. เด็กชายข้ามเขตต์สนใจจะศึกษาว่าเขตไหนของเมืองมีฝุ่นละอองมากที่สุด จะทำการทดลองตามข้อใดเหมาะสมที่สุด (**ทักษะการทดลอง**)

ก. สร้างอุปกรณ์ดักจับฝุ่นละออง/ เลือกสถานที่ของเมือง/ บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับความแตกต่างของสภาพอากาศ/ ตรวจวัดฝุ่นละอองที่ดักเก็บได้

ข. สร้างอุปกรณ์ดักจับฝุ่นละออง/ เลือกสถานที่ของเมือง/ ตรวจวัดฝุ่นละอองที่ดักเก็บได้/ บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับความแตกต่างของสภาพอากาศ

ค. เลือกสถานที่ของเมือง/ สร้างอุปกรณ์ดักจับฝุ่นละออง/ ตรวจวัดฝุ่นละอองที่ดักเก็บได้/ บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับความแตกต่างของสภาพอากาศ

ง. บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับความแตกต่างของสภาพอากาศ/ สร้างอุปกรณ์ดักจับฝุ่นละออง/ เลือกสถานที่ของเมือง/ ตรวจวัดฝุ่นละอองที่ดักเก็บได้

30. โป๊ะสนใจศึกษาประสิทธิภาพการฉุดลากกับการลื่นไถลของล้อ ในรถแทรกเตอร์ขับเคลื่อน 2 ล้อ ชนิดล้อยางบนพื้นผิวประเภทต่าง ๆ โดยได้ข้อมูลดังแสดงในกราฟด้านล่าง โป๊ะจะเลือกพื้นผิวแบบใดและเพราะเหตุใดในการใช้รถแทรกเตอร์นี้เพื่อให้เกิดแรงเสียดทานน้อยที่สุดและได้งานมากที่สุด (**ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป**)

ประสิทธิภาพการฉุดลาก

การลื่นไถลของล้อ (ร้อยละ)

ก. พื้นคอนกรีต เพราะประสิทธิภาพการฉุดลากมีมากที่สุด การลื่นไถลของล้อมีมาก

ข. พื้นดินเปียก เพราะประสิทธิภาพการฉุดลากมีมากที่สุด การลื่นไถลของล้อมีน้อย

ค. พื้นดินแห้ง เพราะประสิทธิภาพการฉุดลากมีมากที่สุด การลื่นไถลของล้อมีมาก

ง. พื้นทราย เพราะประสิทธิภาพการฉุดลากมีมากที่สุด การลื่นไถลของล้อมีน้อย

****

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างที่ 1
แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

วิชาวิทยาศาสตร์ 3 (ว33103) **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 3
เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน **เวลา** 100 **นาที**
ภาคเรียนที่ 1 **ปีการศึกษา** 2551

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

1. อธิบายความหมายของกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้
2. ยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับกฎหารเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้

1. อธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้
2. คำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้
3. ทำกิจกรรมปฏิบัติโดยการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อหาคำตอบได้
4. สร้างสิ่งประดิษฐ์จากการนำความรู้เรื่องกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

<u>แนวคิดหลัก</u>

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

"ถ้ามีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่โดยมีความเร่งในทิศเดียวกับ ทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ และความเร่งที่เกิดขึ้นเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในขณะที่มวลคงที่ และเป็นปฏิภาคผกผันกับมวลของวัตถุ ในขณะที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุคงที่"

โดย $\vec{a}$ คือ ความเร่งของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที^{2}

m คือ มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

$\vec{F}$ คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน

ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง เป็นไปตามสมการดังนี้

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

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. **ขั้นตั้งคำถาม (ask)** (5 นาที)

1.1 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน เพื่อทำกิจกรรมกลุ่ม

1.2 ครูวางกล่องบนโต๊ะ แล้วให้นักเรียน 1 คนออกแรงผลักกล่อง โดยออกแรงน้อยๆ ให้กล่องเคลื่อนที่ไปด้านหน้าช้าๆ จากนั้นให้นักเรียนออกแรงมากขึ้น ผลักให้กล่องเคลื่อนที่ ให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ของกล่อง

1.3 ครูแสดงรูปภาพการพังทลายของตึกสูง และให้นักเรียนช่วยกันแก้ปัญหาถ้าต้องการสร้างตกสูงที่สามารถรับน้ำหนักมากๆ จะออกแบบลักษณะของตึกอย่างไร

2. **ขั้นจินตนาการวิธีแก้ปัญหา (imagine)** (30 นาที)

2.1 ครูถามนักเรียนโดยใช้คำถามดังนี้

- เมื่อกล่องวางนิ่งอยู่บนโต๊ะ ความเร็วของกล่องเป็นเท่าใด

- การออกแรงน้อยๆ และการออกแรงมากๆ ผลักกล่อง การเคลื่อนที่ของกล่องมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

2.2 ครูให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับความหมายของกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน และถามนักเรียนว่ามีปริมาณใดเกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันบ้าง

2.3 ครูถามนักเรียนว่าหากการผลักกล่องข้างต้น ครูให้กล่องใบที่ 1 มีมวล 10 กิโลกรัม ใบที่ 2 มีมวล 20 กิโลกรัม กล่องใบใดเคลื่อนที่ได้เร็วกว่ากัน เพราะเหตุใด

2.4 ครูยกตัวอย่างการคำนวณโดยการใช้กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

2.5 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิดสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

2.6 ครูแจกกระดาษA4 ให้นักเรียนกลุ่มละ 10 แผ่น และส้ม 1 ผล ให้นักเรียนช่วยกันสร้างหอคอย โดยให้มีความสูงมากที่สุด และสามารถรับน้ำหนักของผลส้มได้

2.7 นักเรียนตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรที่จะศึกษา และออกแบบการทดลองเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนด โดยเขียนลงในกระดาษที่ครูแจกให้

3. **ขั้นวางแผน (plan)** (10 นาที)

3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการแก้ปัญหา ตามแนวทางที่กำหนดไว้ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

3.1.1 ตัวแปรที่สนใจจะศึกษา

3.1.2 รูปแบบของสิ่งประดิษฐ์

3.1.3วิธีการสร้างสิ่งประดิษฐ์

3.2 นักเรียนกำหนดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ อย่างน้อย 1 วิธี เพื่อทำการทดลอง

4. **ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต (create)** (50 นาที)

4.1 นักเรียนปฏิบัติทดลองตามแผนที่กลุ่มตนเอง กำหนดไว้ โดยให้เวลากลุ่มละ 10 นาที

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานของตนเอง โดยครูจะทดสอบความแข็งแรงของหอคอย โดยใช้ผลส้มวางบนหอคอยกระดาษ และสามารถวางได้นานอย่างน้อย 10 วินาที ให้นักเรียนนำเสนอชื่อแบบจำลอง วิธีการสร้าง และตัวแปรที่ศึกษา ใช้เวลา 2 นาทีต่อกลุ่ม

4.3 ครูให้นักเรียนหามวลและน้ำหนักของผลส้ม แล้วใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน คำนวณหาความเร่งของการหล่นของส้ม ถ้าหอคอยกระดาษไม่แข็งแรง

4.4 นักเรียนช่วยกันสรุปความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความเร่ง และความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง

4.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มให้คะแนนแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนๆ โดยใช้แบบประเมินผลงานที่ได้สร้างสรรค์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

5. **ขั้นปรับปรุง (improve)** (5 นาที)

5.1 ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

5.1.1 ความน่าสนใจ

5.1.2 การประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

5.1.3 การนำไปใช้

5.1.4 ความคงทน

5.2 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปกิจกรรมเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้รับจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

<u>สื่อการเรียนการสอน</u>

<u>อุปกรณ์</u> 1. ส้มผลเล็ก 1 ผล

2. ปากกาเมจิก 1 กล่อง

3. บูลเท็กซ์

4. สีเทียน 5 กล่อง

5. กระดาน A4

6. นาฬิกาจับเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. รูปการพังทลายของตึก

<u>เอกสาร</u>

แบบประเมินสิ่งประดิษฐ์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

<u>การประเมินการเรียนรู้</u>

1. สังเกตการณ์ร่วมอภิปราย การทำกิจกรรม และตอบคำถามโดยการจดบันทึก
2. ประเมินกระบวนการปฏิบัติงานและสิ่งประดิษฐ์ที่ออกแบบในแต่ละกลุ่ม โดยใช้แบบสิ่งประดิษฐ์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

****

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างที่ 2
แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

วิชาวิทยาศาสตร์ 3 (ว33103) **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**
เรื่อง การเพิ่มและลดแรงเสียดทาน **เวลา 100 นาที**
ภาคเรียนที่ 1 **ปีการศึกษา 2551**

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

1. อธิบายเกี่ยวกับการเพิ่มและลดแรงเสียดทานอย่างเหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆ ได้
2. ทดลองและสรุปผลเรื่องการเพิ่มและลดแรงเสียดทานในสภาพต่างๆ ได้
3. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มขนาดของแรงเสียดทานได้
4. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดขนาดของแรงเสียดทานได้
5. ทำกิจกรรมปฏิบัติโดยการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อหาคำตอบได้
6. สร้างสิ่งประดิษฐ์จากการนำความรู้เรื่องปริมาณเชิงกายภาพไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

<u>แนวคิดหลัก</u>

1. **การเพิ่มแรงเสียดทาน** สามารถทำได้โดยใช้ผิวสัมผัสที่หยาบ ขรุขระ หรือเพิ่มแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉาก (เพิ่มน้ำหนักของวัตถุ) เช่น ยางรถยนต์ทั่วไปมีลายดอกยาง พื้นรองเท้ามีลวดลาย ตะปูเกลียว เป็นต้น

2. **การลดแรงเสียดทาน** สามารถทำได้โดยใช้ผิวสัมผัสที่เรียบลื่น หรือลดแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉาก (ลดน้ำหนักของวัตถุ) เช่น การใช้น้ำมันหล่อลื่น จารบี ตลับลูกปืน ยางรถแข่ง เป็นต้น

แรงเสียดทานจะมีประโยชน์เมื่อเลือกใช้ให้เหมาะกับเหตุการณ์ต่างๆ บางเหตุการณ์อาจต้องลดแรงเสียดทาน เช่น การว่ายน้ำ เป็นต้น บางเหตุการณ์อาจต้องเพิ่มแรงเสียดทาน เช่น การเดิน เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. **ขั้นตั้งคำถาม (ask)** (5 นาที)

1.1 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน เพื่อร่วมทำกิจกรรมต่างๆ

1.2 ครูนำรูปภาพนักสเก็ตน้ำแข็งอยู่ในลานสเก็ตน้ำแข็งกับนักฟุตบอลที่อยู่ในสนามหญ้า จากนั้นให้นักเรียนสังเกตลักษณะของรองเท้าเพื่อให้นักเรียนช่วยกันแก้ปัญหาเพื่อป้องกันการลื่นหกล้ม หากต้องเดินในบริเวณที่เปียกน้ำ

2. **ขั้นจินตนาการวิธีแก้ปัญหา (imagine)** (30 นาที)

2.1 ครูแสดงภาพลักษณะของพื้นทางเดินที่ทำจากหินอ่อน ศิลาแลง กระเบื้อง แล้วถามนักเรียนว่าแรงเสียดทานจากการเดินบนพื้นทางเดินเป็นอย่างไร เพื่อให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับลักษณะพื้นผิวที่มีผลต่อแรงเสียดทาน

2.2 ครูขอตัวแทนนักเรียนอาสาสมัคร 2 คน โดยเลือกนักเรียนที่มีน้ำหนักต่างกัน ให้นักเรียนคนหนึ่งนั่ง อีกคนหนึ่งเป็นคนลาก โดยสลับกันเป็นคนดึงและคนลาก ให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับขนาดของแรงกดระหว่างผิวสัมผัสที่มีผลต่อแรงเสียดทาน

2.3 ครูกำหนดให้นักเรียนนำความรู้เรื่องการเพิ่มและลดแรงเสียดทานไปใช้สร้างเครื่องมือเพื่อแก้ปัญหาการลื่นหกล้ม โดยให้นักเรียนพิจารณาเลือกวัสดุและออกแบบลวดลายของพื้นรองเท้าสำหรับใช้ในบริเวณที่เปียกน้ำ (วัสดุประกอบด้วยฟักทอง ดินน้ำมัน ฟองน้ำ ไม้เบาว์ซาร์)

3. **ขั้นวางแผน (plan)** (10 นาที)

3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการแก้ปัญหา ตามแนวทางที่กำหนดไว้ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

3.1.1 ตัวแปรที่สนใจศึกษา

3.1.2 รูปแบบของสิ่งประดิษฐ์

3.1.3 วิธีการสร้างสิ่งประดิษฐ์

3.2 นักเรียนกำหนดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ อย่างน้อย 1 วิธี เพื่อทำการทดลอง

4. **ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต (create)** (50 นาที)

4.1 นักเรียนปฏิบัติทดลองตามแผนที่กลุ่มตนเอง กำหนดไว้ โดยให้เวลากลุ่มละ 10 นาที

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานของตนเอง ให้นักเรียนนำเสนอชื่อสิ่งประดิษฐ์ วิธีการสร้าง และตัวแปรที่ศึกษา ใช้เวลา 2 นาทีต่อกลุ่ม

4.3 ครูให้นักเรียนทดสอบแรงที่ใช้ในการลากวัสดุตามที่นักเรียนได้ออกแบบลวดลายไว้ โดยใช้ตาชั่งสปริง บันทึกค่าแรงที่ใช้ในการดึง

4.4 นักเรียนช่วยกันสรุปความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับลักษณะพื้นผิว และแรงกดระหว่างผิวสัมผัส

4.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มให้คะแนนสิ่งประดิษฐ์ของกลุ่มเพื่อนๆ โดยใช้แบบประเมินสิ่งประดิษฐ์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

5. **ขั้นปรับปรุง (improve)** (5 นาที)

5.1 ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

5.1.1 ความน่าสนใจ

5.1.2 การประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

5.1.3 การนำไปใช้

5.1.4 ความคงทน

5.2 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปกิจกรรมเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้รับจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

<u>สื่อการเรียนการสอน</u>

<u>อุปกรณ์</u>

1. กระดาษ A4
2. ปากกาเมจิก 1 กล่อง
3. บูลเท็กซ์
4. สีเทียน 5 กล่อง
5. ฟักทอง
6. คัตเตอร์ 8 อัน
7. ตาชั่งสปริง 8 อัน
8. ดินน้ำมัน
9. ฟองน้ำ
10. ไม้เบาว์ซาร์

<u>เอกสาร</u>

แบบประเมินสิ่งประดิษฐ์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การประเมินการเรียนรู้</u>

1. สังเกตการณ์ร่วมอภิปราย การทำกิจกรรม และตอบคำถามโดยการจดบันทึก
2. ประเมินกระบวนการปฏิบัติงานและสิ่งประดิษฐ์ที่ออกแบบในแต่ละกลุ่ม โดยใช้แบบประเมินสิ่งประดิษฐ์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

****

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างแบบประเมินสิ่งประดิษฐ์จากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

รายการ	เกณฑ์การให้คะแนน			คะแนน
	3	2	1	
1. **ความน่าสนใจ**	แบบจำลองนั้นชวนให้ติดตาม ผู้พบเห็นส่วนมากอยากฟังคำอธิบาย เกิดความไม่คลาดคิดว่าจะทำได้ น่าพิศวง รูปลักษณ์เหมาะสม น่าใช้	แบบจำลองนั้นชวนให้ติดตามปานกลาง ผู้พบเห็นจำนวนปานกลางอยากฟังคำอธิบาย เกิดความไม่คลาดคิดว่าจะทำได้อยู่บ้าง รูปลักษณ์เหมาะสม น่าใช้	แบบจำลองนั้นไม่ชวนให้ติดตาม ผู้พบเห็นจำนวนน้อยอยากฟังคำอธิบาย เกิดความคลาดคิดว่าน่าจะทำได้ ไม่น่าพิศวง รูปลักษณ์ไม่เหมาะสม ไม่น่าใช้	
2. **การประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์**	มีกานนำกฎ หลักการ ทฤษฎี และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ สอดคล้องกับแบบจำลองนั้น	มีกานนำกฎ หลักการ ทฤษฎี และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่บ้าง สอดคล้องกับแบบจำลองนั้น	ไม่มีกานนำกฎ หลักการ ทฤษฎี และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไป ไม่ใช้สอดคล้องกับแบบจำลองนั้น	
3. **การนำไปใช้ประโยชน์**	สามารถนำไปใช้แก้ปัญหา และเกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี	สามารถนำไปใช้แก้ปัญหา และเกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อยู่บ้าง	ไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหา และไม่เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน	
4. **ความคงทน**	แบบจำลองมีความแข็งแรง คงทน ใช้งานได้หลายครั้ง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้มีอายุการใช้งานนาน	แบบจำลองมีความแข็งแรงปานกลาง ใช้งานได้น้อยครั้ง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้มีอายุการใช้งานปานกลาง	แบบจำลองไม่มีความแข็งแรง คงทน ใช้งานได้ 1-2 ครั้ง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้มีอายุการใช้งานต่ำ	
รวม				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

http://www.software602.com/

ตัวอย่างที่ 1
แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

วิชาวิทยาศาสตร์ 3 (ว33103) **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 3
เรื่อง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน **เวลา** 100 **นาที**
ภาคเรียนที่ 1 **ปีการศึกษา** 2551

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

1. อธิบายความหมายของกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้
1. ยกตัวอย่างเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับกฎหารเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้
2. อธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่ใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้
3. คำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันได้

<u>แนวคิดหลัก</u>

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

"ถ้ามีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่โดยมีความเร่งในทิศเดียวกับ ทิศของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ และความเร่งที่เกิดขึ้นเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในขณะที่มวลคงที่ และเป็นปฏิภาคผกผันกับมวลของวัตถุ ในขณะที่แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุคงที่"

โดย a คือ ความเร่งของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที^{2}

m คือ มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

F คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน

ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง เป็นไปตามสมการดังนี้

$$\Sigma F = ma$$

<u>กิจกรรมการเรียนการสอน</u>

1. **ขั้นนำ** (10 นาที)

1.1 ครูวางกล่องบนโต๊ะ แล้วให้นักเรียน 2 คน ปล่อยวัตถุที่มีมวลต่างกัน (กระดาษกับดินน้ำมัน) แล้วให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ เช่น เวลาที่ใช้ ความเร็วในการตกถึงพื้น เป็นต้น

1.2 ครูถามนักเรียนว่าเพราะเหตุใดวัตถุทั้งสองจึงตกถึงพื้นไม่พร้อมกัน ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย

2. **ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้** (70 นาที)

2.1 ครูถามนักเรียนโดยใช้คำถามดังนี้

- เมื่อกล่องวางนิ่งอยู่บนโต๊ะ ความเร็วของกล่องเป็นเท่าใดโดยใช้ความรู้ที่เรียนมาแล้วในเรื่องปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่

- การออกแรงน้อยๆ และการออกแรงมากๆ ผลักกล่อง การเคลื่อนที่ของกล่องมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

2.2 ครูขอตัวแทนนักเรียนอาสาสมัครจำนวน 2 คน ออกมาแสดงการลากกล่องโดยใช้ตาชั่งสปริงให้คนที่ 1 ออกแรงมาก และคนที่ 2 ออกแรงน้อยแล้วให้นักเรียนสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น และร่วมกันอภิปราย

2.3 ครูให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับความหมายของกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน และถามนักเรียนว่า มีปริมาณใดเกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันบ้าง

2.4 ครูถามนักเรียนว่าหากการผลักกล่องข้างต้น ครูให้กล่องใบที่ 1 มีมวล 10 กิโลกรัม ใบที่ 2 มีมวล 20 กิโลกรัม กล่องใบใดเคลื่อนที่ได้เร็วกว่ากัน เพราะเหตุใด

2.5 ครูยกตัวอย่างการคำนวณโดยการใช้กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

3. **ขั้นสรุป** (20 นาที)

3.1 ครูให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง โดยเขียนลงในกระดาษ A4 ที่ครูแจกให้

3.2 ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเรื่องการคำนวณโดยใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

<u>สื่อการเรียนการสอน</u>

<u>อุปกรณ์</u> 1. กล่องกระดาษ 2. ตาชั่งสปริง
3. กระดาษ A4 4. ดินน้ำมัน

<u>การประเมินการเรียนรู้</u>

1. สังเกตจากการร่วมอภิปราย การทำกิจกรรม และตอบคำถามโดยการจดบันทึก
2. การทำแบบฝึกหัดในหนังสือเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

****

ตัวอย่างที่ 2
แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

วิชาวิทยาศาสตร์ 3 (ว33103) **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 3
เรื่อง การเพิ่มและลดแรงเสียดทาน **เวลา** 100 **นาที**
ภาคเรียนที่ 1 **ปีการศึกษา** 2551

จุดประสงค์การเรียนรู้

7. อธิบายเกี่ยวกับการเพิ่มและลดแรงเสียดทานอย่างเหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆ ได้
8. ทดลองและสรุปผลเรื่องการเพิ่มและลดแรงเสียดทานในสภาพต่างๆ ได้
9. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มขนาดของแรงเสียดทานได้
10. ระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดขนาดของแรงเสียดทานได้

แนวคิดหลัก

1. **การเพิ่มแรงเสียดทาน** สามารถทำได้โดยใช้ผิวสัมผัสที่หยาบ ขรุขระ หรือเพิ่มแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉาก (เพิ่มน้ำหนักของวัตถุ) เช่น ยางรถยนต์ทั่วไปมีลายดอกยาง พื้นรองเท้ามีลวดลาย ตะปูเกลียว เป็นต้น

2. **การลดแรงเสียดทาน** สามารถทำได้โดยใช้ผิวสัมผัสที่เรียบลื่น หรือลดแรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉาก (ลดน้ำหนักของวัตถุ) เช่น การใช้น้ำมันหล่อลื่น จารบี ตลับลูกปืน ยางรถแข่ง เป็นต้น

แรงเสียดทานจะมีประโยชน์เมื่อเลือกใช้ให้เหมาะกับเหตุการณ์ต่างๆ บางเหตุการณ์อาจต้องลดแรงเสียดทาน เช่น การว่ายน้ำ เป็นต้น บางเหตุการณ์อาจต้องเพิ่มแรงเสียดทาน เช่น การเดิน เป็นต้น

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. **ขั้นนำ** (10 นาที)

1.1 ครูแสดงภาพและถามนักเรียนว่า เหตุการณ์นี้ควรมีแรงเสียดทานมาเกี่ยวข้องหรือไม่อย่างไร (ภาพที่แสดงมีดังนี้ รถแข่ง รองเท้า ยางรถยนต์โดยทั่วไป การเคลื่อนย้ายกล่อง พื้นบันได้เลื่อน ด้ามจับแปรงสีฟัน)

1.2 ครูถามนักเรียนว่า ปัจจัยที่กำหนดขนาดของแรงเสียดทานมีอะไรบ้าง

2. **ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้**

2.1 **ขั้นอภิปรายก่อนการปฏิบัติทดลอง** (10 นาที)

2.1.1 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แล้วให้ตั้งสมมติฐานว่าแรงเสียดทานจะมีขนาดมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับสภาพผิว และน้ำหนักของวัตถุหรือไม่โดยทำการทดลองตามที่ครูกำหนดไว้

2.1.2 ครูให้นักเรียนลองออกแบบการทดลอง แล้วศึกษาวิธีการทดลองตามหนังสือ โดยให้แต่ละกลุ่มพิจารณาถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

2.2 **ขั้นปฏิบัติกิจกรรมทดลอง** (40 นาที)

2.2.1 ครูให้นักเรียนรับอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองโดยมีการทดลอง 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองเรื่อง 1. เพิ่มมารับได้ มีขั้นตอนดังนี้

- วางถุงทรายบนแผ่นไม้
- ใช้ตาชั่งสปริงเกี่ยวที่แผ่นไม้ วางถุงทราย 1 ถุงบนแผ่นไม้ ค่อยๆ เพิ่มแรงในการดึงตาชั่งสปริงที่เกี่ยวกับแผ่นไม้ จนแผ่นไม้เคลื่อนที่ บันทึกแรงมากที่สุดที่ทำให้แผ่นไม้อยู่นิ่ง และแรงที่แผ่นไม้เคลื่อนที่ได้
- วางถุงทรายจำนวน 2 ถุง 3 ถุง และ 4 ถุง ตามลำดับ บนแผ่นไม้ และทำการทดลองเหมือนตอนที่วางถุงทราย 1 ถุง

การทดลองเรื่อง 2. ผิวดีก็ออกแรงน้อย มีขั้นตอนดังนี้

- วางถุงทรายบนแผ่นไม้
- ใช้ตาชั่งสปริงเกี่ยวที่แผ่นไม้ วางถุงทราย 3 ถุงบนแผ่นไม้ ค่อยๆ เพิ่มแรงดึงในการดึงแผ่นไม้ จนแผ่นไม้เคลื่อนที่ บันทึกแรงมากที่สุดที่ทำให้แผ่นไม้อยู่นิ่ง และแรงเมื่อแผ่นไม้เคลื่อนที่ได้
- นำแผ่นไม้ใส่ในถุงพลาสติก แล้วทำการใช้ตาชั่งสปริงดึงเหมือนช่วงแรก

2.2.2 ครูแนะนำการใช้ และการอ่านค่าจากตาชั่งสปริงให้กับนักเรียน

2.2.3 ครูให้แต่ละกลุ่มทำการทดลอง ตามขั้นตอนที่ระบุไว้ แล้วให้ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง

2.3 **ขั้นอภิปรายหลังการปฏิบัติทดลอง** (20 นาที)

2.3.1 ครูให้นักเรียนสรุปผลการทดลองเรื่อง เพิ่มมารับได้ โดยใช้คำถามต่อไปนี้

- มีแรงใดบ้างที่กระทำกับแผ่นไม้ และแต่ละแรงมีทิศอย่างไร
- ในการเพิ่มถุงทรายทำให้แรงใดเปลี่ยนแปลงไป
- เมื่อเพิ่มจำนวนถุงทรายให้มากขึ้น แรงที่ใช้ในการดึงแผ่นไม้ให้เคลื่อนที่เป็นอย่างไร และเพราะเหตุใด
- นักเรียนคิดว่าน้ำหนักของถุงทรายมีผลต่อขนาดของแรงเสียดทานหรือไม่ อย่างไร

2.3.2 ครูให้นักเรียนสรุปผลการทดลองเรื่อง ผิวดีก็ออกแรงน้อย โดยใช้คำถามต่อไปนี้

- มีแรงใดบ้างที่กระทำกับแผ่นไม้ และแต่ละแรงมีทิศอย่างไร
- แรงที่ใช้ในการลากแผ่นไม้ที่วางบนพื้น กับแรงที่ใช้ในการลากแผ่นไม้ที่อยู่ในถุงพลาสติกเท่ากันหรือไม่ เพราะเหตุใด
- ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุเมื่อวางถุงทรายบนแผ่นไม้ กับเมื่อนำแผ่นไม้ใส่ในถุงพลาสติก คืออะไร
- ผิวสัมผัสทั้ง 2 กรณีข้างต้นเหมือนหรือต่างกันอย่างไร
- นักเรียนคิดว่าผิวสัมผัสมีผลต่อขนาดของแรงเสียดทานหรือไม่ อย่างไร

2.3.3 ครูให้นักเรียนช่วยกันสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่ม และการลดแรงเสียดทาน โดยเขียนลงในกระดาษบันทึกผลการทดลอง

3. **ขั้นสรุป** (20 นาที)

3.1 ครูแสดงภาพที่เคยแสดงในขั้นนำ เพื่อให้นักเรียนพิจารณาถึงการเพิ่มและลดแรงเสียดทาน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

3.2 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปประโยชน์ของแรงเสียดทานที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

<u>สื่อการเรียนการสอน</u>

<u>อุปกรณ์</u>

1. ภาพแสดงเหตุการณ์เกี่ยวกับแรงเสียดทาน
2. ถุงทรายจำนวน 4 ถุงต่อกลุ่ม
3. ตาชั่งสปริง 1 อันต่อกลุ่ม
4. แผ่นไม้ 1 แผ่นต่อกลุ่ม
5. ถุงพลาสติก 1 ถุงต่อกลุ่ม
6. กระดาษ A4

<u>การประเมินการเรียนรู้</u>

1. สังเกตจากการร่วมอภิปราย การทำกิจกรรม และตอบคำถามโดยการจดบันทึก
2. สังเกตจากการทำกิจกรรมทดลอง
3. การบันทึกรายงานผลการทดลอง

****

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์
2. คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่14 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์

สถานการณ์/ข้อที่	องค์ประกอบที่วัด	ค่า IOC	ความหมาย
1/1	ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข	1	สอดคล้อง
½	รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา	1	สอดคล้อง
1/3	คิดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้	1	สอดคล้อง
¼	เลือกและออกแบบกลยุทธ์ หรือวางแผนเพื่อแก้ปัญหา	1	สอดคล้อง
1/5	เลือกและออกแบบกลยุทธ์ หรือวางแผนเพื่อแก้ปัญหา	0.67	สอดคล้อง
1/6	ปฏิบัติตามแผนที่กำหนด	0.67	สอดคล้อง
1/7	ประเมินและสื่อสาร เผยแพร่ผลการแก้ปัญหา	0.67	สอดคล้อง
1/8	ประเมินและสื่อสาร เผยแพร่ผลการแก้ปัญหา	0.67	สอดคล้อง
2/1	ระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข	1	สอดคล้อง
2/2	รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา	1	สอดคล้อง
2/3	คิดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้	1	สอดคล้อง
2/4	เลือกและออกแบบกลยุทธ์ หรือวางแผนเพื่อแก้ปัญหา	0.67	สอดคล้อง
2/5	เลือกและออกแบบกลยุทธ์ หรือวางแผนเพื่อแก้ปัญหา	0.67	สอดคล้อง
2/6	ปฏิบัติตามแผนที่กำหนด	0.67	สอดคล้อง
2/7	ประเมินและสื่อสาร เผยแพร่ผลการแก้ปัญหา	0.67	สอดคล้อง
2/8	ประเมินและสื่อสาร เผยแพร่ผลการแก้ปัญหา	0.67	สอดคล้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ข้อที่	ค่าความยาก(p)	ค่าอำนาจจำแนก(r)
1	0.68	0.50
2	0.37	0.33
3	0.45	0.52
4	0.62	0.51
5	0.68	0.40
6	0.45	0.33
7	0.60	0.27
8	0.51	0.61
9	0.65	0.73
10	0.77	0.50
11	0.74	0.38
12	0.71	0.31
13	0.65	0.70
14	0.57	0.21
15	0.62	0.41
16	0.74	0.40
17	0.60	0.60
18	0.57	0.52
19	0.60	0.41
20	0.85	0.50
21	0.68	0.60
22	0.77	0.30
23	0.65	0.50
24	0.60	0.60
25	0.71	0.21
26	0.29	0.82
27	0.77	0.70

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่15 (ต่อ) ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน

ข้อที่	ค่าความยาก(p)	ค่าอำนาจจำแนก(r)
28	0.60	0.32
29	0.80	0.46
30	0.67	0.36

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววรรณา รุ่งลักษมีศรี เกิดเมื่อวันที่ 29 กันยายน 2525 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) จากภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา สาขาวิชามัธยมศึกษา(วิทยาศาสตร์)วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป-ฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2547 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2549 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย