ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

นางสาวจงกล บุญรอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF SCIENCE INSTRUCTION USING MODEL ON SCIENCE LEARNING ACHIEVEMENT AND SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Jongkol Boonrod

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
โดย	นางสาวจงกล บุญรอด
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บัญชา ชลาภิรมย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

.....กรรมการ

(ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

จงกล บุญรอด : ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น (EFFECTS OF SCIENCE INSTRUCTION USING MODEL ON SCIENCE LEARNINGACHIEVEMENT AND SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY OFLOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.อลิศรา ชูชาติ, 114 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป 3) ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง 4) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนทุ่งใหญ่วิทยาคม จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 2 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.88 และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70

2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

3) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70

4) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5483315127 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: SCIENCE INSTRUCTION USING MODEL / MODEL / SCIENCE LEARNING ACHIEVEMENT / SCIENTIFIC EXPLANATION / SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY

JONGKOL BOONROD: EFFECTS OF SCIENCE INSTRUCTION USING MODEL ON SCIENCE LEARNINGACHIEVEMENT AND SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY OFLOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASST. PROF.ALISARA CHUCHAT, Ph.D., 114 pp.

This study was quasi–experimental research The purpose of study were 1) to study science learning achievement of the experimental group which learning science instruction through model 2) to compare science learning achievement of students between the experimental group and the control group which learned science through conventional teaching method 3) to study the ability of making explanation of the experimental group 4) to compare scientific explanation ability of students between the experimental group and the control group. The samples were two classes of Mathayom Suks 1 students at the Thungyaiwittayakom secondary school in Nakhon Si Tammarat. The research instruments were the science learning achievement test with reliability at 0.88 and the scientific explanation ability test with reliability at 0.80. The collects data were analyzed by arithmetic mean, means of percentage, standard deviation and t-test

The research findings were summarized as follow:

1) After the experiment, the average score of science learning achievement of the experimental group was higher than the criterion score set at 70 percent.

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

3) After the experiment, the average scores of ability of making explanation of experimental group was higher the criterion score set at 70 percent.

4) After the experiment, the percentage average score of ability of making explanation of the experimental group was higher than the control group at .05 level of significance

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Curriculum and Instruction Student's Signature .....
Field of Study: Science Education Advisor's Signature .....
Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อลิศรา ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ด้วยการให้คำปรึกษา การอบรมสั่งสอน ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยและการประกอบอาชีพครู ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีที่ได้รับจึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พิมพันธ์ เดชะคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี ที่ท่านอาจารย์ได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมไปถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ เพื่อการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนทุ่งใหญ่วิทยาคมที่ได้ให้โอกาสและเมตตาอนุญาตให้ลาศึกษาต่อ ขอขอบพระคุณหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ อาจารย์ทุกท่านที่ให้ความห่วงใย และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ลาศึกษาต่อ ตลอดจนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/6 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณเพื่อนและพี่น้องสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกท่าน รวมถึงเพื่อนต่างสถาบันทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ และการช่วยเหลือกับผู้วิจัยมาโดยตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษา ณ สาขาแห่งนี้

เหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอน คอยห่วงใยและเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งมาตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
กิตติกบทที่ 1 บทนำ 10
ความเป็นมาและความสำคัญ 10
คำถามการวิจัย 14
จุดประสงค์ของการวิจัย 15
สมมติฐานการวิจัย 15
ขอบเขตของการวิจัย 16
ข้อตกลงเบื้องต้น 17
นิยามศัพท์ 17
กรอบแนวคิดในการวิจัย 19
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 22
1.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 22
1.2 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 23
1.3 หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 26
2. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 27
2.1 ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 27
2.2 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.3 ประเภทของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 30
2.4 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 33
2.5 กลยุทธ์ในการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 35
2.6 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 38
3. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 45
3.1 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 45
3.2 ความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 46
3.3 กรอบแนวคิดของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 49
3.4 ลักษณะสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 54
3.5 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 56
4. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง 60
4.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง 60
4.2 ที่มาและความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง 73
4.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง 74
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 76
5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง 76
5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 78
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 80
1. รูปแบบการวิจัย 80
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 81
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 82
4. การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ 92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 96
6. การวิเคราะห์ข้อมูล 97
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 98
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 102
สรุปผลการวิจัย 102
อภิปรายผล 103
ข้อเสนอแนะ 106
รายการอ้างอิง 107
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 114

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

สังคมโลกในยุคปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การดำเนินชีวิตประจำวันเปลี่ยนแปลงไปตามความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การจัดการศึกษาที่มุ่งหวังให้นักเรียนมีเพียงความรู้ความเข้าใจด้านวิชาการเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการจัดเตรียมกำลังคนให้มีสามารถแข่งขันในระดับสากลและความพร้อมต่อการเป็นกำลังแรงงานที่รองรับการเข้าสู่ประชาคมอาเซียนได้ (สำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2555) ดังนั้นการจัดการศึกษาควรมุ่งส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้รอบด้าน สามารถเชื่อมโยงความรู้กับภูมิสังคม บูรณการการเรียนรู้ได้หลากหลายด้านทั้งทางด้านวิชาการ ทักษะชีวิต และสร้างนิสัยใฝ่เรียนรู้ มีทักษะในการคิด สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และรับยอมความคิดเห็นของผู้อื่นได้ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554)

การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งที่มีบทบาทในการพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้ที่มีความพร้อมในการดำเนินชีวิตได้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงของโลก โดยมุ่งหวังให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อนำมาใช้ในชีวิตประจำวันและมีทักษะการแก้ปัญหาที่หลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552)ละการส่งเสริมความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ของนักเรียน ที่จะสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการระบุปัญหาทำให้เกิดความรู้ใหม่ เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะการค้นหาหลักฐานที่ทำให้เกิดข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจลักษณะสำคัญของการสร้างและการค้นหาความรู้ของมนุษย์ ตระหนักถึงผลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กระทบต่อความคิดของบุคคล สิ่งของเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน สังคมวัฒนธรรม และการมีส่วนร่วมตัดสินใจในประเด็นที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ของประชาชน (OECD, 2013)

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการที่นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ (Primo & al., 2010) เป็นผู้ที่มีทักษะในการสื่อสารได้อย่างน่าเชื่อถือ สามารถใช้หลักฐานจากการพิสูจน์เชิงประจักษ์และให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปได้ และยังเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามหลักฐานเชิงประจักษ์ สามารถประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏการณ์

ในหนังสือพิมพ์ ข่าว หรือ วารสาร ได้อย่างเท่าทัน (McNeill & Kracjik, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Peker & Wallace (2011) ที่พบว่า การส่งเสริมให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนคำอธิบาย พร้อมแสดงเหตุผลเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของคำอธิบายและหลักฐานได้

เมื่อพิจารณาการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS) ที่ดำเนินการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปี 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในทุกๆ 4 ปี ซึ่งเป็นการประเมินความรู้ตามเนื้อหาของหลักสูตร โดยกำหนดพฤติกรรมของผู้เรียนออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการให้เหตุผล และเมื่อพิจารณาผลการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในปี พ.ศ. 2542 พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2554 2554 พบว่า นักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ย482 471 และ 451 คะแนนตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติที่มีค่า 500 คะแนน และมีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ 1 จาก 5 ระดับ ซึ่งมีคะแนนระหว่าง 401–475 คะแนน นั้นหมายความว่า นักเรียนมีระดับความสามารถทางการวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ และผลการประเมินการรู้เรื่องทางวิทยาศาสตร์จากการประเมินจากการประเมินตามโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) ที่ดำเนินการโดยองค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development; OECD) ซึ่งมุ่งเน้นการประเมินการประเมินสมรรถนะในการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงของเยาวชนอายุ 15 ปี เมื่อพิจารณาผลการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในปีพ.ศ. 2549 พ.ศ. 2552 และ 2555 พบว่านักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ย 421 425 และ 444 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งได้คะแนนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติที่มีค่า 500 คะแนน และมีระดับสมรรถนะการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 2 จาก 6 ระดับ ซึ่งมีคะแนนระหว่าง 409–484 คะแนน นั้นหมายความว่า นักเรียนยังไม่แสดงออกว่ามีการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ แต่แสดงออกเพียงว่านักเรียนมีส่วนร่วมในสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ที่คุ้นเคย หรือการลงข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบที่ไม่ซับซ้อน และสามารถใช้เหตุผลและการตีความแบบตรงไปตรงมาจากการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์หรือการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

นอกจากนี้ ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O - NET) เป็นการจัดทดสอบความรู้และความคิดของนักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน เมื่อพิจารณาผลการทดสอบระดับชาติวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 3 ของปีการศึกษา 2555 ถึง 2557 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 35.37 37.95 และ 38.68 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 50 และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 12 ซึ่งครอบคลุมจังหวัดนครศรีธรรมราชและพัทลุง พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 37.22 39.72 และ 40.99 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 50 เช่นกัน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2557)

จากผลการประเมินทั้งในระดับนานาชาติและระดับประเทศ พบว่า ความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และศักยภาพการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริงยังอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ โดยการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่พบในชีวิตประจำวันได้

จากสภาพปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่า นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบหรือลงข้อสรุปว่าปรากฏการณ์เกิดขึ้นได้อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเกิดขึ้น ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อาศัยหลักฐานและการให้เหตุผลสนับสนุนคำอธิบาย (Krajeik and McNeill,2009) ดังนั้นในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้นักเรียนใช้หลักฐานและการให้เหตุผลเพื่อการสนับสนุนและเชื่อมโยงกับข้อสรุป ซึ่งการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (Coll & Lajium, 2011) โดยเชื่อว่านักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ขึ้น เพื่อการอธิบายผลหรือนำเสนอกระบวนการทำงานของตนเอง แบบจำลองเป็นตัวแทนความคิดและกลไกของวิธีการสำรวจตรวจสอบ (Gershenfeld, 2012) ซึ่งแบบจำลองทำหน้าที่เป็นแทนของชุดข้อมูลที่นำมาใช้เป็นกลไกในการอธิบายปรากกฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์สร้างขึ้นจากหลักฐานทางเชิงประจักษ์ ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Passmore, Stewart, & Cartier, 2009) และเป็นยอมรับจากชุมชนวิทยาศาสตร์ โดยการยอมรับพิจารณาจากข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้มาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์

ที่ศึกษาได้ (Harrison & Treagust, 1998) จะเห็นได้ว่าในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาอาศัยหลักฐานที่เกิดจากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์และการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงปรากฏการณ์อย่างเป็นเหตุเป็นผล ดังนั้นเมื่อนำแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองมาใช้ในการจัดเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะส่งเสริมนักเรียนเกิดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเองและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Buckley & Boulter, 2000)

ในปี ค.ศ. 1998 คณะวิจัยของ Lydia Tsing Tien แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เบิร์กลีย์ (University of California, Berkeley) พัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองจากรูปแบบการจัดการเรียนการสอน POE (Predict – Observe - Explain) ของ Gunstone and White ซึ่งการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง มุ่งเน้นพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองที่เลียนแบบการศึกษาค้นคว้าและการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยกระตุ้นให้นักเรียนนำเสนอความเข้าใจและการคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยการการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงการรู้คิดของตนเอง รับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงความคิดของตนเอง สามารถวิเคราะห์และแก้ไขแนวคิดของตนเองได้จากใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และแก้ไขแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน แล้วนำแบบจำลองที่ถูกต้องมาใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่ศึกษา (Carillo, Lee, & Rickey, 2005)

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Model) เป็นการใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลองและคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา (2) การสังเกต (Observer) เป็นการวางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา (3) ขั้นการสะท้อนความคิด (Reflect) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกต และนำไปใช้เป็นหลักฐานในการแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้น และ (4) ขั้นการอธิบาย (Explain) เป็นการใช้แบบจำลองมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่ศึกษา (T. L. Tien, 1998.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังงานวิจัยของ (Rickey, 1999) พบว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ช่วยพัฒนาให้นักเรียนเข้าใจความรู้พื้นฐานทางเคมี สามารถสะท้อนผลการเรียนรู้ และสร้างคำอธิบายได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Mattox.C.A, Reisner.A.B, & Rickey, 2006) ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ช่วยพัฒนาเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงในระดับที่สังเกตได้กับการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุล และงานวิจัยของ Tien , Teichert, and Ricky (2007) ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถสร้างแบบจำลอง เพื่อแสดงแนวคิดเบื้องต้นของตนเอง มีทักษะในการสำรวจตรวจสอบ และการสะท้อนความเข้าใจของตนเอง เพื่อนำความรู้และความเข้าใจนั้นมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ จากกระบวนการจัดการเรียนการสอนนี้จึงช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียน

จากการศึกษา แนวคิด และเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบจำลอง มาใช้ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

คำถามการวิจัย

1. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างไร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าหรือไม่

2. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างไร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปจะมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าหรือไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุดประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

3. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

สมมติฐานการวิจัย

ผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังผลการวิจัยของ Rickey (1999) ที่ใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานทางเคมีและทักษะการแก้ปัญหาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีพบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ช่วยพัฒนาความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานทางเคมีและทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ ในขณะที่ผลการวิจัยของ Mattox, Reisner, and Rickey (2006) ที่ใช้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์และการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาพบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ช่วยพัฒนาเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงในระดับที่สังเกตได้กับการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tien, Teichert, and Rickey (2007) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีผลกต่อการแก้ไขแนวคิดทางเคมีพบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ช่วยส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางเคมีและและสามารถสร้างคำอธิบายแสดงการเปลี่ยนแปลงภายในระบบเคมีได้ จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้นจึงตั้งสมติฐานการวิจัยดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 70

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 70

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมการศึกษา เขต 12 จังหวัดนครศรีธรรมราชและพัทลุง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2.1.1 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

2.1.2 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

2.2 ตัวแปรตาม มี 2 ตัวแปรคือ

2.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้–ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

2.2.2 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งออก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และการให้เหตุผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ตัวแปรควบคุม คือ

2.3.1 เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นเนื้อหาเดียวกัน

2.3.2 ผู้สอน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.3.3 ระยะเวลาที่สอน โดยมีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเท่ากันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ข้อตกลงเบื้องต้น

ความแตกต่างของช่วงเวลาที่ใช้ในการดำเนินการจัดการเรียนการสอนในการวิจัยครั้งนี้ ไม่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

นิยามศัพท์

1.1 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Model) เป็นขั้นการใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลองและคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นที่ 2 ขั้นการสังเกต (Observer) เป็นขั้นการวางแผนและดำเนินการตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นที่ 3 ขั้นการสะท้อนความคิด (Reflect) เป็นขั้นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักการทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกต และนำไปใช้เป็นหลักฐานในการแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้น

ขั้นที่ 4 ขั้นการอธิบาย (Explain) เป็นการใช้แบบจำลองมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่ศึกษาที่มีการระบุถึงการลงข้อสรุป การใช้หลักฐาน และการให้เหตุผล

1.2 การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำ เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจ ทบทวนหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนในการกำหนดปัญหาและคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า

ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรม เป็นขั้นสำรวจตรวจสอบผลการคะแนนคำตอบ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลจากปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่น่าเชื่อถือ

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุป เป็นขั้นลงข้อสรุปความรู้ผลการศึกษาจากบทเรียนและนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

1.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่เกิดจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้–ความจำ ความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยวัดจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.4 คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อสรุปของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักฐานในการสนับสนุนคำตอบและหลักการทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป

1.5 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการลงข้อสรุปของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยแสดงการใช้หลักฐานในการสนับสนุนข้อสรุปและหลักการทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลตามแนวคิดของ (McNeill et al., 2006) โดยวัดจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

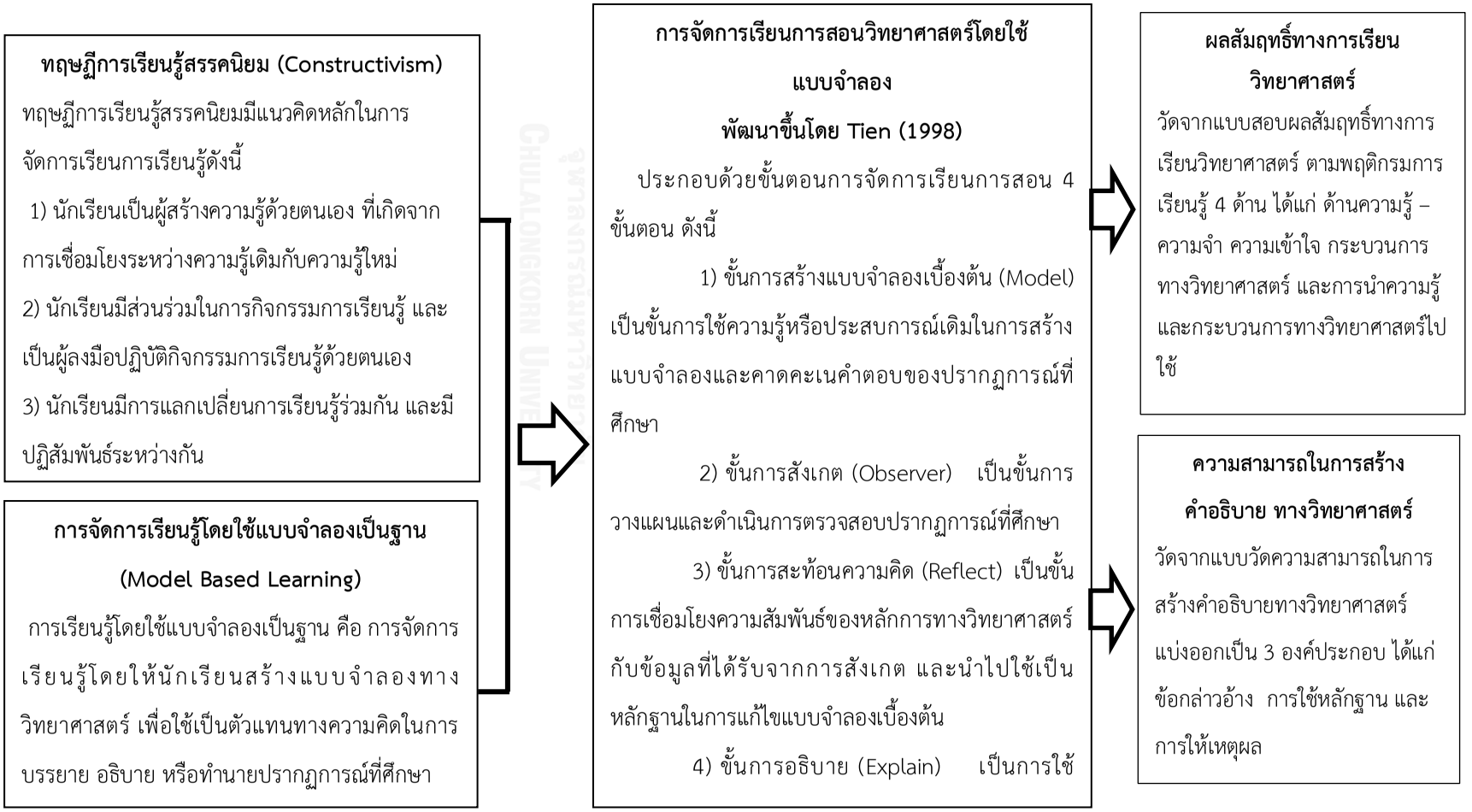
1.6 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หมายถึง นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 12 จังหวัดนครศรีธรรมราชและพัทลุง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์แนวคิดและการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง เพื่อใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังแผนภาพที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภาพที่ 1 ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น



บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยนำเสนอดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    - 1.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    - 1.2 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    - 1.3 หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
2. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 2.1 ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 2.2 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 2.3 ประเภทของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 2.4 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 2.5 กลยุทธ์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    - 2.6 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
3. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    - 3.1 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    - 3.2 ความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    - 3.3 กรอบแนวคิดของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    - 3.4 ลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    - 3.5 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

4.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

4.2 ที่มาและความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

4.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

4.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีประเด็นในการนำเสนอ 3 ประเด็น ได้แก่ (1) ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ (2) แนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ (3) หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีประเด็นการนำเสนอ 2 ประเด็น ได้แก่ ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป และความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แต่ละประเด็นมีรายละเอียดต่อไปนี้

1.1.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพศาล หวังพานิช (2523: 3) ให้ความหมายไว้ว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคือพฤติกรรมของนักเรียนที่เกิดจากการเรียนการสอน โดยแบ่งออกเป็น6 ด้าน ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า”

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552: 166) ให้ความหมายไว้ว่า “ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงเวลาหนึ่ง โดยผลการเรียนรู้อาจเป็นความรู้หรือทักษะที่บ่งบอกพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น”

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่เกิดจากการเรียนการสอน อาจอยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่งหรือภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น

1.1.2 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 295) ให้ความหมายว่า”ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ ผลการเรียนรู้ที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ผลการเรียนรู้ที่แสดงออกมาแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้พุทธพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 125) ให้ความหมายว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ขนาดความสำเร็จของผู้เรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอน”

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการวิทยาศาสตร์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางเรียนวิทยาศาสตร์ คือ ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากการสอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

1.2 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษานำเสนอพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ได้ดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ ระบุพฤติกรรมที่คาดหวังไว้ว่านักเรียนจะแสดงออกเมื่อผ่านกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 6 ด้าน ตามแนวคิดของ Klopfer ดังนี้

1) ความรู้และความเข้าใจ (Knowledge and comprehension)

(1) ด้านความรู้ เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงการจดจำในสิ่งได้เรียน ได้แก่ การมีความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ข้อตกลง การกำหนดแนวโน้มและลำดับขั้นตอน เทคนิคและกรรมวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ และทฤษฎีหรือแนวคิดสำคัญ

(2) ด้านความเข้าใจ เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความเข้าใจเนื้อหาในวิชาเรียน สามารถระบุความรู้ในสถานการณ์ใหม่

2) กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Processes of scientific inquiry) ได้แก่ (1) พฤติกรรมการสังเกตและการวัด (2) การมองเห็นปัญหาและการหาวิธีการที่ใช้ (3) การแปลความหมายข้อมูลและการสร้างข้อสรุป และ (4) การสร้าง การทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลองเชิงทฤษฎี

3) การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and methods) เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ได้แก่ (1) นำไปใช้แก้ปัญหาในวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน (2) นำไปใช้แก้ปัญหาในวิทยาศาสตร์สาขาอื่น และ (3) นำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

4) ทักษะปฏิบัติในการใช้เครื่องมือ (Manual skills) เป็นพฤติกรรมที่แสดงการทักษะในการปฏิบัติการทดลอง ใช้เครื่องมือถูกต้องและเหมาะสม สามารถเลือกใช้เทคนิคการทดลองได้อย่างระมัดระวังและปลอดภัย

5) เจตคติและความสนใจ (Attitudes and interests) เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงการเป็นผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เป็นผู้ใฝ่เรียนรู้ จิตใจกว้าง อยากรู้อยากเห็น เป็นต้น และเป็นผู้เจตคติที่ต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สนใจในการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ สนใจเลือกอาชีพที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

6) การมีแนวโน้มในทางวิทยาศาสตร์ (Orientation) เป็นพฤติกรรมที่ตระหนักถึงความสัมพันธ์ และความแตกต่างของข้อความทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในรูปแบบต่างๆกัน ยอมรับข้อจำกัดของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตระหนักถึงวิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์ ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และยอมรับความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในแง่ของสังคมและศีลธรรม

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 126-129) นำเสนอการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยจากพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ตามแนวคิดของ Klopfer ดังนี้

1) พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนความจำเรื่องราวที่ได้รับจากศึกษาค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับ ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ ข้อตกลงร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ การลำดับขั้นตอนหรือการระบุขั้นตอนการเกิดปรากฏการณ์ การกำหนดเกณฑ์การ

จัดแบ่งประเภทของสิ่งต่างๆ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจคำศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ และทฤษฎี

2) พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าความรู้ ความจำ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการ และทฤษฎีต่างๆ คือเป็นการอธิบายในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากที่เคยเรียนมา

(2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของสัญลักษณ์อื่นได้

3) พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการดำเนินการต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

4) พฤติกรรมด้านนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ โดยสามารถแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 3 ประเภท คือ

(1) แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน เป็นการนำทักษะที่ได้จากห้องเรียนไปแก้ปัญหาเรื่องอื่นที่อยู่ในวิชาเดียวกัน

(2) แก้ไขปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์สาขาอื่น เป็นการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์ 2 สาขาขึ้นไป

(3) แก้ปัญหาที่นอกเหนือจากเรื่องของวิทยาศาสตร์ เป็นปัญหาที่นอกเหนือจากเรื่องของวิทยาศาสตร์ เป็นเรื่องของเทคโนโลยี

จากการศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ พบว่า การระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ของวิชาวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกัน สามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมที่ควรเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนเรียนผ่านกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่

1) ด้านความรู้ความจำ คือ พฤติกรรมที่นักเรียนมีความรู้ความจำเกี่ยวกับ ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการ ทฤษฎี และกฎทางวิทยาศาสตร์

2) ด้านความเข้าใจ คือ พฤติกรรมที่นักเรียนมีความสามารถในการบรรยายและแปรความหมายของข้อเท็จจริง มโนทัศน์ หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

3) ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมที่นักเรียนแสวางหาความรู้และการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

4) ด้านการนำความรู้ไปใช้ คือ พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ ทฤษฎี กฎ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

1.3 หลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นการวัดพฤติกรรมเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดขึ้นหลังจากกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นักการศึกษานำเสนอหลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2556: 19 -20) อธิบายว่า “การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีและมีคุณค่า จะต้องสร้างให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ทางการศึกษากำหนดไว้ เน้นการสร้างแบบสอบที่วัดความรู้ประเภทความจำให้น้อย แต่มุ่งการวัดความสามารถในระดับสูงให้มากขึ้น อันได้แก่ ความเข้าใจ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการประยุกต์ใช้ความรู้ การสร้างแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ควรคำนึงข้อตกลงเบื้องต้น 3 ข้อดังนี้

1) เนื้อหา หรือทักษะที่ต้องการวัดนั้นจะต้องกำหนดอยู่ในรูปของพฤติกรรมที่มีความเฉพาะเจาะจงในลักษณะที่จะสื่อสารให้บุคคลอื่นเข้าใจตรงกันได้

2) พฤติกรรมที่ต้องการวัด จะต้องเป็นพฤติกรรมเฉพาะที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการเท่านั้น จะวัดพฤติกรรมอย่างอื่นไม่ได้

3) ผลสัมฤทธิ์หรือความรู้ต่างๆ ที่ต้องการวัดนั้น ผู้เรียนทุกคนจะต้องมีโอกาสได้เรียนรู้ในเรื่องนั้นอย่างเท่าเทียมกัน กล่าวคือได้เรียนเนื้อหาสาระเหมือนกันในวิชาเดียวกัน

Gronlund (2002 อ้างถึงใน Slavin , 2006: 456-458) นำเสนอหลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 6 ข้อ ดังต่อไปนี้

1) มีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการวัดที่ชัดเจนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน เน้นการวัดความคิดรวบยอดและทักษะที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ในบทเรียน

2) ควรวัดทักษะของนักเรียนที่เกิดจากการกำหนดภาระการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอน มากกว่าการวัดข้อเท็จจริงที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิชา

3) เลือกใช้ข้อสอบที่หลากหลาย คำนึงถึงความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ รายกายข้อสอบควรสอดคล้องกับการเรียนการสอนในรายวิชานั้น

4) แบบวัดแต่ละแบบมีวัตถุประสงค์ในการวัดแตกต่างกัน ดังนั้นควรเลือกให้เหมาะและสอดคล้องต่อผลลัพธ์ที่ต้องการ

5) แบบวัดต้องมีความน่าเชื่อถือ และควรระมัดระวังในการตีความ โดยผลคะแนนทดสอบสามารถใช้ประเมินระดับความรู้และทักษะของนักเรียนได้ตามสภาพจริง

6) การวัดผลสัมฤทธิ์มุ่งหวังการปรับปรุงการเรียนรู้ จัดเตรียมข้อมูลการเรียนรู้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดเรียนการสอนของครู และพัฒนาการเรียนของนักเรียน

จากการศึกษาพบว่า ประเด็นที่นักการศึกษานำเสนอหลักการวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ตรงกัน กล่าวคือ การวัดสัมฤทธิ์ต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ระบุพฤติกรรมการวัดชัดเจน มีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปประเมินระดับความสามารถของนักเรียนได้ นอกจากนี้ Gronlund (2002) ได้อธิบายเพิ่มว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ควรเลือกรูปแบบข้อสอบที่หลากหลายเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา สามารถวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน และตระหนักว่าการวัดผลสัมฤทธิ์เป็นประเมิน เพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน และปรับปรุงการจัดเรียนการสอนของครู

2. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีประเด็นในการนำเสนอดังนี้ 1) ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 2) ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) ประเภทของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 4) องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 5) กลยุทธ์การจัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 6) แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นักปรัชญาและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Hempel and Oppenheim (1948:135-136) กล่าวว่า “คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการตอบคำถามเชิงสาเหตุ (Why) ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลกนี้ โดยคำตอบอยู่ในเทอมของเหตุและผล (causal terms) เช่น แผ่นทองแดงมีความยาวขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ”

Martin (1972 อ้างถึงใน Gilbert et al. 1999: 84) ให้ความหมายของคำอธิบายในบริบทของวิทยาศาสตร์ไว้ 5 ความหมาย ดังนี้

1) การอธิบาย เป็นการให้ความหมายของคำ กลุ่มคำ หรือ คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ให้มีความถูกต้อง ชัดเจน เช่น ความเร่ง คือ อัตราการเปลี่ยนความเร็ว หรือการเปลี่ยนความเร็วต่อหนึ่งหน่วยเวลา เป็นต้น

2) การอธิบาย เป็นการแสดงความเชื่อ การกระทำ หรือ พฤติกรรม ที่มีความเป็นเหตุเป็นผล เช่น เมื่อหยดน้ำมันบนพื้นที่ผิวสัมผัส ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น เพราะช่วยลดแรงสัมผัสระหว่างผิวสัมผัสกับวัตถุ เป็นต้น

3) การอธิบาย เป็นสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ประกายไฟจากฟ้าแลบทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้อากาศขยายตัวอย่างรวดเร็วและเฉียบพันทำให้เกิดฟ้าร้อง

4) การอธิบาย เป็นการแสดงที่มาของการทำงานกับวัตถุประสงค์ของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เช่น การปั๊มหัวใจเกี่ยวข้องกับระบบโลหิตของร่างกาย เป็นต้น

5) การอธิบาย เป็นการอ้างอิงของทฤษฎีที่มาจากการลงข้อสรุปของกฎทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทฤษฎีบิลเลียดบอลของสสารมากจากการลงข้อสรุปกฎของแก๊ส เป็นต้น

Krajcik and McNeill (2007: 4) ให้ความหมายคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า “เป็นการตอบคำถามโดยเขียนหรือการพูด เพื่อรายงานผลการศึกษาปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องใช้หลักฐาน เหตุผลเชิงตรรกะ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนคำอธิบายของปรากฏการณ์ที่ศึกษา

Primo et al. (2008: 586) ให้ความหมายคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า “เป็นการตอบคำถามคำถามเฉพาะของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยคำตอบนั้นมีความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง”

Reiser, Berland and Kenyon (2012) ให้ความหมายคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “เป็นการตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยคำตอบมีความเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับผลการสังเกตทางวิทยาศาสตร์

Zangori and Forbes (2014: 616) ให้นิยามของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่า “เป็นการแสดงกลไกการเกิดปรากฏการณ์ที่ภายใต้การสังเกตสาเหตุและผลกระทบของปรากฏการณ์”

จากศึกษาความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นพบว่า นักปรัชญาทางการศึกษาอธิบายว่า การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการแสดงเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ และนักการศึกษาวิทยาศาสตร์อธิบายว่า การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นคำตอบหรือข้อสรุปของปรากฏการณ์ โดยคำตอบ มีเหตุมีผล แสดงหลักฐานในการเกิดปรากฏการณ์ และสามารถอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำตอบได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า “การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คือ การลงข้อสรุปของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยใช้หลักฐานสนับสนุนคำตอบ และการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์”

2.2 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์พบว่า การส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนการพัฒนาด้านความรู้ความเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Wittwer and Renkl (2008: 50) อธิบายว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างข้อสรุป โดยใช้หลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ และการนำข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้เพิ่มมากขึ้น

Primo (2010: 584) อธิบายว่า การเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาและมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการที่นักเรียนนำเสนอข้อกล่าวอ้างนั้นเป็นการนำเสนอตัวแทนความคิด กลวิธี หรือการดำเนินการของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยการที่นักเรียนนำเสนอข้อกล่าวอ้างนั้นเป็นการนำเสนอตัวแทนความคิด กลวิธี หรือการดำเนินการของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

McNeill and Krajcik (2010: 3-4) ที่กล่าวถึงประโยชน์ของการฝึกฝนให้นักเรียนมีความสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ 5 ประการ ดังต่อนี้

1) มีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นนักเรียนต้องประยุกต์แนวคิดเพื่อใช้ในการตอบคำถามหรือปัญหาพร้อมกับการใช้หลักฐานที่เหมาะสม ซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนมีความรู้ สามารถตีความแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สำรวจตรวจสอบ และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้การอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

2) พัฒนาทักษะการสื่อสารที่น่าเชื่อ จากการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง การพิจารณาข้อดีและข้อจำกัดของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นโดย

กลุ่มคนที่ศึกษาในเรื่องเดียวกัน โดยการอ้างอิงถึงข้อมูลที่ได้รับการทดสอบ หรือการพิจารณาคุณภาพของข้อมูล เพื่อใช้สร้างข้อโต้แย้งหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างให้มีความน่าเชื่อถือ

3) พัฒนาการให้เหตุเชิงตรรกะ จากการแสดงข้อมูลหรือหลักฐานสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง และการประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง เพื่อแสดงความเป็นเหตุเป็นผลของปรากฏการณ์ที่ศึกษา

4) เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่นักเรียนสามารถเปลี่ยนมุมมองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น จากการพิจารณาข้อเท็จจริง และการเปลี่ยนแปลงข้อมูลตามการค้นพบเชิงประจักษ์

5) เป็นส่วนสำคัญในพัฒนาทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 ทั้ง 5 ประการ ได้แก่ ความสามารถในการปรับตัว (adaptability) เป็นความสามารถในการจัดการกับความไม่แน่นอนหรือในสถานการณ์ใหม่ การสื่อสารที่ซับซ้อน (complex communication) ทักษะในกระบวนการ การตีความ และการสื่อสารข้อมูลสารสนเทศ การแก้ปัญหาที่ไม่ใช่ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำ (no routine problem solving) เป็นทักษะการวิเคราะห์ข้อมูล การกำหนดรูปแบบและค้นหาแนวทางการแก้ปัญหา การกำกับตนเอง (self-management) ความสามารถในการควบคุมอารมณ์และดูแลตนเอง ระบบความคิด (systems thinking) เป็นระบบการวิเคราะห์ การประเมิน เป็นต้น

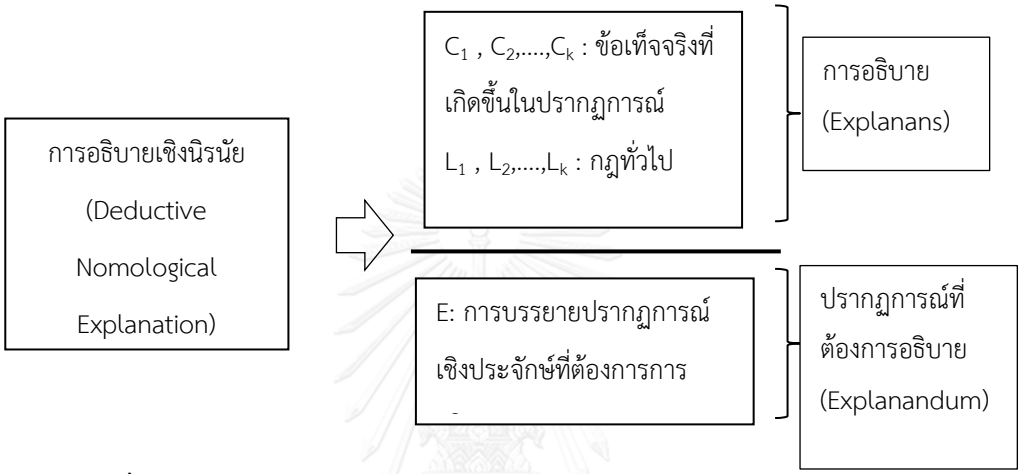
จากการศึกษาถึงความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น ส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จากการตรวจสอบหลักฐานเชิงประจักษ์ ของการเปลี่ยนแปลงข้อเท็จจริงเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง และยังส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการให้เหตุผล การสื่อสาร การแก้ปัญหา เป็นต้น จากการมีส่วนร่วมในการสำรวจตรวจสอบการศึกษาค้นหาข้อมูล การอภิปรายร่วมกัน และการนำเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2.3 ประเภทของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยพบว่านักการศึกษาจำแนกประเภทของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้แตกต่างต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดเกณฑ์การจำแนก ดังนี้

Hempel (1967: 80 – 84) เป็นนักปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ศึกษาตรรกะของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้จำแนกประเภทของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) การอธิบายเชิงนิรนัย (Deductive Nomological Explanation) เป็นการอธิบายเพื่อสนับสนุนการโต้แย้งผลของปรากฏการณ์ที่ต้องการอธิบาย (Explanandum) โดยการอธิบายนั้นประกอบด้วยข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ และกฎทางวิทยาศาสตร์ หรืออาจกล่าวว่า การอธิบายเชิงนิรนัย เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ศึกษา โดยใช้ข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์เชื่อมโยงกับกฎทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ เพื่อการตอบคำถามที่ว่า “ปรากฏการณ์เกิดขึ้นได้อย่างไร” “เพราะเหตุใดปรากฏการณ์จริงเกิดขึ้นเช่นนั้น” เป็นต้น สามารถอธิบายได้ดังแผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 การอธิบายเชิงนิรนัย (Deductive Nomological Explanation)

จากแผนภาพที่ 2 อธิบายได้ว่า ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ (C) เป็นเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่ต้องการอธิบาย (E) โดยการอธิบายนั้นต้องอาศัยกฎทั่วไป (L) เพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับกฎ เช่น มีผู้ชายคนหนึ่งถามว่าว “ทำไมแผ่นทองแดงยาวขึ้น” แผ่นทองแดงยาวขึ้น เป็นปรากฏการณ์ที่ต้องการการอธิบาย โดยอธิบายว่า การเพิ่มความร้อนให้กับแผ่นทองแดงทำให้แผ่นทองแดงยาวขึ้นสอดคล้องกับกฎการขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะ เป็นต้น

2) การอธิบายโดยใช้กฎความน่าจะเป็น (Probalistic Explanation) เป็นอธิบายด้วยกฎของความน่าจะเป็น อาศัยค่าสถิตทางคณิตศาสตร์ของข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์อธิบายปรากฏการณ์ที่ต้องการอธิบาย (Explanandum) ค่าสถิติมีความเฉพาะต่อกฎและข้อที่เท็จจริงที่เกิดขึ้น ตัวอย่างการอธิบายโดยใช้กฎความน่าจะเป็นพบได้ในบทเรียนวิทยาศาสตร์ เช่น หลักการพื้นฐานของทฤษฎีควอนตัม ทฤษฎีการถ่ายทอดทางพันธุกรรม การแผ่รังสีของธาตุกัมมันตรังสี เป็นต้น

นอกจากนี้ Hempel (1967: 80 – 84) ยังอธิบายว่าทั้งการอธิบายเชิงนิรนัยและการอธิบายโดยใช้กฎความน่าจะเป็นจะได้รับการยอมรับเมื่อการอธิบายนั้นถูกต้องและอาศัยอยู่ภายใต้ (covering laws) กล่าวคือ เป็นการอธิบายที่แสดงให้เห็นว่าสิ่งที่เกิดขึ้นหรือข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกับกฎทางวิทยาศาสตร์

Gilbert, et al. (2000) เป็นนักการศึกษาวิทยาศาสตร์จำแนกประเภทของการอธิบายออกเป็น 5 ประเภทตามธรรมชาติของคำถาม

1) การอธิบายเชิงวัตถุประสงค์ (Intentional Explanation) เป็นนำเสนอวัตถุประสงค์และแนวคิดสำคัญของปรากฏการณ์ พร้อมกับระบุขอบเขตของการปรากฏการณ์

2) การอธิบายเชิงบรรยาย (Descriptive Explanation) เป็นการบรรยายลักษณะของปรากฏการณ์ เป็นการนำเสนอจุดเริ่มต้นของการสำรวจตรวจสอบ และวิธีการศึกษาปรากฏการณ์

3) การอธิบายเชิงตีความ (Interpretative Explanation) เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง หรือปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรม การอธิบายลักษณะนี้ต้องบรรยายองค์ประกอบของปรากฏการณ์ และความสัมพันธ์ระหว่างธรรมชาติของปรากฏการณ์กับเวลาในการเกิดปรากฏการณ์

4) การอธิบายเชิงสาเหตุ (Causal Explanation) เป็นการระบุสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ นำเสนอผลผลิตของการเกิดปรากฏการณ์จากการสังเกตพฤติกรรมผ่านกระบวนการทำงานที่แสดงสาเหตุและผลกระทบของปรากฏการณ์

5) การอธิบายเชิงทำนาย (Predictive Explanation) เป็นการประเมินค่าการอธิบายภายใต้เงื่อนไขหรือข้อกำหนดอื่นและสอดคล้องกับต่อทฤษฎีและแบบจำลอง บางครั้งการอธิบายลักษณะที่เป็นการอธิบายที่เกิดขึ้นในการอธิบายเชิงบรรยาย และจะเกิดการอธิบายเชิงทำนายเมื่อผ่านการอธิบายเชิงตีความและการอธิบายเชิงสาเหตุ

จากการศึกษาการจำแนกประเภทของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การจำแนกประเภทของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่เกณฑ์การจำแนก จะได้จากการ Hempel (1967: 80 – 84) ใช้ลักษณะของกฎเป็นเกณฑ์ในการจำแนก โดยแบ่งการอธิบายออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การอธิบายเชิงนิรนัยและการอธิบายโดยใช้กฎความน่าจะเป็น ซึ่งการอธิบาย 2 ประเภทนี้อยู่ภายใต้กฎที่ได้รับการยอมรับและเป็นการอธิบายที่อยู่ในรูปเหตุและผล ในขณะที่ Gilbert, et al. (2000) ใช้ธรรมชาติของคำถามเป็นเกณฑ์ในการจำแนก โดยแบ่งการอธิบายออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ การอธิบายเชิงวัตถุประสงค์ การอธิบายเชิงบรรยาย การอธิบายเชิงตีความ การอธิบายเชิงเหตุผล และการบรรยาย

เชิงทำนาย จากจำแนกประเภทของนักการศึกษาทั้ง 2 ท่าน จะเห็นได้ว่าการจำแนกการอธิบาย Hempel (1967: 80 – 84) และ Gilbert, et al. (2000) มีการจำแนกเหมือนกันได้ในประเภทการอธิบายเชิงสาเหตุ เป็นการแสดงระบุปัจจัยหรือเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์การณ์

2.4 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์จำแนกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังต่อไปนี้

Moji et al. (2004: 223-224) จำแนกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นการลงข้อสรุปเบื้องต้นของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยข้อกล่าวอ้างมีความเชื่อมโยงกับสมมติฐาน คำถามวิจัย และแสดงสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

2) หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกต การทดลอง หรือแหล่งข้อมูลอื่นๆ เช่น การค้นคว้าจากงานวิจัย เพื่อใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวมรวบ ต้องมีความเชื่อมโยงกับสมมติฐาน สามารถตรวจสอบสมมติฐานได้

3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ หรือจากการเก็บรวมข้อมูลกับข้อกล่าวอ้าง โดยอธิบายว่า “ทำไมหลักฐานนั้นจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง” หรือตอบคำถามที่ว่า “เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น” ตัวอย่างประโยคเช่น ฉันคิดเช่นนั้น เพราะ..... เป็นต้น

Berland and Reiser (2008) อธิบายองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim)เป็นคำตอบของคำถามก่อนการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยบรรยายหรืออธิบายเกี่ยวสิ่งที่เกิดขึ้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อสิ่งที่เกิดขึ้น เป็นต้น

2) หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อนำมาใช้ในการในการสนับสนุนหรือแก้ต่างข้อกล่าวอ้าง

3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับ

Primo et al. (2008) นำเสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ ข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นไปที่การตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ศึกษาว่า เกิดขึ้นอะไร เกิดขึ้นได้อย่างไร หรือเหตุใดจึงเกิดขึ้น

2) หลักฐาน (Evidence) เป็นการสำรวจตรวจสอบข้อมูลที่จะช่วยสร้าง สนับสนุนและการอ้างอิงถึงข้อกล่าวอ้าง

3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นข้อความที่ตัดสินข้อกล่าวอ้าง โดยแสดงความเชื่อมโยงมโนทัศน์หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

MaNeill and Krajcik (2010: 21–25) พัฒนาองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้เหตุผล และการโต้แย้ง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นการแสดงคำตอบหรือข้อมูลสรุปของคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยคำตอบนั้นมีความเฉพาะต่อข้อคำถาม

2) หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยเก็บรวมรวมข้อมูลจากการบันทึกผลสังเกต การวัด หรือการสำรวจตรวจสอบ หลักฐานที่ดีควรพิจารณาความเหมาะสมและเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายเพื่อแสดงแนวคิดที่อธิบายว่า “เพราะเหตุใดจึงใช้หลักฐานนั้นในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง” เป็นการแสดงเหตุผลเชิงตรรกะ

4) การโต้แย้ง (Rebuttal) เป็นการพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขหรือปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้น โดยการเตรียมหลักฐานและเหตุผล เพื่อใช้ในการแสดงการโต้แย้งหรือคัดค้านคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้น

จากการศึกษาข้างต้น พบว่า นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ท่านจำแนกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบพื้นฐาน ได้แก่ การกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล แต่จะเห็นได้ว่าการจำแนกของ MaNeill and Krajcik (2010: 21–25) ได้เพิ่มองค์ประกอบการโต้แย้ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบ ที่นำเสนอข้อโต้แย้งหรือการคัดค้านคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นของนักเรียน เพื่อนำไปสู่การแก้ไขหรือปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้น ซึ่ง

องค์ประกอบนี้ให้สำหรับพัฒนานักเรียนที่สามารถเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องครบทั้ง 3 องค์ประกอบพื้นฐานแล้ว

ดังนั้นจึงกล่าวสรุปได้ว่า องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบหรือข้อสรุปเบื้องต้นของคำถามที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา มักเป็นการตอบคำถามที่ว่า เกิดอะไรขึ้น เกิดขึ้นได้อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเกิดขึ้น ปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เป็นเช่นนั้น เป็นต้น

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ได้จากการสำรวจตรวจสอบ การทดลอง การสังเกต หรือการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อ เพื่อนำมาใช้ในการสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ มักเป็นการอธิบายแนวคิดที่ต้องการตอบคำถามว่า “เพราะเหตุใดจึงใช้หลักฐานนั้นในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง” หรือ “เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น” เป็นต้น

2.5 กลยุทธ์ในการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาเสนอกลยุทธ์ในการจัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

McNeill and Krajcik (2008) เสนอกลยุทธ์ในการจัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) กำหนดกรอบแนวคิดของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน

การอภิปรายเกี่ยวกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ครูไม่ควรสมมติว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการสร้างคำอธิบาย ครูควรให้ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และอธิบายองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน นักเรียนสร้างกล่าวอ้างได้ง่ายที่สุด ดังนั้นครูควรเน้นให้นักเรียนเข้าใจความหมายของหลักฐาน และการให้เหตุผล โดยอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับข้อแตกต่างระหว่างข้อมูลกับหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของคำว่าหลักฐานได้ชัดเจนขึ้น และอภิปรายความหมายของการให้เหตุผล อธิบายคำสำคัญของการเขียนหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน

2) ยกตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การยกตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ครูควรชี้ให้นักเรียนเห็นจุดแข็งและจุดอ่อน ของตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจน โดยนักเรียนจำแนกและบอกได้ว่าตัวอย่างคำอธิบายที่มีจุดแข็งอย่างไร เช่น การให้เหตุผลที่แสดงให้เห็นว่าหลักฐานสนับสนุนข้อกลว่าวอ้าง หรือนักเรียนสามารถอธิบายการแก้ไขจุดอ่อนของตัวอย่าง เช่น การใช้ความคิดเห็นเป็นหลักฐาน วิธีการนี้จะช่วยให้นักเรียนเห็นความยากและเข้าใจมโนทัศน์ที่คาดเคลื่อนของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3) บอกเหตุผลในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพนั้นนักเรียนควรมองเห็นความสำคัญของการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการครูอาจจะอธิบายว่าวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานของการอธิบายทางปรากฏการณ์ธรรมชาติ และการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้หลักฐานและการให้เหตุผลจะช่วยให้ข้อกล่าวอ้างมีความน่าเชื่อถือ

4) เชื่อมโยงกับคำอธิบายในชีวิตประจำวัน

ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายถึงการอธิบายในชีวิตประจำวัน โดยใช้องค์ประกอบของข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล เพื่อพิจารณาว่าการอธิบายในชีวิตประจำวันนั้นมีหลักฐานเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่อย่างไร

5) การประเมินและให้ข้อมูลย้อนกลับ

การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ควรชี้ให้นักเรียนเห็นจุดแข็งและจุดอ่อนของคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยครูสร้างเกณฑ์ในการประเมินคำอธิบายตามองค์ประกอบของคำอธิบายได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขหรือปรับปรุงการเขียนของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study, 2014) นำเสนอกลยุทธ์และสร้างเครื่องมือสำหรับฝึกหัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน ดังนี้

1) กำหนดข้อคำถามหรือปัญหาที่ให้นักเรียนค้นหาคำตอบ

ธรรมชาติของการศึกษาและค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์เป็นการคำตอบที่เกี่ยวข้องกับโลก โดยคำตอบที่ได้นั้นสามารถทดสอบคำตอบได้จากการสำรวจตรวจสอบ ดังนั้นครูควรกำหนดปัญหาหรือข้อคำถามที่ไปสู่การค้นหาคำตอบโดยสำรวจตรวจสอบและเก็บรวมรวมข้อมูล

2) การเก็บรวบรวมหลักฐาน

ข้อมูลของนักเรียนที่ได้จากการเก็บรวบรวมอาจมีจำนวนมากและหลากหลาย บางข้อมูลอาจนำมาช่วยตอบคำถามได้ แต่บางข้อมูลอาจจะไม่สามารถช่วยตอบคำถามได้ ดังนั้นข้อมูลที่จะนำมาเป็นหลักฐานได้นั้น ควรเป็นข้อมูลที่ช่วยให้นักเรียนตอบคำถามได้ โดยหลักฐานอาจมาจากการสำรวจตรวจสอบ การสังเกต การอ่าน และการเลียนแบบปรากฏการณ์ เป็นต้น

3) การให้เหตุผล

การให้เหตุผลครูเน้นให้นักเรียนอธิบายว่า “ทำไมหลักฐานแต่ละชิ้นจึงช่วยในการตอบคำถาม” ครูอาจสร้างตารางแสดงการใช้หลักฐานกับข้อความเชื่อมโยงของการให้เหตุผล ซึ่งการให้เหตุผลเป็นการพิจารณาตรรกะความเชื่อมโยงระหว่างคำตอบกับหลักฐาน โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

4) การสร้างข้อกล่าวอ้าง

ข้อกล่าวอ้างเป็นข้อความที่เป็นคำตอบของคำถาม อาจประกอบด้วย 1 หรือ 2 ประโยค ที่อาจจะอธิบายแนวโน้มหรือพฤติกรรมของปรากฏการณ์ โดยครูควรเน้นให้นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้างที่ขึ้นอยู่กับหลักฐานและการให้เหตุผล ในบางครั้งการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้เริ่มต้นจากการสร้างกล่าวอ้าง แต่เริ่มต้นด้วยกำหนดคำถามที่ต้องการค้นหาคำตอบ จากนั้นจึงมุ่งไปสู่การสำรวจตรวจสอบ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่สามารถตอบคำถามได้ ดังนั้นในการสร้างข้อกล่าวอ้างบางครั้งครูอาจให้นักเรียนกำหนดปัญหาแล้วเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามและใช้เป็นหลักฐานแล้วจึงสร้างกล่าวอ้างที่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) ตระหนักถึงเป้าหมายของการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การส่งเสริมให้นักเรียนฝึกเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ถือว่าเป็นงานที่สำคัญของครู โดยเป้าหมายของการส่งเสริมการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้แก่ การแสดงตรรกะของการอธิบายประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้างที่สนับสนุนด้วยหลักฐานและการให้เหตุผล นักเรียนควรเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานแต่ละส่วนและเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ และนักเรียนเลือกใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษากลยุทธ์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนจะสามารถเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจน อธิบายองค์ประกอบของข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลได้ สามารถจำแนกคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อ และครูต้องจัดเตรียมคำถามหรือกำหนดปัญหา เพื่อให้นักเรียนค้นหาคำตอบและนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน คำถามเป็นตัวชี้นำในสำรวจตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการตัดสินความเชื่อมโยงของหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

2.6 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาแนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่าการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.6.1 แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาสตร์ มีลักษณะเป็นการกำหนดสถานการณ์ ข้อมูลประกอบสถานการณ์ เช่น ภาพ ตาราง และข้อคำถาม ลักษณะของข้อคำถามเป็นแบบให้เขียนตอบ โดยเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ดังตัวอย่างต่อไปนี้

McNeill et al. (2006: 170 -191) สร้างและพัฒนาแบบวัดเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยวัดความสามารถในเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ เช่น เรื่องสารและสมบัติของสาร ปฏิกิริยาเคมี และกฎทรงมวล แบบสอบที่สร้างขึ้นแบบสอบอัตนัยประกอบด้วย สถานการณ์ ข้อมูลประกอบสถานการณ์ อาจจะเป็นรูปภาพหรือตารางแสดงผลการทดลองและข้อคำถาม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

คาร์ลอสมีของเหลว 2 ชนิด ได้แก่ กรดบูทานิกและบูทานอล คาร์ลอสตรวจสอบปริมาณของเหลวทั้ง 2 ชนิด แล้วนำของเหลวทั้งสองชนิดมาผสมกัน หลังจากการให้ความร้อนและคนของเหลวทั้ง 2 ชนิดเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดสารออกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้น A และ ชั้น B หลังจากนั้นคาร์ลอสใช้หลอดหยดดูสารตัวอย่างของแต่ละชั้น และนำไปตรวจสอบปริมาณของสาร (Number of measurement)

สาร	ปริมาตร (cm^3)	มวล (m)	ความหนาแน่น (g/cm^3)	การละลายน้ำ	จุดหลอมเหลว (°C)
กรดบูทาลิก	10.18	9.78	0.96	ละลาย	- 7.9
บูทานอล	10.15	8.22	0.81	ละลาย	- 89.5
ชั้น A	2.00	1.74	0.87	ไม่ละลาย	-91.5
ชั้น B	2.00	1.00	1.00	ละลาย	0

นักเรียนจงเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสดงให้เห็นว่า เมื่อคาร์ลอสผสมกรดบูทานิกกับบูทานอลเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่

Gotwals Songer and Bullard (2009) สร้างแบบวัด เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างการคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยวัดการการใช้หลักฐานและเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศ แบบสอบที่สร้างขึ้นแบบสออัตนัย ประกอบด้วยสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์และข้อคำถาม เพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

การบ้านของเดวิสในวิชาวิทยาศาสตร์ของครูเลอองวันนี้ คือบันทึกสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่พบในสนามเด็กเล่นและอาหารของสิ่งมีชีวิตนั้น โดยเดวิสสร้างตารางบันทึกผล ดังต่อไปนี้

สิ่งมีชีวิต	อาหารของสิ่งมีชีวิต	จำนวนของสิ่งชีวิต
งู	กบ หนู	3 ตัว
หญ้าและเมล็ดพืช	--	จำนวนมากไม่สามารถนับได้หมด
ตั๊กแตน	ใบหญ้า	14 ตัว
กบ	ตั๊กแตน	10 ตัว

นักเรียนจงสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของคำถามที่ว่า “ตามที่เดวิสบันทึกสิ่งมีชีวิตที่พบในสนามเด็กเล่นสิ่งมีชีวิต 2 ชนิดใดเป็นผู้ล่า”

จากตัวอย่างแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่าแบบสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบอัตนัย แต่ละข้อประกอบด้วยสถานการณ์ ข้อมูลประกอบสถานการณ์ และข้อคำถาม โดยแบบสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.6.2 แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ครอบคลุมองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้างอ้าง (2) หลักฐาน และ (3) การให้เหตุผล และกำหนดเกณฑ์ประเมินแบบรูบริกส์ 3 ระดับ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

Moji et al (2004) นำเสนอแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดตัวบ่งชี้คุณภาพของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 5 ตัวบ่งชี้แล้วนำมากำหนดรายการประเมินและนำมาใช้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 3 ระดับ ได้แก่

1) สร้างข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับปัญหาที่ศึกษา

2) เตรียมหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3) ให้เหตุผลเพื่อแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

4) ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและชัดเจน และ

5) เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามตัวบ่งชี้ของ Moji et al (2004)

พฤติกรรมบ่งชี้	**ระดับคะแนน**		
	1	**2**	**3**
1) สร้างข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับปัญหาที่ศึกษา	ไม่มีข้อกล่าวอ้างหรือข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	ข้อกล่าวอ้างบางส่วนแสดงให้เห็นถึงความไม่เข้าใจ โดยข้อกล่าวอ้างอาจประกอบด้วยรายละเอียดที่ถูกต้องแลและไม่ถูกต้อง หรือขาดรายละเอียดสำคัญ	ข้อกล่าวอ้างถูกต้อง

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนน		
	1	2	3
2) เตรียมหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีหลักฐาน หรือหลักฐานที่ให้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	มีหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่หลักฐานที่ใช้นั้นอาจยังมีส่วนที่ไม่ถูกต้อง และไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	มีหลักฐานที่ถูกต้องและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3) ให้เหตุผลเพื่อแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานที่ข้อกล่าวอ้าง	ขาดการให้เหตุผล หรือมีการให้เหตุผลแต่แสดงการเห็นการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	การให้เหตุผล แต่บางเหตุผลที่นำมาใช้ยังไม่แสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง และยังไม่เพียงพอ	การให้เหตุผล แสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยแสดงการใช้คำที่เชื่อมโยง เช่น “เพราะ” “ดังนั้น” หรือ “ด้วยเหตุนี้” เพื่อแสดงการเชื่อมโยงที่ต่อเนื่อง
4) ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและชัดเจน	ไม่ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ หรือ ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง	ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง แต่ยังมีบางส่วนที่ไม่ถูกต้องและขาดความชัดเจน	ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและชัดเจน
5) เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ชัดเจน	เขียนคำอธิบายไม่ชัดเจน ไม่แสดงรายละเอียดของบริบทที่จำเป็น	เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ยังไม่ชัดเจน ประกอบด้วยเพียงรายละเอียดของบริบทที่จำเป็น หรือประกอบด้วยทั้งบริบทที่จำเป็นและไม่จำเป็น	เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน แสดงถึงความเฉพาะของปรากฏการณ์หรือปัญหา โดยแสดงรายละเอียดของบริบทที่จำเป็น

McNell and Krajcik (2008) สร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีรายการประเมินตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 3 ระดับ การสร้างเกณฑ์การประเมินแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกส์แบบทั่วไป (general rubrics) และเกณฑ์การให้คะแนนรูบริคแบบเฉพาะ (Specific rubric)

เมื่อสร้างเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกส์แบบทั่วไปนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกส์ตามความเฉพาะของเนื้อหาหรือชิ้นงานในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นักเรียน นำมาใช้ในการประเมินความสามารถในการสร้างการคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้รับในบทเรียน โดยนักเรียนประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้จากบทเรียนมาใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทั่วไปตามองค์ประกอบทางวิทยาศาสตร์ (McNell and Krajcik, 2008)

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	**ระดับคะแนน**		
	0	**1**	**2**
ข้อกล่าวอ้าง (Claim) : คำตอบของคำถามหรือปัญหาทางวิทยาวิทยาศาสตร์	ไม่สร้างข้อกล่าวอ้างหรือสร้างข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	สร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	สร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence) : ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยข้อมูลต้องมีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่แสดงหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือการใช้หลักฐานที่ไม่เหมาะสมต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ใช้หลักฐานในสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้เหมาะสม แต่ยังไม่เพียงพอ อาจใช้หลักฐานบางอย่างที่ไม่เหมาะสม	ใช้หลักฐานได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	0	1	2
การใช้เหตุผล (Reasoning) : การแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน ซึ่งแสดงว่าเพราะเหตุใดจึงใช้ข้อมูลนั้นเป็นหลักฐาน ที่มีความเหมาะสมและเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีการใช้เหตุผล หรือเหตุผลที่ใช้ไม่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง	มีการให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยอาจจะมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	มีการให้เหตุผลถูกต้องและสมบูรณ์แสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร ที่พัฒนาโดย McNell and Krajcik (2008)

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง (Claim) : คำตอบของคำถามหรือปัญหาทางวิทยาวิทยาศาสตร์	ไม่แสดงข้อกล่าวอ้างว่าของเหลวใดเป็นสารชนิดเดียวกัน หรือ แสดงข้อกล่าวไม่ถูกต้อง	ไม่แสดงข้อกล่าวอ้างชัดเจน เช่น ของเหลวบางชนิดเป็นสารชนิดเดียวกัน	แสดงข้อกล่าวชัดเจน เช่น ของเหลวชนิดที่ 1 และ 4 เป็นสารชนิดเดียวกัน

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	0	1	2
หลักฐาน (Evidence) : ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยข้อมูลต้องมีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ใช้หลักฐานไม่เหมาะสม เช่น มวลของสารเท่ากัน หรือการใช้หลักฐานไม่ชัดเจน เช่น ใช้ข้อมูลจากตารางเป็นหลักฐานในสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ใช้หลักฐาน 1 หรือ 2 ส่วน ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว และ สีของเหลวที่ 1 และ 4 เหมือนกัน หรือ ใช้หลักฐานไม่เหมาะสม เช่น มวล	ใช้หลักทั้ง 3 ส่วน ทั้งความหนาแน่น จุดหลอมเหลว และสีของเหลว เพื่อสนับสนุนว่าของเหลวชนิดที่ 1 และ 4 เป็นสารชนิดเดียวกัน
การใช้เหตุผล (Reasoning) : การแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน ซึ่งแสดงว่าเพราะเหตุใดจึงใช้ข้อมูลนั้นเป็นหลักฐาน ที่มีความเหมาะสมและเพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	การให้เหตุผลไม่เหมาะสม เช่น ให้เหตุผลว่า เป็นสารที่เหมือนกับไขมันหรือสบู่ที่ใช้ในห้องในเรียน หรือ ไม่แสดงการให้เหตุผลใดๆ	การให้เหตุผลซ้ำ เช่น ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว และสีของของเหลว แสดงให้เห็นว่า เป็นว่าสารชนิดเดียวกัน หรือ การกล่าวสรุปว่าสมบัติของสาร เช่น มวล ไม่เหมาะต่อการใช้พิจารณาชนิดของสาร	การกล่าวสรุปอย่างสมบูรณ์ว่า ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว และสีเป็นสมบัติของสารละลาย ถ้าสารชนิดเดียวกันมีสมบัติเหมือนกัน ของเหลวที่ 1 และ 4 มีสมบัติเหมือนกัน จึงเป็นสารชนิดเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) มีประเด็นการนำเสนอดังนี้ (1) ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (2) ความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (3) กรอบแนวคิดของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (4) ลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และ (5) ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) ไว้ดังนี้

Harrison and Treagust (1998: 420) ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า“เป็นตัวแทนทางความคิดของวัตถุ กระบวนการ หรือสิ่งที่เป็นนามธรรมของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์”

Cartier (2000: 13) ให้ความหมายแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากการสรุปแนวคิดของนักเรียนไว้ว่า “แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นตัวแทนทางความคิดที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ที่ทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเป็นที่ยอมรับของชุมชนวิทยาศาสตร์”

Windschitl, Thompson and Braaten (2007: 4) ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “เป็นตัวแทนในการนำเสนอโครงสร้างทางทฤษฎี มโนทัศน์ ที่เป็นนามธรรมไม่สามารถมองเห็นหรือสังเกตได้โดยตรง” เช่น พีระมิดพลังงานในระบบนิเวศ องค์ประกอบภายในของโลก เป็นต้น

Ornek (2008:35) ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “เป็นตัวแทนของวัตถุ เหตุการณ์ หรือแนวคิด ที่เชื่อมโยงระหว่างเป้าหมายกับแหล่งข้อมูลที่คุ้นเคย”

Maia and Justi (2009: 603) ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “เป็นตัวแทนทางความคิดของวัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือแนวคิดของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้เข้าใจง่ายและไม่ซับซ้อน

Sibley (2009) ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “เป็นทางแทนทางความคิดที่ผู้เชี่ยวชาญสร้างขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการทำนายหรือทดลองด้านความคิดของมโนทัศน์

วัตถุ ระบบ ข้อมูล กระบวนการ หรือเหตุการณ์ อาจนำเสนอโดยการใช้คำพูด ไดอะแกรม สมการทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น”

Chiapptta and Koballa (2010: 114) ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “เป็นตัวแทนของวัตถุ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง อาศัยการนำเสนอโดยใช้แผนภาพ (Diagrammatically)”

Hsin, Ying and Kwun (2010) ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “เป็นตัวแทนทางความคิดที่ลดความซับซ้อนของระบบ มีความเฉพาะต่อองค์ประกอบ สามารถอธิบายความเข้าใจของโครงสร้างหรือกระบวนการที่ปรากฏอยู่ในระบบได้”

Pluta, Chinn and Duncan (2011: 487) ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “เป็นตัวแทนทางความคิดของนักเรียนที่มีต่อปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อใช้ในการแสดงสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ และการกล่าวอ้างถึงการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองกับโลกความเป็นจริง โดยการกล่าวอ้างสามารถทดสอบเชิงประจักษ์ได้”

จากการศึกษาความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า เป็นตัวแทนทางความคิดของวัตถุ กระบวนการ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อลดความซับซ้อน ง่ายต่อการสร้างเข้าความเข้าใจ และสามารถนำมาใช้ในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

3.2 ความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในอธิบายผลการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหรือกระบวนการทำงานของตนเอง โดยแบบจำลองเป็นตัวแทนในนำเสนอแนวคิด และแสดงกลไกของการวิธีการสำรวจตรวจสอบ และการนำไปใช้ทำนายปรากฏการณ์ที่มีลักษณะคล้ายกัน (Gershenfeld,2012) แบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นจะต้องได้รับการยอมรับจากชุมชนวิทยาศาสตร์ การยอมรับแบบจำลองนั้นพิจารณาจากข้อมูลที่ได้รับการทดสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และให้ผลการทดสอบเชิงประจักษ์ และนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า “แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่คำตอบทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องที่สุด แต่เป็นการนำเสนอแนวคิดที่สามารถยอมรับได้” เนื่องจากได้รับการทดสอบเชิงประจักษ์และสามารถนำไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ได้ (Harrison and Treagust, 1998: 421)

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากบางปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถแสดงหรือสาธิตได้ในห้องเรียน อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านเวลาและความปลอดภัย จึงใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของการนำเสนอปรากฏการณ์ เพื่อใช้ในการอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ ลดความซับซ้อนของปรากฏการณ์และเป็นที่น่าสนใจสำหรับนักเรียน และกระบวนการสร้างแบบจำลองวิทยาศาสตร์ เป็นกลยุทธ์สำคัญ ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความด้วยตนเอง โดยในการสร้างแบบจำลอง นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้าง การจัดการ การตีความ และการประเมินแบบจำลองด้วยตนเอง ดังนั้นนักเรียนควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองที่เป็นกุญแจสำคัญในการสร้างและพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ (Gilbert 2004: 117) การส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองจะทำให้นักเรียนมีประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถสร้างความรู้และประเมินความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Harrison & Treagust, 2000)

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอความสำคัญของการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

Hestenes (1996) เสนอประโยชน์ของการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1) กิจกรรมการสร้างแบบจำลองเป็นกิจกรรมที่จัดเตรียมสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ให้นักเรียนเกิดปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ซึ่งการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้นี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ที่ดี

2) การทำงานร่วมกับการสร้างแบบจำลองช่วยส่งเสริมความสามารถทางการคิดของนักเรียน

3) การสร้างแบบจำลองและการพัฒนาแบบจำลองส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะการจัดกระทำข้อมูล การวิเคราะห์ และจัดทำสถิติ

4) ความรู้ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและความเข้าใจในการพัฒนาแบบจำลองสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้กับสาขาวิชาอื่นได้

Maia and Justi (2009: 604 – 607) ได้อธิบายว่าการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจธรรมชาติ

และกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนพัฒนาความสามารถ ดังต่อไปนี้

1) การจัดจำแนกข้อความรู้และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้มากกว่าการจำจดเพียงข้อมูล ข้อเท็จจริง หรือคำนิยาม

2) มีทักษะในการแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง

3) มีทักษะในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและเลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสมกับการสร้างแบบจำลอง

Schwarz et al. (2009: 633 - 634) อธิบายว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วม ในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สามารถช่วยพัฒนาและประเมินการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ โดยในแต่ละขั้นตอนการของการสร้างแบบจำลองสามารถพัฒนานักเรียนได้ดังต่อไปนี้

1) การสร้างและพัฒนาแบบจำลอง สามารถพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

2) กระบวนการแก้ไขแบบจำลอง ส่งเสริมให้นักเรียนสะท้อนแนวคิดเกี่ยวกับความเข้าใจและการประเมินแบบจำลองของตนเอง

Coll and Lajium (2011: 3) เสนอจุดมุ่งหมายของการใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนไว้ดังต่อไปนี้

1) เพื่อใช้ในการสร้างและนำเสนอแนวคิดหรือมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2) ส่งเสริมการใช้สถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้

3) ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนในการนำเสนอแนวคิด

จากการศึกษาความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น จะเห็นได้ว่านักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของแนวคิด หรือกระบวนการค้นหาความรู้ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจและสามารถนำไปใช้ในการอธิบาย หรือการทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการนำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในห้องเรียน เพื่อลดข้อจำกัดของการนำเสนอแนวคิดหรือมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถสาธิตได้ในห้องเรียนที่อาจ

เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาและความปลอดภัย พร้อมทั้งการส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ประกอบด้วย การสร้าง การทดสอบ และการประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ โดยมีจุดมุ่งหมายดังนี้

1) กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

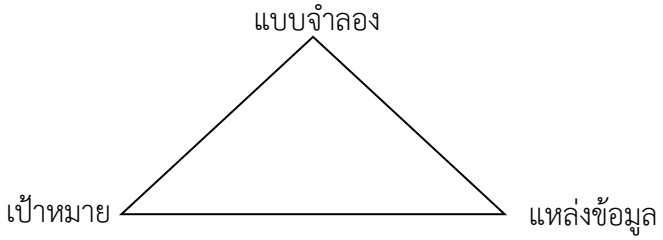
2) เข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติและกระบวนการสร้างแบบจำลอง เพื่อนำมาใช้ในการบรรยาย อธิบาย และทำทายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

3) ฝึกทักษะการคิด เช่น การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย การวิเคราะห์แยกแยะข้อมูลและแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับแบบจำลอง เป็นต้น

3) การประเมินแบบจำลองช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่ศึกษามากขึ้น

3.3 กรอบแนวคิดของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการสร้างแบบจำลองมีความเกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนระหว่างแหล่งข้อมูล แบบจำลองและเป้าหมายการเรียน โดย เป้าหมาย(Target) คือ สิ่งที่ต้องการศึกษาและทำความเข้าใจ แหล่งข้อมูล (Source) คือ ความรู้ที่ได้จากชีวิตประจำวันหรือประสบการณ์เดิม และ แบบจำลอง (Model) คือ สิ่งที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างเป้าหมายและแหล่งข้อมูล (Brodie et al., 1994 อ้างอิงถึงใน Coll and Lajium, 2011: 3 - 4) ดังแผนภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลอง แหล่งข้อมูล และเป้าหมาย ดังแผนภาพที่ 3

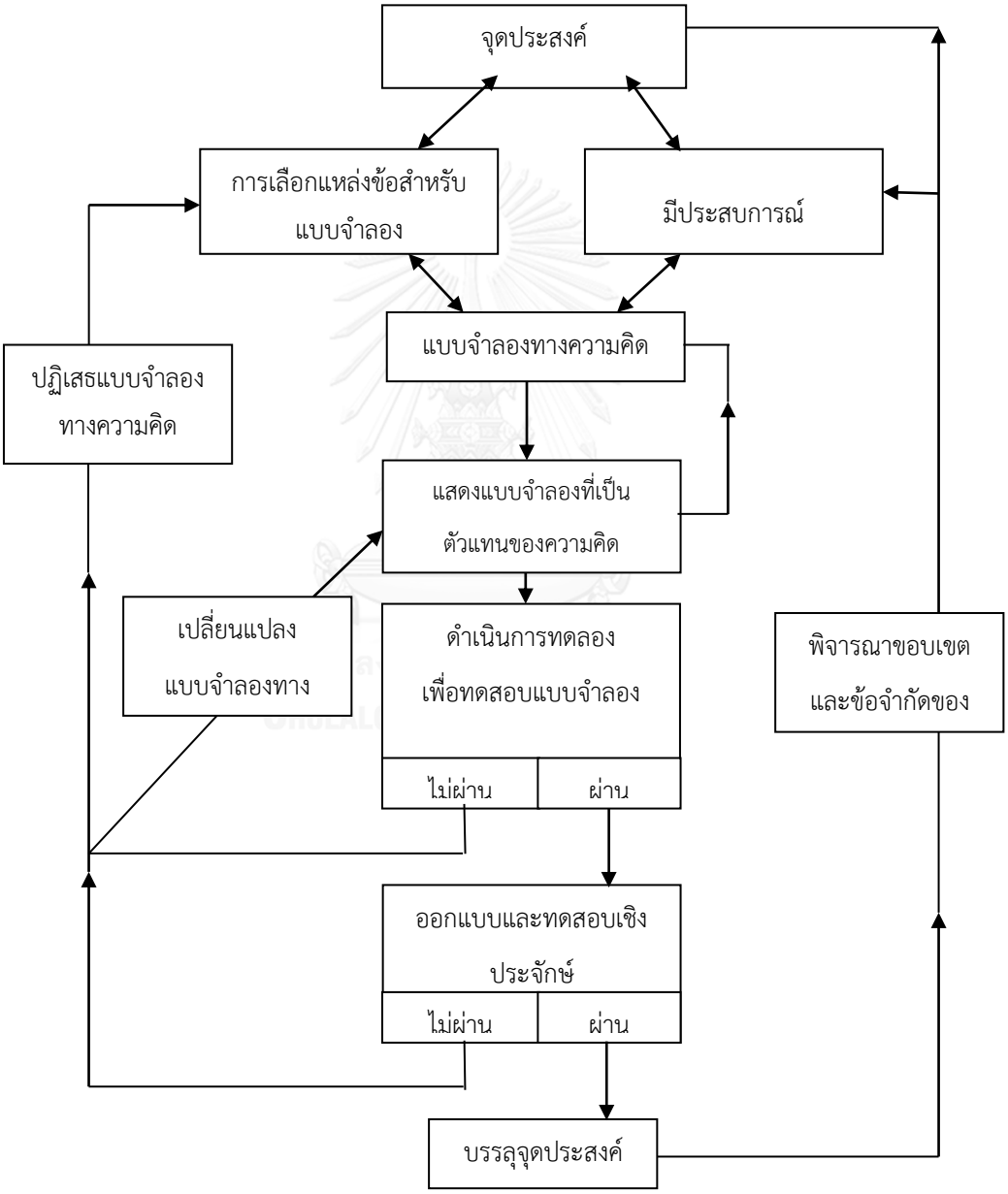


แผนภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลอง แหล่งข้อมูลและเป้าหมาย

(Brodie et al., 1994 อ้างอิงถึงใน Coll and Lajium, 2011: 3 – 4)

จากแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลอง แหล่งข้อมูลและเป้าหมาย สามารถอธิบายได้ว่า แบบจำลองเป็นตัวแทนที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมายการเรียนรู้และแหล่งข้อมูล โดยนำข้อมูลมาใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษา

Justi and Gilbert (2002: 370 – 372) นำเสนอกรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ดังแผนภาพที่ 4



แผนภาพที่ 4 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง

(Justi and Gilbert ,2002: 371)

จากแผนภาพที่ 4 สามารถอธิบายได้ว่า การสร้างแบบจำลองของนักเรียนต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยเริ่มจากการพิจารณาวัตถุของการศึกษาปรากฏการณ์ แล้วนำไปสู่การอธิบายพฤติกรรมของปรากฏการณ์ การแสดงเหตุและผลการทำนายปรากฏการณ์ภายใต้บริบทของสภาพแวดล้อม เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยนักเรียนใช้ประสบการณ์เดิม ซึ่งอาจเป็นประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์ที่ได้รับจากแหล่งข้อมูลต่างๆ นักเรียนเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์ ต่อจากนั้นนักเรียนแสดงหรือนำเสนอแบบจำลองโดยใช้สื่อวัสดุ ภาพ ภาษา หรือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งกระบวนการแสดงแบบจำลองมีการพัฒนาเป็นวงจรร่วมกับการพัฒนาการสร้างแบบจำลองทางความคิด นำไปสู่กระบวนการตรวจสอบ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและทดสอบเชิงประจักษ์ เมื่อนักเรียนพิจารณาผลการสอบแบบจำลอง หากผลการทดสอบแบบจำลองสอดคล้องจุดประสงค์ที่สามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ได้ แต่ถ้าผลการสอบทดสอบในกระบวนสำรวจตรวจสอบผิดพลาด นักเรียนจะแก้ไขและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง เมื่อแก้ไขแบบจำลองแล้วนำไปสู่การทดสอบเชิงประจักษ์ หากผลการทดสอบยังคงความผิดพลาด นักเรียนเข้าสู่การปฏิเสธแบบจำลองและดำเนินการสร้างแบบจำลองใหม่ แต่หากแบบจำลองถูกต้องและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้จะนำไปสู่ขั้นตอนการพิจารณาขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (Justi and Gilbert, 2002: 370 – 372)

Justi (2009:32-40) ได้ดำเนินการศึกษาและสังเคราะห์ขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองตามกรอบแนวคิดการสร้างแบบจำลองข้างต้น ((R.S. Justi & Gilbert, 2002) โดยแบ่งกระบวนการสร้างแบบจำลองออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Production of the mental model) ประกอบด้วยความสัมพันธ์ของ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การกำหนดจุดประสงค์ (decide on purpose) การมีประสบการณ์ (have experience) การเลือกแหล่งข้อมูลสำหรับแบบจำลอง (select source for model) และการสร้างแบบจำลองทางความคิด (produce mental model) กิจกรรมการเรียนการสอนควรกำหนดจุดประสงค์ของแบบจำลองให้ชัดเจน โดยครูมีบทบาทหลักในการนำเสนอนำเสนอจุดประสงค์ และสร้างความเข้าใจให้กับนักเรียน

2) การนำเสนอแบบจำลอง (Expression of the model) เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและสร้างสรรค์ของการปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของขั้นที่ 1 ที่จะนำเสนอแบบจำลองทางความคิด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่อยู่ในระหว่างการแสดงแบบจำลองและการสื่อสารแบบจำลอง

3) การทดสอบแบบจำลอง (Testing of the model) เป็นการออกแบบและทดสอบแบบจำลองเพื่อแสดงข้อมูลเชิงประจักษ์ เป็นที่ยอมรับของนักเรียน มีการอภิปรายร่วมกันทั้งภายในกลุ่ม และภายในห้องเรียน โดยนักเรียนร่วมกันตั้งข้อคำถามเพื่อดำเนินการอภิปราย

4) การพิจารณาขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง (Consideration of scope and limitations of the model) เป็นกระบวกการที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ในการประเมินขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยพิจารณาในประเด็นเกี่ยวกับการบรรลุจุดประสงค์และการมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองกับบริบทใหม่

นอกจากนี้ Justi (2009:39) เสนอทักษะของนักเรียนและบทบาทของครูที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะในแต่ละขั้นตอนของการสร้างแบบจำลอง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ทักษะของนักเรียนและบทบาทของครูที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะในการสร้างแบบจำลอง

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง	ทักษะของนักเรียนที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง	บทบาทของครู
1. การสร้างแบบจำลองทางความคิด (Production of the mental model)	1. สังเกตความสัมพันธ์เชิงระบบของเรื่องที่ศึกษา 2. เลือกความรู้เดิม โดยเกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียน 3. ระบุลักษณะของระบบหรือความรู้เดิมที่มีความสัมพันธ์กับเนื้อหาของเรื่องที่ศึกษา ซึ่งมีความสำคัญต่อการสร้างแบบจำลอง 4. พิจารณาความแตกต่างของแนวทางการสร้างแบบจำลองและความสัมพันธ์ของข้อมูล	1. กระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือระบบที่ศึกษา 2. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับระบบภายใต้ปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง	ทักษะของนักเรียนที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง	บทบาทของครู
	5. การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิด ข้อมูลและการสร้างแบบจำลองตามจุดประสงค์ที่กำหนด	
2. การนำเสนอแบบจำลอง (Expression of the model)	1. การนำเสนอและตีความแบบจำลองของนักเรียน 2. การสื่อสารแนวคิดที่ถูกต้องและชัดเจน	1. สร้างความชัดเจนในการสื่อสารแบบจำลอง โดยใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงแนวคิดที่ในการสร้างแบบจำลอง
3. การทดสอบแบบจำลอง (Testing of the model)	1. การวางแผนการทดสอบ การระบุตัวแปรสำคัญ และการลำดับขั้นตอนการทดลอง 2. การใช้เครื่องมือวัดและการคำนวณ 3. การเก็บรวบรวมข้อมูล 4. การวิเคราะห์ การตีความข้อมูล	1. การพัฒนาความสามารถในการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน 2. ชี้แนะการวิเคราะห์ผลการทดลองให้กับนักเรียน
4. การพิจารณาขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลอง (Consideration of scope and limitations of the model)	1.การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามจุดประสงค์ 2. การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองและบริบทใหม่	1. ส่งเสริมให้นักเรียนมีมุมมองในการสร้างแบบจำลองที่เกิดจากหลักฐานและความรู้เดิม 2.สนับสนุนการขยายความรู้โดยการใช้คำถามที่นำไปสู่การใช้แบบจำลองในบริบทใหม่

3.4 ลักษณะสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ระบุลักษณะสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

Driel and Verloop (1999: 1142-1143) ระบุลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย ซึ่งเป็นการนำเสนอเป้าหมายโดยใช้แบบจำลองอ้างถึง วัตถุ ระบบ กระบวนการของปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2) เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้า ที่เกิดจากการศึกษาและเก็บรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเป้าหมายที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง เช่น อะตอม หลุมดำ ไดโนเสาร์ เป็นต้น

3) ไม่เกิดปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับการนำเสนอเป้าหมาย เช่น ภาพถ่ายหรือสเปกตรัม ไม่ใช่สมบัติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แสดงถึงการอุปมากับเป้าหมาย สามารถนำไปสู่การตั้งข้อสมมติฐานเพื่อนำไปสู่การทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่เป้าหมายของการศึกษา

5) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับการศึกษาที่มีเป้าหมายเฉพาะเจาะจง โดยต่างจากการศึกษาตามประเด็นของเป้าหมายทั่วไป

6) การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นการนำเสนอตัวแทนทางความคิดที่อยู่ระหว่างการอุปมาและความแตกต่างของเป้าหมายที่สามารถยอมรับได้กลุ่มที่ศึกษา

7) การพัฒนาแบบจำลองผ่านกระบวนการปฏิสัมพันธ์ จากการได้รับข้อมูลเชิงประจักษ์ และการแก้ไขแบบจำลองที่สนับสนุนด้วยหลักฐานจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์

Cartier (2000: 7) ระบุลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวแทนทางความคิด ที่สามารถนำไปใช้ในการอธิบายข้อมูลหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2) องค์ประกอบของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยมโนทัศน์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

3) มีความสอดคล้องกับแนวคิดที่ได้รับการศึกษาแล้ว และสามารถพิสูจน์ความสอดคล้องนั้นได้

4) สามารถนำไปใช้ในการทำนายปรากฏการณ์ที่เหมือนหรือคล้ายกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ เนื่องจากแบบจำลองเปรียบเสมือนเป็นแหล่งข้อมูลที่จะนำไปสู่การสร้างผลการทำนาย

5) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีการศึกษาและแสดงข้อพิสูจน์หรือข้อขัดแย้งที่ไม่สามารถอธิบายด้วยแบบจำลองเดิมได้

Pluta, Chinn and Duncan (2011: 486) ระบุลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยการเชื่อมโยงของมโนทัศน์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน

2) มีความสอดคล้องกับทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับ และมีผลการทดสอบความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองและทฤษฎีนั้น

3) มีการเสนอนำเสนอแบบจำลองที่เหมาะสม ลดความซับซ้อน และเข้าใจได้ง่าย

4) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้รับการทดสอบด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์

5) สามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้

Gershenfeld (2012) ระบุลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1) การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นไปตามหลักการทางวิทยาศาสตร์สามารถนำไปใช้อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้

2) เป็นการแสดงข้อสมมติฐานของปรากฏการณ์ที่ศึกษาในโลกความจริง เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบถึงกลไกของปรากฏการณ์ที่จะส่งผลต่อความเข้าใจ

3) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบได้ด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อนำไปสู่การพิจารณาการยอมรับหรือการปฏิเสธ

4) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีการนำเสนอข้อมูลหรือผลการทดลอบที่โต้แยงกับแบบจำลองเดิม

จากการศึกษาลักษณะของแบบจำลองตามข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปลักษณะสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ได้ดังนี้

1) มีความสอดคล้องกับเป้าหมาย ที่แสดงถึงการอุปมากับเป้าหมายและนำไปสู่การทดลองแบบจำลอง เพื่อพิจารณาความสอดคล้องกับเป้าหมาย

2) ประกอบด้วยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีความสอดคล้องกับแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และสามารถอธิบายความสอดคล้องนั้นได้

3) สามารถดำเนินการทดสอบได้ โดยใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์

4) สามารถนำไปใช้ในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้

5) เปลี่ยนแปลงได้ เมื่อเมื่อมีการนำเสนอข้อมูลหรือผลการทดสอบที่ไม่สามารถอธิบายหรือทำนายด้วยแบบจำลองเดิม

3.5 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาจำแนกประเภทของแบบจำลองตามทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน ตามเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดจำแนก ดังนี้

Gilbert, Boultrer and Elmer (2000: 11) แบ่งประเภทของแบบจำลองตามธรรมชาติที่เป็นอยู่จริง (ontological) ของแบบจำลองออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองทางความคิด (Mental model) เป็นตัวแทนทางความความคิดของบุคคล อาจสร้างโดยตัวบุคคลหรือกลุ่มที่ศึกษาเรื่องเดียวกัน

2) แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) เป็นตัวแทนการแสดงออกทางความคิดต่อบุคคลอื่นหรือกลุ่มที่ศึกษา มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันกับแบบจำลองทางความคิด

3) แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ (Consensus model) เป็นตัวแทนทางความคิดที่ได้รับสำรวจตรวจสอบ ทดสอบ และเป็นที่ยอมรับจากกลุ่มหรือชุมชนที่ศึกษา

4) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับผ่านกระบวนการศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ และการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนแบบจำลอง โดยเป็นที่ยอมของชุมชนวิทยาศาสตร์

5) แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (Historical model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับในบริบทเฉพาะของประวัติศาสตร์ และผลการศึกษาเป็นที่ยอมรับในชุมชน

6) แบบจำลองเชิงหลักสูตร (Curricular model) เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือแบบจำลองทางประวัติศาสตร์ที่สามารถเข้าใจได้ง่ายซึ่งบรรจุในหลักสูตรอย่างเป็นทางการ

7) แบบจำลองทางการสอน (Teaching model) เป็นแบบจำลองที่มีกระบวนการพัฒนาโดยครูหรือนักเรียน เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ และแบบจำลองเชิงหลักสูตร

8) แบบจำลองเชิงผสม (Hybrid model) เป็นแบบจำลองที่รวมลักษณะบางอย่างของแบบจำลองอื่น ได้แก่ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ หรือแบบจำลองเชิงหลักสูตร พบได้จากการสืบสอบ ซึ่งใช้ในหลักสูตรหรือห้องเรียนที่จุดมุ่งหมายในการเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลอง

9) แบบจำลองของการเรียนสอน (Model of pedagogy) เป็นแบบจำลองที่ครูใช้ระหว่างการวางแผน การปฏิบัติการ และการสะท้อนแนวคิดจากกิจกรรมการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นในห้องเรียน โดยเชื่อมโยงกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสอนวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์ และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ Gilbert, Boultrer and Elmer (2000: 11) อธิบายเพิ่มเติมว่าประเภทของแบบจำลองตามธรรมชาติของแบบจำลองนั้นสามารถนำเสนอแบบจำลองได้ 5 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

1) การนำเสนอเชิงรูปธรรม (Concrete mode) เป็นแบบจำลองที่มีองค์ประกอบของการใช้สื่อวัสดุ เช่น แบบจำลองโลหะรางรถไฟ แบบจำลองแสดงโครงสร้างของพอลิเมอร์ เป็นต้น

2) การนำเสนอเชิงภาษา (Verbal mode) เป็นแบบจำลองที่ใช้การอุปมาของภาษาในการพูด การเขียน หรือการสื่อสารด้วยวาจา

3) การนำเสนอเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical mode) เป็นแบบจำลองประกอบด้วยการนำเสนอด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

4) การนำเสนอเชิงภาพ (Visual mode) เป็นแบบจำลองที่สร้างโดยการใช้ภาพกราฟิก แผนภาพ ไดอะแกรม เป็นต้น

5) การนำเสนอเชิงการเคลื่อนไหว (Gestural) เป็นแบบจำลองที่แสดงออกเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว เช่น การเคลื่อนไหวของมือ เป็นต้น

Harrison and Treagust (1998: 420 - 429; 2010: 1041 - 1017) แบ่งประเภทของแบบจำลองตามหน้าที่ของแบบจำลองออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) แบบจำลองเชิงรูปธรรมที่นำเสนอตัวแทนทางความคิดของวัตถุในโลกความจริง ประกอบด้วย

1.1) แบบจำลองเชิงอัตราส่วน (Scale model) เป็นแบบจำลองที่อัตราส่วนของวัตถุ เพื่อแสดงโครงสร้าง สี และลักษณะที่เหมือนจริง แต่ขนาดของอาจแตกต่างกับวัตถุจริง เช่น แบบจำลองแสดงโครงสร้างของสะพาน แบบจำลองบ้านตัวอย่าง เป็นต้น

1.2) แบบจำลองการสอนเชิงอุปมา (Pedagogical analogical model) เป็นแบบจำลองที่แสดงข้อมูลร่วมกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และนำมาใช้ในการอธิบายสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นหรือสังเกตได้โดยตรง เช่น แบบจำลองพันธะเคมี เป็นต้น

2) แบบจำลองเชิงนามธรรมออกแบบเพื่อสื่อสารทฤษฎี ประกอบด้วย

2.1) แบบจำลองเชิงเครื่องหมายและสัญลักษณ์ (Iconic and Symbolic model) เป็นแบบจำลองที่แสดงสัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองแสดงสูตรทางเคมี มักใช้เพื่อสื่อสารเกี่ยวกับสัญลักษณ์ทางเคมี

2.2) แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) เป็นแบบจำลองที่แสดงสมบัติและกระบวนการทางกายภาพในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ มักใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ในการแสดงข้อสรุปหรือแนวคิดของทฤษฎี เช่น F = ma เป็นสมการของกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

2.3) แบบจำลองเชิงทฤษฎี (Theoretical model) เป็นแบบจำลองที่แสดงตัวแทนทางความคิดเกี่ยวเหตุผลเชิงทฤษฎี มักใช้ในการแก้ปัญหา เช่น ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ขึ้นอยู่กับ ปริมาตร อุณหภูมิ และความดัน เป็นต้น

3) แบบจำลองเชิงบรรยายหลายมโนทัศน์หรือกระบวนการ ประกอบด้วย

3.1) แผนผัง ไดอะแกรม และตาราง (Map Diagram and Tables) เป็นแบบจำลองที่แสดงรูปแบบ แนวทาง และความสัมพันธ์ของมโนทัศน์หรือกระบวนการ เพื่อใช้ในการสื่อสารที่เข้าใจง่าย เช่น ตารางธาตุ ไดอะแกรมแสดงกระบวนการเมตาบอลิซึม เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2) แบบจำลองเชิงมโนทัศน์และกระบวนการ (Concept – Process model) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายมโนทัศน์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองปฏิกิริยากรด – เบส สมดุลเคมี ปฏิกิริยารีดอกซ์ เป็นต้น

3.3) การเลียนแบบ (Simulation) เป็นแบบจำลองที่แสดงความซับซ้อนของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น สถานการณ์โลกร้อน พลังงานนิวเคลียร์

4) แบบจำลองเชิงบุคคลที่นำเสนอแนวคิดของตนเองเกี่ยวกับความจริง ทฤษฎี หรือกระบวนการ ประกอบด้วย

4.1) แบบจำลองทางความคิด (Mental model) เป็นแบบจำลองทางความคิดบุคคล อาจเกิดจากการอุปมาเพื่อใช้อธิบายแนวคิด โดยแบบจำลองทางความที่สร้างขึ้นอาจไม่ถูกต้องสมบูรณ์ ถ้ายังไม่รับการทดสอบเชิงประจักษ์

4.2) แบบจำลองเชิงสังเคราะห์ (Synthetic model) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการพัฒนาและสังเคราะห์มโนทัศน์ของนักเรียน เช่น การสังเคราะห์แบบจำลองทางเคมี เป็นต้น

Orenek (2008: 35 - 45) แบ่งประเภทของแบบจำลองตามหน้าที่ของแบบจำลองออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1) แบบจำลองทางความคิด (Mental model) เป็นแบบจำลองที่นำเสนอตัวแทนความคิดของสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลอง เกิดขึ้นภายในความคิดของบุคคลที่ต้องการแสดงมุมมองหรือมโนทัศน์ของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

2) แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (concept model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มหรือชุมชนที่ศึกษาในเรื่องเดียวกัน โดยนำเสนอเกี่ยวการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้น เช่น สมการทางคณิตศาสตร์ กราฟ เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

2.1) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) เป็นการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายพฤติกรรมหรือสรุปลักษณะสำคัญของระบบในรูปของสมการสัญลักษณ์และตัวเลข

2.2) แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer model) เป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเลียนแบบพฤติกรรมของปรากฏการณ์ ซึ่งอาจให้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา เพื่อช่วยในการทำนายการทำงานของระบบที่ซับซ้อน

2.3) แบบจำลองทางกายภาพ (physical model) เป็นตัวแทนในการนำเสนอวัตถุ สามารถจับหรือสัมผัสได้ เช่น แบบจำลองรถยนต์ เป็นต้น

3) แบบจำลองเชิงฟิสิกส์ (Physical model) เป็นแบบจำลองที่นำเสนอสถานการณ์สมมติ ที่สร้างจากการประยุกต์หลักการพื้นฐาน เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายต่อสถานการณ์นั้น

จากการศึกษาการแบ่งประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่าการจำแนกประเภทของแบบจำลอง ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการจัดจำแนกประเภท จากการศึกษาข้างต้น สามารถแบ่งประเภทของแบบจำลองออกเป็น 2 กลุ่มตามเกณฑ์ในการจัดจำแนก ได้แก่การแบ่งตามลักษณะธรรมชาติที่ปรากฏขึ้นจริงของแบบจำลอง และตามลักษณะหน้าที่ของแบบจำลอง โดยแบบจำลองมีรูปแบบการนำเสนอ 5 รูปแบบได้แก่ นำเสนอแบบจำลองได้ 5 รูปแบบ ได้แก่ (1) การนำเสนอเชิงรูปธรรม (2) การนำเสนอเชิงภาษา (3) การนำเสนอเชิงคณิตศาสตร์ (4) การนำเสนอเชิงภาพ และ (5) การนำเสนอเชิงการเคลื่อนไหว (Gestural)

4. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

4.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง พัฒนามาจากการจัดการเรียนการสอน POE (Predict – Observe – Explain) มีแนวคิดพื้นฐานจากทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) ประกอบด้วยขั้นตอนการเรียนการสอน 3 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นการทำนาย การสังเกต และการอธิบาย เน้นให้นักเรียนทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาและนำเสนอแนวคิดเบื้องต้น แล้วนำไปสู่การวางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบ เพื่อนำมาข้อมูลใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดเบื้องต้นกับข้อมูลที่ได้รับ จากผลการจัดการเรียนการสอน POE พบว่า นักเรียนสามารถทำนายปรากฏการณ์ภายใต้ขอบเขตที่ศึกษา แต่ขาดการแสดงความรู้หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน ทำให้ขั้นการทำนายยังไม่สามารถกระตุ้นหรือล้วงการใช้ประสบการณ์หรือความรู้เดิมของนักเรียนในการแสดงแนวคิดเบื้องต้น และขาดการสะท้อนความคิดของนักเรียนในการแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลกับแนวคิดเบื้องต้นของนักเรียน

ดังนั้นคณะวิจัยจึงได้พัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นการสังเกต การสะท้อนความคิด และการอธิบาย จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองแตกต่างจากขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน POE (Tien, 1998 : 31 -35) ดังนี้

1) ขั้นการแบบจำลองเบื้องต้น (Model) เป็นการขั้นการใช้ความรู้หรือประสบการณ์ในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา แทนขั้นการทำนาย (Predict) ในการจัดการเรียนการสอน POE เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงแนวคิดเบื้องต้นจากความรู้หรือประสบการณ์

2) ขั้นการสะท้อนความคิด (Reflect) เป็นขั้นการเชื่อมความสัมพันธ์ของหลักการทางวิทยาศาสตร์ และข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกต เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการแก้ไขแบบจำลอง ซึ่งเป็นขั้นที่เพิ่มจากขึ้นระหว่างขั้นการสังเกต (Observe) กับขั้นการอธิบาย (Explain) ของการจัดการเรียนการสอน POE เพื่อกระตุ้นการแสดงความเข้าใจของความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปสู่การแก้ไขแนวคิดเบื้องต้นของตนเอง

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยแบบจำลอง มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและคาดคะเนคำตอบ เป็นผู้ลงมือปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเองและเก็บรวบรวมข้อมูลมาใช้เป็นหลักฐานในการแก้ไขแบบจำลอง เพื่อนำแบบจำลองมาใช้เป็นตัวแทนทางความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีพื้นฐานจากทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยม (Constructivism) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองฐาน (Model based learning) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยม

ทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยมมีรากฐานมาจากการศึกษาของนักจิตวิทยากลุ่มพุทธิปัญญา (Cognitivism) ที่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการสร้างความรู้ด้วยตนเองร่วมกับการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมผ่านการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การสร้างคำถาม การอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และการแก้ปัญหา เป็นต้น เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์กับความรู้ใหม่ที่ได้รับ

จากบทเรียน (Krause, Bochner and Duchsne, 2003; Cruickshank et al.,2009) โดยมีความเชื่อว่า สมองของมนุษย์ไม่ใช่สิ่งที่ว่างเปล่า ครูไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ให้กับสมองของนักเรียนได้โดยตรง หรือความรู้ไม่สามารถเกิดจากการถ่ายทอดจากบุคคลหนึ่งสู่บุคคลหนึ่งได้โดยตรง แต่การเรียนรู้เป็นความสามารถของบุคคลที่กำกับการคิด การกระทำและการเรียนรู้ของตนเอง (Self - regulating) และการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักเรียน(Llewellyn, 2005: 29-30) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Woolfolk (2011: 376) ที่นำเสนอแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยมไว้ 2 ประการ ดังนี้

1) นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติ (Active) ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนใสร้างความรู้ด้วยตนเอง ใช้ความรู้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ในการสร้างและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของตนเอง แล้วสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

2) การปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีผลต่อการสร้างความรู้ของผู้เรียน โดยความสามารถในการเรียนรู้จะเพิ่มขึ้นเมื่อผู้เรียนมีส่วนในการเรียนรู้นั้น

การสร้างความรู้ของนักเรียนเกิดการพัฒนาโครงสร้างความคิด (Schema) ผ่านกระบวนการซึมซับหรือดูดซึม (assimilation) ซึ่งเป็นการรับข้อมูลจากภายนอกหรือจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่โครงสร้างทางความคิด ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (disequilibrium) เนื่องจากมีความขัดแย้งหรือสับสนระหว่างประสบการณ์เดิมกับความรู้ใหม่ จึงนำไปสู่การปรับกระบวนการรู้คิด (Accommodation) สามารถที่จะเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับความรู้ใหม่ ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายต่อผู้เรียน เพื่อให้นักเรียนอยู่ในสภาวะ (equilibrium) (ทิศนา แขมมณีและคณะ, 2545) นอกจากนี้การพัฒนาโครงสร้างทางความคิดยังต้องอาศัยการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่จะช่วยให้ผู้ได้แสดงแนวคิดและแลกเปลี่ยนแนวคิดกับบุคคลอื่นเช่น ครู เพื่อน พ่อแม่ เป็นต้น (Llewelly, 2005) ในขณะนักเรียนส่วนร่วมในกิจกรรมหรือการทำงานเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่จะส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเดิมให้มีความถูกต้อง มีมุมมองที่ซับซ้อนและกว้างมากขึ้น (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2545)

ทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยมนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้เสนอหลักการและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีสรรคนิยม ดังนี้

Hendry (1996 อ้างอิงถึงใน (Mclnerney & Mclnerney, 2002) นำเสนอหลักการสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีสรรคนิยม

1) ความรู้อยู่ในสมองของนักเรียนแต่ละคน โดยความรู้ไม่อยู่ในกระดานหรือหนังสือ ดังนั้นการเรียนควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้

2) การสร้างความหมายหรือการตีความขึ้นอยู่กับความรู้ของแต่ละบุคคล ดังนั้นการสร้างความเข้าใจในสิ่งเดียวกันของแต่ละบุคคลจะแตกต่างกัน

3) การสร้างความรู้เกิดขึ้นในแต่ละบุคคล โดยแต่ละบุคคลสร้างความรู้ด้วยตนเองซึ่งเกิดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับโลกภายนอก

4) ความรู้เป็นสิ่งที่ไม่คงที่ สามารถสร้างและเปลี่ยนแปลงได้ ไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิดแน่นอนขึ้นกับความเหมาะสมในการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้มากหรือน้อย

5) การสร้างความรู้เกิดจากพัฒนาทางปัญญาและประสบการณ์ของแต่ละคน

6) ความรู้สามารถสร้างจากการมีส่วนร่วมและการปฏิบัติ

7) การสร้างความรู้ต้องอาศัยพลังงานและเวลา ซึ่งแต่ละบุคคลต้องการแรงจูงใจในการสร้างความรู้ การสนับสนุนและการสร้างสิ่งแวดล้อมที่ท้าทายต่อการเรียนรู้ โดยเน้นให้นักเรียนอภิปราย อธิบาย และประเมินภายในบริบททางสังคม

Llewellyn (2002:45) นำเสนอหลักการสำคัญของการใช้ทฤษฎีสรรคนิยมในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1) ความเข้าใจของนักเรียนเกิดจากการซึมซับความรู้ใหม่

2) ความรู้เดิมหรือความเข้าใจของผู้เรียนในขณะนั้นเป็นตัวกำหนดในการยอมรับต่อสถานการณ์

3) ความรู้เดิมหรือความเข้าใจของผู้เรียนในขณะนั้นเป็นตัวกำหนดในการตีความสถานการณ์ใหม่

4) ความรู้ไม่สามารถถ่ายทอดจากบุคคลหนึ่งไปยังบุคคลหนึ่งได้ โดยการสื่อสารและการรับข้อมูลข้อมูลไม่เป็นการสร้างรู้ ซึ่งความรู้เป็นการสร้างภายในความคิด โดยผู้เรียนพยายามเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่

5) ความเข้าใจของผู้เรียนมีผลการต่อการสร้างความรู้ (construction) และการสร้างความรู้ใหม่ (reconstruction)

6) การเรียนรู้เกิดจากตัวบุคคลและการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

7) การสืบสอบเป็นกลวิธีได้รับการยอมรับและเหมาะสมในการอธิบายการคิดทางวิทยาศาสตร์

Cruickshank et al. (2009: 270) เสนอหลักการสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีสรรคนิยม ไว้ดังนี้

1) เน้นการเรียนรู้โดยการผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติ

2) กระตุ้นการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์หรือปัญหาตามสภาพจริง

3) นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับความรู้ใหม่ได้

4) ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการเรียนตามศักยภาพของนักเรียน

5) นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสังคม โดยเน้นการเรียนรู้แบบร่วมมือ

6) นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาได้

Muijs and Reynolds (2011) นำเสนอหลักการสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีสรรคนิยม ไว้ดังนี้

1) เป็นกระบวนการรู้อย่างกระตือรือร้น (Active) โดยนักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากประสบการณ์เดิมและการรับข้อมูลใหม่

2) นักเรียนมีความกระตือรือร้นในทดสอบการสร้างความรู้ โดยครูเป็นผู้ที่บทบาทในการจัดเตรียมกิจกรรม และประเมินการสร้างความรู้ของนักเรียน

3) การสร้างความรู้ไม่ใช่เกิดจากการคิดของบุคคลเพียงอย่างเดียวแต่ยังเกี่ยวข้องกับการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งอาจมีปฏิสัมพันธ์กับ เพื่อน ครู ผู้ปกครอง เป็นต้น ดังนั้นในการสร้างความรู้ของนักเรียนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำงานและการอภิปรายร่วมกัน

4) ครูควรมีความรู้ในเรื่องการพัฒนานักเรียนและทฤษฎีการรู้เพื่อให้มีกรอบแนวคิดจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจนและเหมาะกับนักเรียน

5) การเรียนรู้โดยการสร้างความรู้ด้วยตนเองอย่างมีความหมายควรมีการสำรวจและการใช้สื่อที่ดี

6) เน้นให้ผู้เรียนค้นพบและสะท้อนประสบการณ์จริง เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ตามสภาพจริงให้มีความเข้าใจที่ลึกซึ้ง

Woolfolk (2011) นำเสนอหลักการสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีสรรคนิยม ไว้ดังนี้

1) กระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนและเน้นภาระงานที่นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาตามสภาพของโลกความจริง

2) เน้นกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและนักเรียนกับครู ซึ่งเป็นการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

3) เน้นให้นักเรียนเรียนรู้และแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการค้นหาแหล่งข้อมูล การยกตัวอย่างที่หลากหลาย

4) ส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักในอิทธิพลของกระบวนการคิด และมีความสามารถในการพัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเอง

Snowman and Mccown (2012) นำเสนอหลักการสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีสรรคนิยม ไว้ดังนี้

1) การเรียนรู้ที่มีความหมาย เป็นการสร้างความกระตือรือร้นของการความรู้จากประสบการณ์เดิมของบุคคล ซึ่งเป็นความรู้และทักษะของนักเรียนก่อนการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในห้องเรียน

2) การปฏิสัมพันธ์ทางความคิดและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับบุคคล ทำให้นักเรียนสร้างความรู้ได้ โดยการเรียนรู้ในเรื่องเดียวกันของนักเรียนอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการตีความตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคลตามกลุ่มอายุ เพศ เชื่อชาติ วัฒนธรรม ภูมิหลังและความรู้พื้นฐาน ซึ่งเมื่อนักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนจะทำให้ผู้เรียนได้รับทัศนะที่หลากหลายและมีความตากต่างกัน

3) การกำกับตนเอง (Self–regulation) เป็นกุญแจสำคัญในการเรียนรู้ให้ประสบความสำเร็จ โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างและควบคุมผ่านความรู้สึกและการแสดงออกที่มีผลต่อความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาและบริบทตามสภาพจริง เป็นการสร้างความหมายของการสร้างความรู้และเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และการแลกเปลี่ยนทัศนะเพิ่มมากขึ้น

จากการศึกษาหลักการสำคัญของการจัดการเรียนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีสรรคนิยมได้ สามารถสรุปได้ 5 ประเด็น ดังนี้

1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ไม่สามารถถ่ายทอดจากบุคคลหนึ่งไปสู่อีกบุคคลหนึ่งได้

2) นักเรียนสามารถสร้างความรู้ โดยการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับความรู้ใหม่

3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการกิจกรรมการเรียนรู้ และเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้

4) นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ร่วมกัน และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ทำให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน นักเรียนกับครู นักเรียนกับผู้ปกครอง เป็นต้น

4.1.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง เป็นไปตามแนวคิดการจัดการเรียนการรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model base learning) ที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีประเด็นในการนำเสนอดังนี้

1) แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีพื้นฐานจากการบูรณาการระหว่างงานวิจัยด้านจิตวิทยาทางปัญญาและการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ โดยอยู่บนพื้นฐานแนวคิดที่ว่า “ ความเข้าใจของนักเรียนเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์ที่ศึกษา หลังจากที่มีการแก้ปัญหา (Problem-Solving) การสร้างข้อสรุป (Inferencing) หรือการใช้เหตุผล (Reasoning)” (Johnson – Laird, 1983 อ้างถึงใน Buckley et al, 2004:23) ซึ่งแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนสร้างขึ้นจากความรู้หรือประสบการณ์ของเดิม และมีผลต่อการรับรู้ปรากฏการณ์ที่ศึกษาและการสร้างเข้าใจ

ข้อมูลใหม่ เพื่อนำมาใช้ในการบรรยาย การอธิบาย หรือการทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา (Driel and Verloop ,1999:1143; Gobert and Barkley, 2000:892; Buckley et, 2010:169) ทั้งนี้การสร้างแบบจำลองทางความคิดเป็นความพยายามที่จะเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษา และนำเสนอความเข้าใจนั้นให้กับกลุ่มผู้ศึกษาในเรื่องเดียวกันยอมรับ (Coll, France and Taylor, 2005)

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เป็นแบบจำลองที่ขาดความสมบูรณ์ไม่เชื่อโยงกับมโนทัศน์ หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ และยังไม่เป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้ศึกษา ดังนั้นเมื่อนักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดแล้ว จะนำไปสู่การกระบวนการทดสอบแบบจำลอง เพื่อแสดงข้อมูลเชิงประจักษ์ในการสนับสนุน แก้ไข หรือ ปฏิเสธแบบจำลองทางความคิดของตนเอง โดยเริ่มจากการนำเสนอแบบจำลองทางคิด (Expressed Model) ด้วยวิธีการพูด การเขียน หรือการสื่อสารที่สามารถทำให้มองเห็น รับรู้ และเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา แล้วจึงดำเนินการทดสอบแบบจำลองและพัฒนาแบบจำลอง เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ทั้งนี้การบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา จะต้องได้รับการสนับสนุนด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการทดสอบ เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้ศึกษาในเรื่องเดียวกัน (Consensus Model) เช่น นักเรียนในห้องเรียน ชุมชนวิทยาศาสตร์ เป็นต้น โดยเฉพาะแบบจำลองที่ศึกษาจากกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีการศึกษาค้นคว้าและสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ สามารถแสดงข้อมูลเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนแนวคิดการสร้างแบบจำลองและเป็นที่ยอมรับของชุมชนวิทยาศาสตร์ เราจะเรียกแบบจำลองนี้ว่า เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) (Gilbert,2004:117 -118)

2) ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นตัวแทนทางความคิดในการ บรรยาย อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา กระบวนการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย (Buckly and Boulter,2000; Louca et al.,2011)

(1) การสร้าง (Formation) เป็นการบูรณการระหว่างความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับข้อมูลใหม่ เพื่อใช้สร้างแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์ที่ศึกษา

(2) การทดสอบ (Testing) เป็นการตรวจสอบการทำงานของแบบจำลองที่ตอบสนองต่อเป้าหมายของการศึกษาปรากฏการณ์ โดยดำเนินการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาและประเมินการทำงานของแบบจำลอง

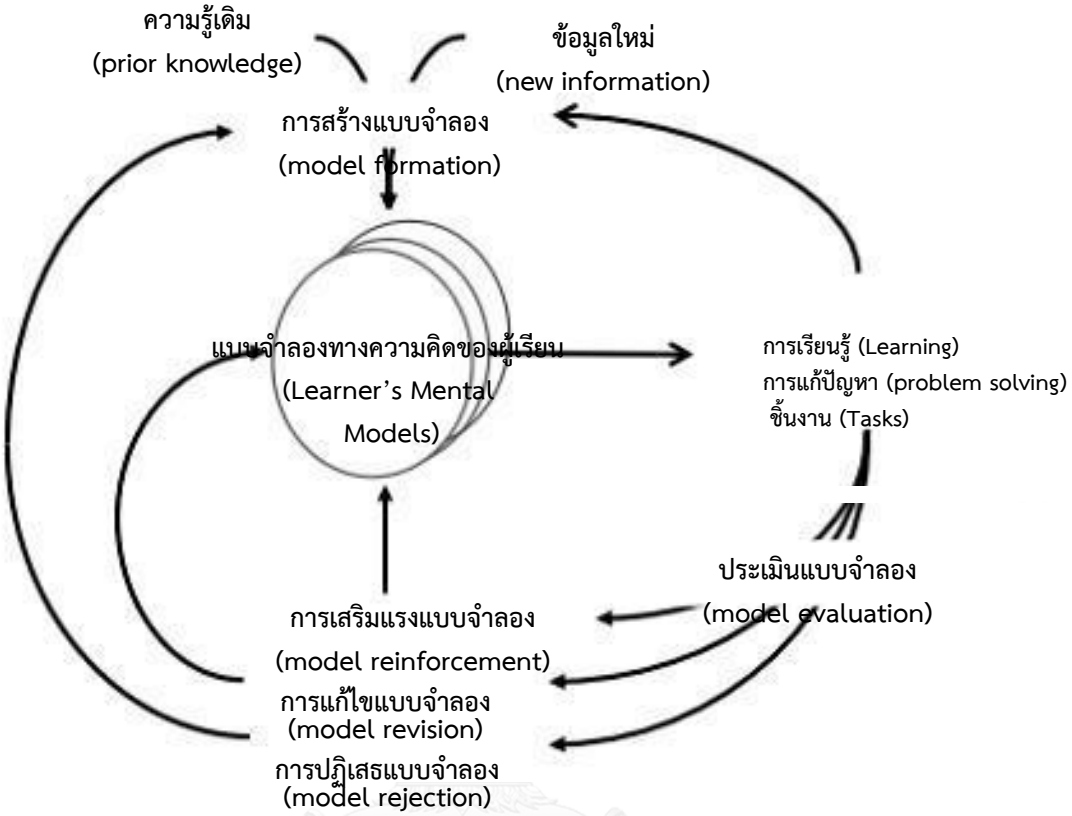
(3) การเสริมแรง (reinforcement) เป็นการแสดงการยอมรับแบบจำลอง เมื่อประเมินแบบจำลองแล้วพบว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้ในการบรรยายการอธิบาย หรือการทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้

(4) การแก้ไข (revision) เป็นการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงและเพิ่มเติมรายละเอียดของแบบจำลองสร้างขึ้น ให้สามารถใช้ในการบรรยาย การอธิบายหรือการทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้และสามารถเข้าใจได้ง่ายกว่าแบบจำลองเดิม

5) การปฏิเสธ (rejection) เป็นการแสดงการไม่ยอมรับแบบจำลอง เมื่อประเมินแบบจำลองแล้วพบว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สอดคล้องกับเป้าหมายของปรากฏการณ์ที่ศึกษา ไม่สามารถนำไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ได้ จึงนำไปสู่กระบวนการสร้างแบบจำลองใหม่อีกครั้ง

3) กระบวนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

กระบวนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองฐาน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง เพื่อทดสอบความเข้าใจ หรือผลการนำเสนอแบบจำลองทางความคิดของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยแบบจำลองเป็นตัวแทนความคิดของนักเรียนใช้ในการสื่อสารแนวคิด หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ (Chiappetta and Koballa, 2010: 174-176) กรอบแนวคิดของกระบวนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Buckley and Boulter, 2000:121-122; Buckley et al., 2004:23-25, 2010:169-170) ดังแผนภาพที่ 5



แผนภาพที่ 5 กรอบแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

(Buckey and Boulter, 2000: 121 - 122 ; Buckley et al., 2010: 169)

จากแผนภาพที่ 5 สามารถอธิบายได้ว่าการสร้างแบบจำลองที่ตอบสนองต่อชิ้นงาน การแก้ปัญหาหรือการเรียนรู้ ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดจากความรู้เดิม (prior knowledge) และการรับข้อมูลใหม่ (new information) โดยความรู้เดิมอาจเป็นข้อมูลบางส่วนของแบบจำลองทางความคิด หรือการคิดจากส่วนประกอบของหลักการและแผนผังแบบจำลองเชิงอุปมา ที่ได้รับการยอมรับทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นแบบจำลองทางความคิดเกิดจากการใช้ความรู้ที่หลากหลายจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา การรับข้อมูลจากการฟัง การพูด จากตัวแทนที่นำเสนอปรากฏการณ์ผ่านวิดิทัศน์ การเลียนแบบสถานการณ์ เป็นต้น ที่มีความคาดหวังในการบรรยาย การอธิบาย และการทำนาย เกี่ยวกับเหตุการณ์ ระบบ หรือพฤติกรรมของปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ การแก้ปัญหา และการตอบสนองต่อชิ้นงานที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ เมื่อมีการประเมินแบบจำลองพบว่า แบบจำลองของนักเรียน

ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ ทำให้เกิดการเรียนรู้และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหา จะได้รับการเสริมแรงและการยอมรับจากกลุ่มผู้เรียน (model reinforcement) หากแบบจำลองนั้นไม่มีความถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ไม่สามารถนำมาใช้การบรรยาย อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ ผู้เรียนสามารถปฏิเสธแบบจำลอง (model rejection) แล้วดำเนินการสร้างแบบจำลองใหม่ หรือ แก้ไขแบบจำลอง(model revision) ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงแบบจำลองที่มีอยู่แล้วนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ให้สามารถเข้าใจได้ง่าย หรือเพิ่มเติมแบบจำลองที่มีอยู่เดิมเพื่อนำแบบจำลองนั้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ (Buckley and Boulter,2000:121-122; Buckley et.,2004:23-25, 2010:169-170)

4) แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์เสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

Windschitl, Thompson and Braaten (2007: 4-5) เสนอแนวทางในการจัดเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) สร้างความสนใจให้กับนักเรียน โดยใช้คำถามหรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริง สามารถพบเห็นได้จากปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

2) กระตุ้นให้นักเรียนแสดงแนวคิดก่อนการเรียนรู้ โดยการสร้างแบบจำลอง เพื่อคาดคะเนผลการศึกษาปรากฏการณ์

3) สร้างระบบการสังเกตและการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อทดสอบแบบจำลอง

4) ประเมินแบบจำลองตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ และพิจารณาความสามารถในการนำไปใช้บรรยาย อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

5) แก้ไขแบบจำลองและประยุกต์ใช้แบบจำลองในสถานการณ์ใหม่

Chiappetta and Koballa (2010:174-176) นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไว้ดังนี้

1) นักเรียนสามารถสร้างความรู้หลังการเก็บรวมข้อมูล

2) กระตุ้นให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดในการสร้างแบบจำลอง โดยการพูด การเขียน หรือ การสร้างไดอะแกรมในระหว่างการดำเนินปฏิบัติการทดลองและเก็บรวมข้อมูล

3) ดำเนินการทดสอบแบบจำลอง และอภิปรายมโนทัศน์ หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

4) แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มขนาดเล็ก เพื่อทำงานร่วมในการปฏิบัติการทดลองหรือการสำรวจตรวจสอบ เปิดโอกาสให้นักเรียน สนทนา แสดงความคิดเห็น โต้แย้ง หรือสนับสนุนแนวคิดภายในกลุ่ม

5) กระตุ้นให้นักเรียนแสดงการสนับสนุนการอธิบายโดยใช้แบบหลักฐานที่ได้รับจากกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล

Louca and Zacharia (2012: 474-475) เสนอแนวทางของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) การกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลองโดยการสร้างระบบการสังเกตและการเก็บรวบรวมประสบการณ์พื้นฐานที่เกี่ยวข้อกับปรากฏการณ์และชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง การเก็บรวบรวมหลักฐานการทดลองและการสังเกต

2) การสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ที่ศึกษา ภายใต้ข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกตและประสบการณ์ของนักเรียน โดยนักเรียนบูรณการความรู้เกี่ยวกับโครงสร้าง พฤติกรรมและกลไกของการเกิดปรากฏการณ์ ร่วมกับการสร้างแนวคิดใหม่ที่เป็นสัญลักษณ์ของตัวแทนทางความคิดในการอธิบายพฤติกรรมของปรากฏการณ์ภายใต้ระบบที่ศึกษา

3) การประเมินแบบจำลอง เป็นการพิจารณาการอธิบายหรือทำนายความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ เพื่อระบุความสัมพันธ์กับสถานการณ์ และสามารถประยุกต์แบบจำลองได้ โดยสามารถอธิบายเกี่ยวกับสมบัติ พฤติกรรมของปรากฏการณ์ได้ตามจุดประสงค์ที่กำหนด และตระหนักถึงข้อจำกัดของแบบจำลอง

4) การแก้ไขแบบจำลองและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองเดิมหรือการเพิ่มเติมแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น สามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ใหม่

จากการศึกษาแนวคิดของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองฐาน สามารถสรุปได้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็นผู้สร้างจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นตัวแทนทางความคิดใน การบรรยาย การอธิบาย หรือการทำนายปรากฏการณ์ที่ศึกษา กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองภายใต้บริบทของปรากฏการณ์ที่ศึกษา กระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลองตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ครูเป็นผู้สร้างบริบทหรือสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดเบื้องต้นของการสร้างแบบจำลอง และชี้แนะแนวทางในการดำเนินการสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง โดยนักเรียนเป็นผู้ดำเนินการลงมือปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบและเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการพิจารณาแบบจำลองแล้วจึงนำไปสู่กระบวนการประเมินแบบจำลอง จากการพิจารณาตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ สามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย หรือ การทำนายปรากฏการณ์ได้ และแสดงแนวคิดที่สามารถเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานจากทดสอบจำลองกับแนวคิดการสร้างแบบจำลอง หากแบบจำลองนั้นไม่เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้และไม่สามารถใช้ในการบรรยาย อธิบาย หรือการทำนายปรากฏการณ์ได้ จะนำไปสู่กระบวนการแก้ไขแบบจำลอง

แนวทางการการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ 5 ประเด็น ดังนี้

1. สร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นการใช้ความรู้และข้อมูลจากประสบการณ์เดิมเพื่อสร้างแบบจำลองตามจุดประสงค์ของปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. นำเสนอแบบจำลองทางคิด เป็นการนำเสนอและอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อแสดงแนวคิดในการสร้างแบบจำลอง โดยแบบจำลองทางความคิดนั้นอาจเป็นแบบจำลองที่ยังไม่ถูกต้องหรือขาดความสมบูรณ์

3. ทดสอบแบบจำลอง เป็นการวางแผนและดำเนินการทดสอบแบบจำลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์

4. ประเมินแบบจำลอง เป็นการพิจารณาความถูกต้องตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยสามารถนำมาใช้ในบรรยาย อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ได้

5. การแก้ไขแบบจำลอง เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้มีความสมบูรณ์ สามารถนำไปใช้ในการอธิบายและประยุกต์แบบจำลองเพื่อใช้ในบริบทใหม่

4.2 ที่มาและความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง เป็นการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาโดย Lydia Tsing Tien นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เบิร์กลีย์ (University of California, Berkeley) นำการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองนำมาใช้ครั้งแรกกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเคมี ใน ค.ศ. 1998 เพื่อพัฒนาทักษะการคิดของนักเรียน และต่อมาคณะผู้วิจัยได้พัฒนาและปรับรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง มาใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์และพัฒนาทักษะการคิดผ่านการกระบวนการสร้างแบบจำลองที่เลียนแบบการศึกษาค้นคว้าและการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Carillo, Lee and Rickey, 2005: 61)

ครูวิทยาศาสตร์สามารถนำการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมาใช้กับการการจัดการกเรียนสอนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยการสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นตัวแทนทางความคิดของนักเรียนในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา จุดมุ่งหมายหลักของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ในห้องวิทยาศาสตร์(Rickey and Stacy (Rickey & Stacy, 2000) มีดังต่อไปนี้

1) กระตุ้นให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดก่อนการเรียนรู้ โดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น เพื่อเป็นการคาดคะเนผลการศึกษา และกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาคำตอบ

2) ส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงการรู้คิดของตนเอง (Meta-cognition) รับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของตนเอง สามารถวิเคราะห์ และแก้ไขแนวคิดของตนเองได้โดยใช้หลักฐานที่ได้รับจากการเก็บรวมรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนแนวคิดนั้น

3) เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเองพร้อมกับการอธิบายแนวคิดในการสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถเชื่อมโยง ผลการสังเกตในระดับมหาภาค (Macroscopic) และการเปลี่ยนแปลงในระดับอะตอม ไอออน หรือ โมเลกุลที่เป็นผลมาจากการสังเกตในระดับมหาภาคได้

4.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน (Tien, 1998 : 31 -48; Rickey, 1999: 61-77) ดังต่อไปนี้

1) ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Model) เป็นขั้นการใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลองและคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนนำเสนอโดยภาพวาด การเขียนบรรยาย หรือการใช้ภาพวาดประกอบเขียนบรรยายร่วมกัน ครูมีบทบาทในการกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยการนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้หรือประสบการณ์ในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น และเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดในการสร้างแบบจำลองของตนเองกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม

2. ขั้นการสังเกต (Observer) เป็นขั้นการวางแผนและดำเนินการตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา นักเรียนเป็นผู้วางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง พร้อมกับจดบันทึกข้อมูล เก็บรวบข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม ครูเป็นผู้จัดเตรียมอุปกรณ์ทดลอง ชี้แนะแนวทางในการสำรวจตรวจสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล และกำหนดประเด็นในการนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียน

3. ขั้นการสะท้อนความคิด (Reflect) เป็นขั้นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักการทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกต เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้น นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา ครูเป็นผู้นำในการอภิปรายและจัดเตรียมคำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนความคิดและแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง

4. ขั้นการอธิบาย (Explain) เป็นขั้นการนำแบบจำลองมาใช้ในการเขียนคำอธิบายที่ระบุการลงข้อสรุป การใช้หลักฐาน และการให้เหตุผล นักเรียนแต่ละคนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา แล้วนำเสนอคำอธิบายของตนเองร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน ครูมีหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และคำอธิบายของนักเรียน แล้วให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนเพื่อนำไปแก้ไขแบบจำลองและคำอธิบายให้ถูกต้อง

4.4 บทบาทของครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE

จากขั้นตอนและวิธีการการจัดเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE สามารถสรุปบทบาทครูและบทบาทนักเรียนได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1) ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Model) เป็นขั้นการใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลองและคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	1. กระตุ้นการสังเกตสถานการณ์เกี่ยวข้องปรากฏการณ์ที่ศึกษา 2. ใช้คำถามกระตุ้นการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ 3. ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเขียนแบบจำลองเบื้องต้น 4. เปิดโอกาสนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองของตนเอง	1.แสดงความสนใจต่อสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2. ตอบคำถามโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิม 3. สร้างแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง 4. นำเสนอแบบจำลองของตนเอง ต่อเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม
2. ขั้นการสังเกต (Observer) เป็นขั้นการวางแผนและดำเนินการตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา	1. กระตุ้นให้นักเรียนวางแผนและออกแบบการสำรวจตรวจสอบ 2. จัดเตรียมอุปกรณ์ให้นักเรียน 3. ให้คำชี้แนะแนวทางการเก็บรวมรวบข้อมูล 4. เป็นผู้กำหนดประเด็นในการนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบ	1. วางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบ 2. ลงมือปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ 3. บันทึก เก็บรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล 4. ร่วมกันอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบภายในกลุ่ม

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
3. ขั้นการสะท้อนความคิด (Reflect) เป็นขั้นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักการทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกต และนำไปใช้เป็นหลักฐานในการแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้น	1. นำอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ 2. ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงหลักฐานที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ 3. กระตุ้นให้นักเรียนแก้ไขแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน	1. นำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบร่วมกันในชั้นเรียน 2. อภิปรายผลและระบุหลักฐานที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ 3. สรุปแนวคิดที่ถูกต้องและแก้ไขแบบจำลองตนเอง
4. ขั้นการอธิบาย (Explain) เป็นการใช้แบบจำลองมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่ศึกษาที่มีการระบุถึงการลงข้อสรุป การใช้หลักฐาน และการให้เหตุผล	1. นำอภิปรายผลการแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้น 2. ใช้คำถามกระตุ้นการเขียนคำอธิบายจากแบบจำลอง 3. นำอภิปรายผลการเขียนคำอธิบายร่วมกันในขั้นเรียน 4. ประเมินและข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน	1. นำเสนอและร่วมกันอภิปรายการแก้ไขแบบจำลองในชั้นเรียน 2. เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3. นำเสนอคำอธิบายของตนเอง 4. แก้ไขคำอธิบายของตนเองให้ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังหัวข้อต่อไปนี้

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

Ricky (1999) ศึกษาผลของการใช้หลักสูตรและการสอนปฏิบัติการทางเคมีของนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย พบว่า การจัดการเรียนการสอนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่เน้น การบรรยาย

และการปฏิบัติการทางเคมีตามหลักสูตร ไม่ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการปฏิบัติการทางเคมี และไม่สามารถอธิบายผลการศึกษาโดยใช้แนวคิดทางเคมีได้ถูกต้อง จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนปฏิบัติการทางเคมี เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนความรู้ในการแก้ไขความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางเคมีและทักษะการแก้ปัญหาของนักศึกษา ซึ่งออกแบบการศึกษาโดยใช้นักศึกษา 2 กลุ่ม คือ นักศึกษากลุ่มที่เรียนปฏิบัติการทางเคมีโดยโดยใช้แบบจำลอง MORE และกลุ่มนักศึกษาที่เรียนปฏิบัติการทางเคมีโดยวิธีทั่วไป แล้วดำเนินการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลของการพัฒนาความสามารถรู้คิด ความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานทางเคมี และทักษะแก้ปัญหา ผลการศึกษาพบว่านักศึกษากลุ่มที่เรียนปฏิบัติการทางเคมีโดยใช้แบบจำลอง MORE ช่วยกระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจพื้นฐานทางเคมี และมีทักษะการแก้ปัญหา

Mattox, Reisner, and Rickey (2006) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลการเรียนปฏิบัติการทางเคมีโดยใช้แบบจำลอง MORE เรื่อง สารละลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการละลายของสารและพฤติกรรมการละลายของสารประกอบในน้ำ จากผลการศึกษาว่า การจัดการเรียนปฏิบัติการทางเคมีโดยใช้แบบจำลอง ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดทางเคมี และสามารถสร้างคำอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นทั้งในระดับมหาภาค (Macroscopic) และระดับโมเลกุล (Molecular) ได้

Tien, Teichert, and Ricky (2007) ศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนปฏิบัติการทางเคมีโดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีผลต่อการแก้ไขแนวคิดทางเคมีในระดับโมเลกุล (Molecular) ของนักศึกษา จำนวน84 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาสาขาเคมีที่มีความแตกต่างกันจำนวน 3 กลุ่ม เพื่อศึกษาการแก้ไขแนวคิดทางเคมีในระดับโมเลกุลของสารละลายในน้ำ โดยวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบผลการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและการแก้ไขแบบจำลองให้ถูกต้อง ผลการศึกษาพบว่า เมื่อนักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารละลายในน้ำ ปรากฏว่านักศึกษามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แล้วให้นักเรียนเป็นผู้ดำเนินการปฏิบัติการกิจกรรมตามขั้นตอนของการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง ในการสำรวจตรวจสอบข้อมูลและสะท้อนแนวคิด แล้วนำข้อมูลมาใช้เป็นหลักฐานในการแก้ไขแบบจำลองและสร้างคำอธิบายที่ถูกต้อง ปรากฏว่า นักศึกษามีความเข้าใจแนวคิดทางเคมีเพิ่มมากขึ้นสามารถสามารถสร้างคำอธิบายโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนคำอธิบายได้ถูกต้อง

Maia and Justi (2009) ศึกษาผลการของการใช้รูปแบบการสอนที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานในการเรียนรู้เรื่องสมดุลทางเคมี ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อายุระหว่าง 14 -15 ปี เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และเก็บรวบรวมข้อมูลจากการเขียนแสดงสมดุลทางเคมีของนักเรียนและการบันทึกวีดิโอระหว่างการจัดการเรียนสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการเรียนรู้ภายในห้องเรียน ผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการเรียนรู้มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง โดยสรุป การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงในระดับการสังเกตได้ที่มีผลการเปลี่ยนแปลงระดับโมเลกุล และใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนได้ถูกต้อง

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Primo et al. (2010) ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 72 คน ซึ่งเก็บรวบรวบข้อมูลเชิงคุณภาพจากการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสมุดบันทึกของนักเรียน โดยพิจารณาองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง การใช้หลักฐาน และการให้เหตุผล ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในบริบทการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 18 ของนักเรียนทั้งหมดในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบครบทั้ง 3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และ ร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมดในการสร้างคำอธิบายที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้างเพียงอย่างเดียว

Peker and Wallace (2011) ศึกษาลักษณะการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของการปฏิบัติการทดลองชีวิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากการเขียนรายงานปฏิบัติการทดลองและการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล ผลการศึกษาว่า การเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแสดงความรู้ขั้นพื้นฐานและการนำเสนอผล

การศึกษาตามขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง โดยนักเรียนแสดงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ภายใต้ทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลในการสนับสนุนผลการศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยสรุป ความสามารถในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน อยู่ภายใต้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักฐานและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้ในการให้เหตุผลต่อการสนับสนุนระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลการของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi–Experimental Research) แบบ Two group posttest design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง และกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนการสอนแบบทั่วไป มีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลอง ดังแผนภาพที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภาพที่ 5 รูปแบบการวิจัย Two group posttest design

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

X หมายถึง การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

~X หมายถึง การเรียนการสอนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการทดลอง ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 12 นครศรีธรรมราชและพัทลุง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งกำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนทุ่งใหญ่วิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 12 นครศรีธรรมราช และพัทลุง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยดำเนินการกำหนดกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) คือ เลือกโรงเรียนทุ่งใหญ่วิทยาคม คือ เลือกโรงเรียนทุ่งใหญ่วิทยาคม อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากเป็นโรงเรียนขนาดกลาง เปิดสอนทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย และการดำเนินการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีจำนวนนักเรียนเพียงพอต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล และเป็นโรงเรียนที่ให้การสนับสนุนและความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่าง

2.2 การเลือกห้องเรียน

การเลือกห้องเรียนใช้วิธีการเลือกแบบไม่เจาะจง โดยเลือกดำเนินการเลือกห้องเรียนจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนทุ่งใหญ่วิทยาคม ซึ่งมีจำนวน 6 ห้องเรียน โดยผู้วิจัยดำเนินการเลือกห้องเรียนเป็นนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ขั้นตอนต่อไปนี้

1) นำคะแนนสอบวิชาวิทยาศาสตร์ ในการสอบคัดเลือกเข้าศึกษาต่อชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2558 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้ง 6 ห้องเรียน มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เป็นรายห้อง

2) นำคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้ง 6 ห้อง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One–way ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบ (F-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยวิชา

วิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า มีห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกัน จากนั้นทำการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลัง (Post Hoc Test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรายคู่ (Pairwise Comparisons) ด้วยสถิติของ Dunnrtt's T_3 ได้ผลการทดสอบผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนสอบวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้ง 6 ห้อง มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 5 คู่ (ภาคผนวก จ)

3) เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำนวน 1 คู่ จากจำนวน 5 คู่ โดยพิจารณาจากห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันและได้รับความอนุเคราะห์จากทางโรงเรียน ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/5และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/6 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 31.23 และ 32.49 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน และค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.07 และ 5.09 ตามลำดับ

4) จากนั้นสุ่มเลือกห้องเรียนเพื่อใช้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยวิธีการจับฉลากผลปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/6 เป็นนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/5 เป็นกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ชนิด คือ

1.1 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

1.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3.1 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นเรื่อง สารรอบตัวและสารละลาย ดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.1.2 ศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดกรอบเนื้อหาให้ครอบคลุมกับหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สารรอบตัวและสารละลาย

3.1.3 วิเคราะห์ตัวชี้วัด เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมที่ต้องการวัด เพื่อกำหนดสัดส่วนของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมต่อตัวชี้วัดและเนื้อหาที่ต้องการวัดตามพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้–ความจำ ความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนข้อสอบในแต่ละพฤติกรรมการเรียนรู้ตามตัวชี้วัดและเนื้อหาเรื่อง สารรอบตัวและสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

เนื้อหา	**ตัวชี้วัด**	**พฤติกรรมการเรียนรู้**				**รวม**	**คิดเป็นร้อยละ**
		ความรู้ความจำ (20%)	**ความเข้าใจ (30%)**	**กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (20%)**	**การนำความรู้ไปใช้ (30%)**		
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สารรอบตัว							
1. สถานะของสาร	ว 3.1 ม.1/2: อธิบายสมบัติและการเปลี่ยนสถานะของสาร โดยใช้แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของสาร	1	1	-	1	3	10.00
2. ความร้อนและผลของร้อน	ว 5.1 ม.1/1 ทดลองและอธิบายอุณหภูมิและการวัดอุณหภูมิ	1	1	1	1	4	13.33

เนื้อหา	ตัวชี้วัด	พฤติกรรมการเรียนรู้				รวม	คิดเป็นร้อยละ
		ความรู้ความจำ (20%)	ความเข้าใจ (30%)	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (20%)	การนำความรู้ไปใช้ (30%)		
	ว 5.1 ม.1/4 อธิบายสมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของสารและการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน	-	1	-	1	2	6.67
3. การถ่ายโอนความร้อน	ว 5.1 ม.1/2 สังเกตและอธิบายการถ่ายโอนความร้อน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	1	1	-	1	3	10.00
	ว 5.1 ม.1/3 อธิบายการดูดกลืน การคายความร้อน โดยการแผ่รังสีและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	1	1	-	1	3	10.00
4. การจำแนกสาร	ว 3.1 ม.1/1 ทดลองและจำแนกสารเป็นกลุ่มโดยใช้เนื้อสารหรือขนาดอนุภาคเป็นเกณฑ์ และอธิบายสมบัติของสารในแต่ละกลุ่ม	-	2	2	-	4	13.33

เนื้อหา	ตัวชี้วัด	พฤติกรรมการเรียนรู้				รวม	คิดเป็นร้อยละ
		ความรู้ความจำ (20%)	ความเข้าใจ (30%)	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (20%)	การนำความรู้ไปใช้ (30%)		
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สารละลาย							
5. การละลายของสารในตัวทำละลายและความเข้มข้นของสารละลาย	ว 3.2 ม.1/1 ทดลองและอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็นร้อยละ และอภิปรายการนำความรู้เกี่ยวกับสารละลายไปใช้ประโยชน์	-	1	1	2	4	13.33
6. พลังงานกับการละลายของสาร	ว 3.2 ม.1/2 ทดลองและอธิบายการเปลี่ยนแปลงสมบัติมวล และพลังงานของสาร เมื่อสารเปลี่ยนสถานะและเกิดการละลาย	1	1	1	1	4	13.33
7. ปัจจัยที่มีต่อการละลาย	ว 3.2 ม.1/3 ทดลองและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารละลายสาร	1	1	1		3	10.00
รวม		**6**	**9**	**6**	**9**	**30**	**100**

3.1.4 สร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยสร้างเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

3.1.5 นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสมด้านเนื้อหา ความสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ และภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.1.6 นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามดังภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence, IOC) โดยกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของข้อคำถาม ตัวเลือก และตัวลวง และความถูกต้องเหมาะสมของภาพ จากนั้น จึงนำคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไข ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง IOC ของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารรอบตัวและสารละลาย จำนวน 30 พบว่า ข้อสอบที่ใช้ได้มีจำนวน 26 ข้อ ข้อสอบที่ต้องปรับปรุง 4 ข้อ และข้อสอบได้รับคำแนะนำในการปรับปรุงจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 19 ข้อ สามารถสรุปประเด็นในการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้ดังนี้

1) ปรับภาษาให้ถูกต้อง ชัดเจน และสอดคล้องกับในหนังสือเรียน เช่น พลังงานขณะที่สาร A ยึดกับน้ำ มาเป็น พลังงานขณะที่สาร A ยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลของน้ำ เป็นต้น

2) ปรับข้อคำถามให้ถูกต้อง ชัดเจน เช่น สัมผัสด้วยมือแล้วอุณหภูมิสูงขึ้น เป็นสัมผัสด้วยมือแล้วรู้สึกร้อน เป็นต้น

3) ปรับตัวเลือก ตัวลวงให้ถูกต้อง และมีความสอดคล้องกัน เช่น การเว้นระหว่างระหว่างแผ่นกระเบื้อง เป็น การเพิ่มพื้นที่ภาชนะในการบรรจุอาหารเป็นต้น

4) ปรับพฤติกรรมที่ต้องการวัดจากด้านเข้าใจเป็นความจำ และด้านความเข้าใจเป็นการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

3.1.7 นำแบบสอบที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบและอนุมัติให้นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 51 คน ที่ผ่านการเรียนเรื่อง สารรอบตัวและสารละลายแล้ว จำนวน 30 ข้อ

3.1.8 นำผลการทดสอบแบบสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำผลคะแนนมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับและรายข้อ สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ เป็นการพิจารณาจากค่าความเที่ยง โดยใช้สูตรคูเดอร์–ริชาร์ดสัน (KP-20) ส่วนการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อพิจารณาจากค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยมีเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อสอบ คือ ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.2–0.8 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ซึ่งจากผลการวิเคราะห์คุณภาพได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ0.88 ค่าความยากอยู่ระหว่าง0.22–0.72 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.23-0.49

3.1.9 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง จากนั้นนำไปใช้จริงในการวิจัย

1.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้วัด 2 ฉบับ ได้แก่ (1) แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ (2) แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเครื่องมือแต่ละฉบับมีขั้นตอนพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1.2.1 แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบอัตนัย ประกอบด้วยสถานการณ์ ข้อมูลประกอบสถานการณ์ เช่น ตาราง รูปภาพ เป็นต้น และข้อคำถาม จำนวน 5 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น เพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่ครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง สารรอบตัวและสารละลาย ดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาความหมายและองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่าคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ข้อสรุปของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยใช้หลักฐานในการสนับสนุนคำตอบและหลักการทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) (2) หลักฐาน (Evidence) (3) การให้เหตุผล (Reasoning)

2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่า การสร้างแบบวัดคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ครอบคลุมเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของ McNeill et al. (2006: 170 - 190)

3) วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรแกนกลางของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดเนื้อหาใช้ในการออกข้อสอบเรื่อง สารรอบตัวและสารละลาย

4) กำหนดโครงสร้างของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาให้ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง สารรอบตัวและสารละลาย โดยออกข้อสอบจำนวน 5 ข้อ และกำหนดเวลาในการทำข้อสอบจำนวน 1 ชั่วโมง การคัดเลือกเนื้อสาระในการออกข้อสอบผู้วิจัยพิจารณาสาระที่เหมาะสมกับการวาดภาพแบบจำลอง และวิธีการจัดการเรียนกรสอนที่ใช้ในการวิจัย ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เนื้อหาในการสร้างแบบสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

หน่วยการเรียนรู้	เรื่อง	เนื้อหา
1. สารรอบตัว	1) สถานะของสาร	สมบัติของสารในสถานะของแข็ง ของเหลวและแก๊ส
	2) การถ่ายโอนความร้อน	การพาความร้อนของสาร
	3)การจำแนกสาร	การจำแนกสารโดยขนาดของอนุภาคเป็นเกณฑ์
2. สารละลาย	4) การละลายของสาร	สมบัติการละลายของสารในตัวทำละลายของสารต่างชนิดกัน
	5) พลังงานกับละลายของสาร	การเปลี่ยนแปลงพลังงานการละลายของสาร

5) นำแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง พิจารณาความสอดคล้องของสถานการณ์และข้อมูลประกอบสถานการณ์ รวมทั้งภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วนำแบบวัดกลับมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์

6) จากนั้นนำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ

เกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในแบบวัด การกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพ ควรมีดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป พบว่า ข้อสอบทั้ง 5 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ทุกข้อ และได้รับข้อเสนอเพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

6.1) ปรับคำถามให้ถูกต้อง ชัดเจน และเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน เช่น ปรับจาก “พร้อมกับให้เหตุประกอบการอธิบาย” เป็น เกิดการถ่ายโอนความร้อนด้วยวิธีนั้นอย่างไร เป็นต้น

6.2) ปรับสถานการณ์และข้อมูลประกอบสถานการณ์ให้ชัดเจน และมีความน่าสนใจ เช่น การปรับข้อมูลจากตาราง เป็นภาพวาดแสดงการทดลอง เป็นต้น

6.3) ปรับภาษาและข้อความลวงในสถานการณ์ให้ชัดเจน เช่น สีไม่ผสมเป็นเนื้อเดียว แยกชั้นกัน เป็น สีผสมเป็นเนื้อเดียวกัน แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้สีแยกชั้นกัน เป็นต้น

7) นำแบบวัดที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบและอนุมัติให้นำแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน ที่ผ่านการเรียนเรื่อง สารรอบตัวและสารละลาย จำนวน 5 ข้อ

8) นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับและรายข้อ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของคอนบาร์ค ส่วนการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดรายข้อพิจารณาจากค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยมีเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อสอบ คือ ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.80 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.31 – 0.78 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.23 -0.42

9) นำแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งแล้วนำไปใช้จริงในการวิจัย

1.2.2 แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ได้จากการทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดรายการประเมินกำหนดรายการประเมิน 3 รายการตามองค์ประกอบของคำอธิบายทาง

วิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) ซึ่งมีแนวทางในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่า การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ครอบคลุมองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (McNeill et al., 2006: 170 -191) ดังนั้นจึงกำหนดรายการประเมิน 3 รายการ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning)

2) ศึกษานิยามและกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางของนักเรียน ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 นิยามและพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

สิ่งที่ต้องการวัด	**นิยามเชิงปฏิบัติการ**	**พฤติกรรมบ่งชี้**
(1) ข้อกล่าว (Claim)	ลงข้อสรุปเบื้องต้นของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนข้อสรุปเบื้องต้นได้ถูกต้องและครบถ้วน
(2) หลักฐาน (Evidence)	ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ได้มาจากการทดลอง การสังเกต การศึกษาค้นคว้า เป็นต้น	ระบุหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง เหมาะสม ครบถ้วน
(3) การให้เหตุผล (reasoning)	การใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป	การระบุหลักการทางวิทยาศาสตร์ในเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปถูกต้อง

3) สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ทั่วไป เพื่อนำมาใช้เป็นเกณฑ์การให้คะแนนเบื้องต้น ประกอบด้วยรายการประเมิน 3 รายการ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และกำหนดระดับคะแนนของแต่ละรายการ 3 ระดับ

4) จากนั้นนำเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ทั่วไป มาใช้ในการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ตามเนื้อหาใช้ในแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ เนื้อหาเรื่องสถานะของสาร การพาความร้อน การจำแนกสาร สมบัติการละลายของสารในตัวทำละลายต่างชนิด และการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการละลายของสาร โดยกำหนดรายการการประเมิน

3 รายการ แต่ละรายการกำหนดระดับคะแนน 3 ระดับ ดังนั้นแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีระดับคะแนนตั้งที่ 0 – 30 คะแนน

5) ดำเนินการสร้างแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปเสนอกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ได้ตรวจสอบความถูกต้อง และความสอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

6) นำแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการแก้ไขแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินและเกณฑ์การให้คะแนน เกณฑ์ในการคัดเลือกแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ควรมีดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป พบว่า แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนนมากกว่า 0.5 ทุกรายการ และได้รับข้อเสนอเพื่อปรับปรุงแก้แบบสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

6.1) ปรับเฉลยข้อที่ 1 ในส่วนของการให้เหตุผล โดยเพิ่มเติมการให้เหตุผลว่า “เนื่องจากสารมีอนุภาคเรียงชิดติดกัน จะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมาก ทำให้อนุภาคของสารไม่เคลื่อนที่ หรือเคลื่อนที่ได้น้อย”

6.2) ปรับเฉลยข้อที่ 2 ในส่วนของการให้เหตุผล โดยเพิ่มเติมการให้เหตุผลว่า “การพาความร้อน เป็นการถ่ายโอนความร้อนจากอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำ อาศัยตัวกลางที่เป็นของเหลวและแก๊สเคลื่อนที่พาความร้อนไปด้วย”

6.3) ปรับเฉลยข้อที่ 3 ในส่วนของหลักฐาน โดยเพิ่มเติมว่า สาร B ไม่ผ่านถุงเซลโลเฟนและเกิดการกระเจิงของแสง และปรับให้ภาษามีความคงเส้นคงวา เปลี่ยนจากผ่านเซลโลเฟน เป็นผ่านถุงเซลโลเฟนให้เหมือนกันทั้งข้อ

6.4) ปรับเฉลยข้อที่ 5 ในส่วนของการให้เหตุผล โดยเพิ่มเติมว่า สภาพการละลายของสารขึ้นอยู่กับระบบพลังงานดูดความร้อนหรือคายความร้อน

7) นำแบบประเมินที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบและอนุมัติให้นำแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มทดลองใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter – Rater Reliability) กับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน เป็นผู้ประเมินรวม 2 คน มาหาค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ.01

พบว่า คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ประเมินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.98

4. การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้

การวิจัยครั้งนี้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง สารรอบตัวและสารละลาย ซึ่งมี 2 แบบ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองสำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปสำหรับกลุ่มควบคุม โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบครอบคลุมเนื้อหาสาระ จำนวนแผน จำนวนคาบเรียนที่เท่าเทียมกัน โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพดังนี้

4.1 วิเคราะห์สาระวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง สารรอบตัวและสารละลายตามหลักสูตรแกนกลางสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พุทธศักราช 2551

4.2 จัดทำสาระเพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง สารรอบตัวและสารละลาย จำนวน 10 แผน ใช้เวลาในการสอนทั้งหมด 21 คาบ คาบละ 50 นาที รายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 วิเคราะห์หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง สารรอบตัวและสารสารละลาย

แผนลำดับที่	เรื่อง	จำนวนคาบ
1	สถานะของสาร	2
2	ความร้อนและผลของความร้อนที่ต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร	3
3	การพาความร้อน	2
4	การนำความร้อน	2
5	การแผ่รังสี	2
6	การจำแนกสาร	2
7	การละลายของสารในตัวทำละลาย	2
8	ความเข้มข้นของสารละลาย	2
9	พลังงานกับการละลายของสาร	2
10	ปัจจัยที่มีผลการละลายของสาร	2
รวมทั้งหมด		**21**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามสาระและจำนวนคาบที่กำหนด โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป ซึ่งรายละเอียดกิจกรรมการเรียนทั้งสอบแบบ แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบขั้นตอนกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองและการจัดการเรียนสอนโดยวิธีทั่วไป

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง	**การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป**
1. ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Model) เป็นขั้นการใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสร้างแบบจำลองและคาดคะเนคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	1. ขั้นนำ เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจ ทบทวนหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนในการกำหนดปัญหาและคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า
2. ขั้นการสังเกต (Observe) เป็นขั้นการวางแผนและดำเนินการตรวจสอบปรากฏการณ์ที่ศึกษา	2. ขั้นกิจกรรม เป็นขั้นสำรวจตรวจสอบผลการคะแนนคำตอบ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลจากปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่น่าเชื่อถือ
3. ขั้นการสะท้อนความคิด (Reflect) เป็นขั้นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักการทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกต และนำไปใช้เป็นหลักฐานในการแก้ไขแบบจำลอง 4. ขั้นการสร้างคำอธิบาย (Explain) เป็นการใช้แบบจำลองมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	3. ขั้นสรุป เป็นขั้นลงข้อสรุปความรู้ผลการศึกษาจากบทเรียนและนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

4.4 จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความถูกต้องของเนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนโดยใช้แบบจำลอง และการประเมินผลการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

4.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามดังภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับความถูกต้องของเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผล ความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนการสอนกับขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองและความถูกต้อง เหมาะสมของภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการ ผลการตรวจพิจารณาได้รับคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิดังนี้

1) ด้านเนื้อหาสาระ

ปรับข้อความ การสื่อสารความหมายของประโยคให้ถูกต้อง และยกตัวอย่างสถานการณ์และเขียนคำอธิบายประกอบให้ถูกต้อง เช่น

1.1) การติดตั้งเครื่องปรับอากาศในห้องทำงานใช้ประโยชน์จากการพาความร้อน เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ อากาศเย็นจากเครื่องปรับอากาศมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศร้อนภายในห้อง ทำให้อากาศเย็นเคลื่อนที่มาลงมาแทนที่อากาศร้อน ในขณะเดียวกันอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น และเกิดการถ่ายโอนความร้อนให้อากาศเย็นทำให้มีอุณหภูมิภายในห้องเท่ากับอุณหภูมิของอากาศเย็น

1.2) หลักการทำงานของกาต้มน้ำแบบขดลวดไม่ใช้การประโยชน์จากการพาความร้อน แต่เป็นการใช้ประโยชน์จากการนำความร้อน

2) ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้

2.1) การเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ควรมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนการเรียนรู้ ลำดับจุดประสงค์การเรียนรู้ตามพฤติกรรมที่เกิดขึ้น

2.2) การวัดและประเมินผลสอดคล้องและครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้

2.3) แบบบันทึกกิจกรรมและบันทึกการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ควรเพิ่มเติมแนวทางการของการตอบหรือคำตอบ เพื่อใช้พิจารณาในการวัดและประเมินผลของนักเรียน

3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้

3.1) ปรับเปลี่ยนคำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองเบื้องต้นให้ชัดเจน เช่น การสร้างคำถามให้นักเรียนระบุทิศทางของอากาศร้อนและอากาศเย็น เป็นต้น

3.2) ปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนให้สอดคล้องขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง เช่น ในขั้นการสังเกต จากครูเป็นผู้จัดเตรียมการทดลองให้กับนักเรียน เป็นนักเรียนเป็นผู้ออกแบบการทดลองด้วยตนเอง การแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากการแก้ไขแบบจำลองเป็นรายกลุ่ม เป็นเปลี่ยนแก้ไขเป็นรายบุคคล เพื่อนำไปใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองได้

3.3) ปรับเปลี่ยนวิธีการออกแบบกิจกรรมการทดลองให้เหมาะสมและสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทดลอง เรื่อง การพาความร้อนของของเหลว จากใช้น้ำและเกร็ดด่างทับทิมมาต้ม แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำบริเวณก้นบีกเกอร์กับผิวบีกเกอร์ และสังเกตการเคลื่อนที่ของเกร็ดด่างทับทิม เป็นการนำของเหลวของสาร 2 ชนิดที่ไม่ละลายต่อกันและมีจุดเดือดต่างกัน เพื่อให้มองเห็นการเคลื่อนของสารทั้งสองชนิดเมื่อได้รับความร้อนจากตะเกียงแอลกอฮอล์ เป็นต้น

3.4) ปรับเปลี่ยนข้อคำถามเพื่อกระตุ้นการสะท้อนแนวคิดของนักเรียน จากใช้คำถามว่าจงระบุหลักฐานที่ได้รับจากการทดลอง ให้สร้างกรอบคำถามจากการทดลองของนักเรียนแล้วให้นักเรียนระบุหลักฐานที่ได้รับจากการสังเกต เช่น การพาความร้อนทำให้อนุภาคของของเหลวเคลื่อนที่หรือไม่ สังเกตได้จากสิ่งใด เป็นต้น

4) ด้านภาษา

ปรับข้อคำถาม รูปภาพ และประโยคให้สื่อความหมายชัดเจน เหมาะสมกับวัยของนักเรียน มีความเป็นรูปธรรม เช่น

4.1) การยกตัวอย่างสถานการณ์ใช้เป็นพระราชวัง 2 หลังที่ออกแบบแตกแต่งกัน ได้พระราชวังมฤคทายวัน และพระราชวังบ้านปืน แทนการใช้ภาพบ้านจากการวาดของผู้วิจัย

4.2) ปัจจัยใดที่ทำให้อากาศในบ้านสองหลังเย็นสบายแตกต่างกันเป็นเพราะเหตุใดที่ทำให้การออกแบบพระราชวัง 2 นี้จึงออกแบบแตกต่างกัน

2.6 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วนำเสนอไปอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง จากนั้นนำไปใช้จริงในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 ขั้นเตรียมการนักเรียนก่อนดำเนินการสอน

1) การเตรียมการสำหรับกลุ่มทดลอง โดยการแนะนำวิชาเรียน ชี้แจงจุดประสงค์ของการเรียนการสอน แนะนำวิธีการจัดเรียนการสอนและบทบาทของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง รวมถึงการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

2) การเตรียมการสำหรับกลุ่มควบคุม โดยการแนะนำวิชาเรียน ชี้แจงจุดประสงค์การเรียนการสอน และและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

5.2 ขั้นดำเนินการทดลอง

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองกับนักเรียนกลุ่มทดลอง และดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไปกับกลุ่มควบคุม จำนวนทั้งสิ้น 21 คาบละ 50 นาที

5.3 ขั้นเก็บรวมรวบข้อมูล

หลังจากดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดแล้วจึงดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ ให้เวลาในการสอบ 40 นาที และวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ ให้เวลาในการสอบ 1 ชั่วโมง

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ส่วน คือ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ 2) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ค่าสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งดำเนินการดังนี้

6.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

1) นำคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มาหาค่าค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วนำมาเทียบกับเกณฑ์การประเมินสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552)

ช่วงคะแนน	ความหมาย	ช่วงคะแนน	ความหมาย
89 – 100	ดีเยี่ยม	60 – 64	ปานกลาง
75 – 79	ดีมาก	55 – 59	พอใช้
70 – 74	ดี	50 – 54	ผ่านเกณฑ์
65 – 69	ค่อนข้างดี	0 – 49	ต่ำกว่าเกณฑ์

2) ทดสอบความเตกต่างค่าค่าเฉลี่ยด้วยสถิติที (t - test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1) นำคะแนนสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มาหาค่า ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วนำมาเทียบกับเกณฑ์การการประเมินเพื่อแปลผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2) ทดสอบความเตกต่างค่าค่าเฉลี่ยด้วยสถิติที (t - test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย โดยมีรายละเอียดแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการทดลองและเก็บคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยพิจารณาพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ คะแนนตามลำดับ วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อนำคะแนนเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนกลุ่มทดลองมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 ขึ้นไป และนำคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มมาทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าสถิติทดสอบที t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 37) กับกลุ่มควบคุม (n = 36)

กลุ่มตัวอย่าง	$\overline{X}$	$\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	t –test
กลุ่มทดลอง	22.40	74.67	2.30	5.045*
กลุ่มควบคุม	19.17	63.90	3.13	

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

จากตารางที่ 12 พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เท่ากับ 22.40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

1.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนผลสมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แยกตามการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าที (t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แยกตามการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 37) กับกลุ่มควบคุม (n = 36)

การเรียนรู้	กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			t –test
	$\overline{X}$	$\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	$\overline{X}$	$\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	
1. ความรู้-ความจำ	4.32	72.00	0.78	4.27	71.16	1.00	0.22
2. ความเข้าใจ	6.79	75.40	1.15	5.47	60.78	1.31	4.51*
3. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5.13	85.50	0.85	4.22	70.33	1.14	3.85*
4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	6.16	68.44	1.28	5.19	57.66	1.61	2.83
รวม	22.40	74.67	2.30	19.17	63.90	3.13	5.045*

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

จากตารางที่ 13 พบว่า หลังการทดลองนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทุกพฤติกรรมการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการทดลองและเก็บคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยแบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ และแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายการประเมิน 3 รายการตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล แต่ละรายการมีระดับการให้คะแนน 3 ระดับ ดังนั้นคะแนนเต็มรายข้อเท่ากับ 6 คะแนน รวมคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน และคะแนนเต็มของแต่ละรายการประเมินเท่ากับ 2 คะแนน รวมคะแนนเต็มของแต่ละรายการ 10 คะแนน วิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อนำคะแนนเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนกลุ่มทดลองมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 ขึ้นไป และนำคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มมาทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าสถิติทดสอบที t-test) ของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 37) กับกลุ่มควบคุม (n = 36)

กลุ่มตัวอย่าง	หลังทดลอง			
	$\overline{X}$	$\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	t –test
กลุ่มทดลอง	21.27	70.90	3.26	8.46*
กลุ่มควบคุม	15.55	51.83	2.43	

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

จากตารางที่ 14 พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 21.27 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือร้อยละ 70 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

2.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบ่งตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบ่งตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 37) กับกลุ่มควบคุม (n = 36)

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			t-test
	$\overline{X}$	$\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	$\overline{X}$	$\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	
1. ข้อกล่าวอ้าง	7.78	77.80	1.67	6.52	65.20	1.23	3.65*
2. หลักฐาน	8.10	81.00	1.21	5.41	54.10	1.15	9.67*
3. การให้เหตุผล	5.97	59.70	1.48	3.66	36.60	1.24	7.12*
รวม	21.27	70.90	3.26	15.55	51.83	2.43	8.46*

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

จากตารางที่ 13 พบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 แต่มีคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบการให้เหตุผลเท่ากับ 5.97 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 59.70 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70

Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

วิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนทุ่งใหญ่วิทยาคม จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่เรียนภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 214 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง จำนวน 37 คน และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสอนทั่วไป จำนวน 36 คน ผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเอง 2 กลุ่ม และใช้ระยะเวลาในการสอนทั้งสิ้น 21 คาบ คาบละ 50 นาที มีการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียนโดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม พบว่า

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 74.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 70.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

อภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น การอภิปรายผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ2) ความสามารถในการสร้างคำการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เท่ากับ 74.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ข้อที่ 2 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Ricky (1999) ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ช่วยพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน อาจเป็นเหตุผลดังต่อไปนี้

1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองในขั้นการสังเกต นักเรียนได้วางแผนการทดลอง กำหนดสมมติฐาน ระบุตัวแปรที่ศึกษา ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลร่วมกันเพื่อนในกลุ่มทำ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนดำเนินการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้รับข้อมูลใหม่จากการสำรวจตรวจสอบ โดยการให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติสร้างความรู้ด้วยตนเองเป็นส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยมที่ว่า การสร้างความรู้ของนักเรียนเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรและมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ (Llewellyn, 2005; Woolfolk, 2011)

2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองในขั้นการอธิบาย นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ที่ใช้ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้ในบทเรียน จึงส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าเนื้อหาเพิ่มมากขึ้น ดังที่ McNeill and Krajcik (2010) อธิบายว่า การเขียนคำอธิบายทางวิทยาทางวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมความเข้าในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์จากการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการลงข้อสรุป การคัดเลือกหลักฐานที่เหมาะสมในการสนับสนุนข้อสรุป และการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับหลักฐาน

3) การแก้ไขแบบจำลองของนักเรียนแสดงถึงความเข้าใจเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแก้ไขแบบจำลองต้องอาศัยการเชื่อมโยงความเข้าใจระหว่างข้อมูลใหม่กับหลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวคิดในการแก้ไขแบบจำลองของตนเอง ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเข้าหลักการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น ดังที่ Hestenes (1996) อธิบายว่า กิจกรรสร้างแบบจำลองในบทเรียนช่วยนักเรียนมีผลการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นและช่วยส่งเสริมความสามารถทางการคิดของนักเรียน สอดคล้องกับการอธิบายของ Coll & Lajium (2011) ที่ว่าการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำแบบจำลองมาใช้เป็นตัวแทนทางความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แยกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่าพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้-ความจำและการนำความรู้และกระบวนกรทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 อาจเนื่องมาจาก (1) เนื้อหาสาระบางบทเรียนนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ยังไม่มีความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาก่อน เช่นบทเรียนเรื่อง พลังงานกับการละลายของสาร เป็นต้น และขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองและคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรียน แต่ไม่ได้ใช้ความรู้จาในสถานการณ์ใหม่ที่ซ้ำกับสถานการณ์ในบทเรียน

2. **ความสามารถในการสร้างคำการอธิบายทางวิทยาศาสตร์**

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 70.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ข้อที่ 4 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tien, Teichert and Ricky (2007) ที่พบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนการอธิบายของนักเรียนได้ถูกต้อง อาจเป็นเหตุผลดังต่อไปนี้

1) กิจกรรมการสร้างแบบจำลองของนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเป็นตัวแทนทางความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสร้างแบบจำลองของนักเรียนเกิดจากการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบและการหลักการทางวิทยาศาสตร์จากการสะท้อนความคิดร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน ซึ่ง

ในขณะเดียวกันการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก็อาศัยหลักฐานและการให้เหตุสนับสนุนข้อสรุป ทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้จากการใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนของหลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับการอธิบายของ Passmore, Stewart and Cartier (2009) ที่ว่าแบบจำลองเป็นตัวแทนของข้อมูลหรือชุดของข้อมูลที่นำมาใช้เป็นกลไกในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทั้งแบบจำลองและคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์และเชื่อมโยงกับการหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับ การอธิบายของ Coll and Lajium (2011) ที่ว่า การสร้างแบบจำลองช่วยส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยแบบจำลองเป็นตัวแทนทางความคิดของนักเรียนที่มีต่อปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในขั้นการอธิบายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การนำเสนอ และการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองร่วมกับครูและเพื่อนในชั้นเรียน ซึ่งในระหว่างการประเมินนักเรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับในการแก้ไขคำอธิบายให้ถูกต้องและสมบูรณ์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการอธิบายของ ดังที่ McNeill and Krajcik (2008) อธิบายว่าการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนควรให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนมองเห็นจุดแข็งและจุดอ่อนของคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้นแล้วนำไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขคำอธิบายของตนเอง

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่า คะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 แต่คะแนนเฉลี่ยร้อยละต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 70 อาจเป็นเพราะว่า นักเรียนมักนำข้อมูลที่พบในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์มาใช้อธิบายความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างและพบว่าเมื่อนักเรียนคนใดที่ไม่สามารถเขียนข้อสรุปหรือระบุหลักฐานได้ จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของของ Primo et al (2010) ที่ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน และมีนักเรียนเพียงร้อยละ 18 ที่สามารถเขียนคำอธิบายได้ถูกต้องครบถ้วนทั้ง 3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูผู้ที่สนใจนำการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง ครูควรศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง บทบาทครู และบทบาทนักเรียน รวมถึงวิธีการสร้างแบบจำลองและการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและนำไปใช้ในพัฒนานักเรียนให้มีความเข้าใจบทเรียน และส่งเสริมความสามารถในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

1.2 ในขั้นตอนการสังเกต (Observer) ของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 วางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ยังไม่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการสำรวจตรวจสอบ ดังนั้นก่อนที่นักเรียนวางแผนดำเนินการสำรวจตรวจสอบ ครูควรให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิธีวางแผนการทดลอง การกำหนดตัวแปรที่ศึกษา การออกแบบการทดลอง และการดำเนินการทดลอง พร้อมทั้งยกตัวอย่างกิจกรรมการวางแผนและออกแบบการสำรวจตรวจสอบให้กับนักเรียนก่อนลงมือปฏิบัติจริง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทางไปใช้ไม่แตกต่างกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป ครูอาจเพิ่มเติมขั้นตอนการนำความรู้ไปใช้ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

2.2 ในระหว่างดำเนินการวิจัยครั้งนี้ พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะนำความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นตัวแปรในการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2008). Making Sense of Argumentation and Explanation. **Journal of Science Education**, *93*(1), 26 – 55.

Biological Science Curriculum Study. (2014). **Science explanation tool guide for teachers**. Retrieved December. 8, 2014

Buckley C, B., & al., e. (2010). Looking inside the black box: assessing model-based learning and inquiry in BioLogica™. . **International Journal of Learning Technology**, *5*(1), 167 – 190.

Buckley C, B. e. a. (2004). Model-Based Teaching and Learning with BioLogica TM: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know? **Journal of Science Education and Technology**, *13*(1), 23-41.

Buckley, C. B., & Boulter, J. C. (2000). **Investigating the Role of Representions and Expressed Models in Building Mental Model**. . Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Carillo, C., Lee, C., & Rickey, D. (2005). **Enhancing scienc e teaching by doing: A framework to guide chemistry students' thinking in the laboratory**. Retrieved August 21, 2013

Cartier, J. (2000). **Using a modeling approach to explore scientific epistemology with high school biology students**. Retrieved ncisla.wceruw.org/ publications/reports/RR99PDF.[Fab 18, 2014]

Chiappetta, L. E., & Koballa, R. T. (2010). **Science instruction in the middle and secondary schools: Developing fundamental knowledge and skills**. (7 ed.). United States of America: Pearson.

Coll, K. R., & Lajium, D. (2011). Modeling and the Future of Science Learning. In S. M. Khine & M. I. Saleh (Eds.), **Models and Modeling: Cognitive Tools for Scientific Enquiry:** Springer Science.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Cruickshank, R. D., & al., e. (2009). **The Act of Teaching** (5 ed.). United States of America: McGraw - Hill.

Driel, J. V., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modeling in science. I**nternational Journal of Science Education***, 21*(11), 1141-1153.

Gershenfeld, N. (2012). Science uses model to explain aspects of the real world. Retrieved Fab 18, 2014

Gilbert, J. K. (2004). Models and modeling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*, 115-130.

Gilbert, K. C., Boulter, J. C., & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*. Netherlands Kluwer Academic Publishers.

Harrison, G. A., & Treagust, F. D. (1998). Modelling in science lessons: are there better ways to learn with model. *School Science and Mathematics,, 98*(8), 420-429.

Harrison, G. A., & Treagust, F. D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education, 24*(4), 369-387.

Hempel, G. C., & Oppenheim.P. (1948.). Studies in the of Explanation. *Philosophy of science, 15* (2), 135 - 175

Hempel, G. C., & Oppenheim.P. (1967). scientific explanation. Retrieved Jan 18, 2014

Hestenes, D. (1998). Modeling Methodology for Physics Teacher. Retrieved April 24, 2014

Hsin, K., Ying, S. H., & Kwun, F. K. ((2010)). DESIGNING A TECHNOLOGY-ENHANCED LEARNING ENVIRONMENT TO SUPPORT SCIENTIFIC MODELING. *The Turkish Online Journal of Educational Technology., 9*(1), 50-65.

Justi, R. S. (2009). Learning how to model in scienceclassroom: key teacher's role in supporting the development of students' modelling skills. Retrieved Jan 18, 2014

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education, 24*(4), 369-387.

Krause, K. L., Bochner, S., & Duchesne, S. *Education Psychology*. Australia: Thomson.

Llewelly, D. (2002). **Inquire within implementing inquiry based science standards**. The United States of America: Corwin Press.

Llewelly, D. (2005). **Teaching high school science through inquiry.** The United States of America: Corwin Press.

Louca, L. T., & Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-based learning in science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. . **Journal of Educational Review,** *64*(4), 471-492.

Maia, F. P., & Justi, R. (2009). Learning of Chemical Equilibrium through Modeling **-** based Teaching. **International Journal of Science Education,** *31*(15), 603-630.

Mattox.C.A, Reisner.A.B, & Rickey, D. (2006). What Happens When Chemical Compounds Are Added to Water? An Introduction to the Model-Observe-Reflect-Explain (MORE) Thinking Frame. **Journal of chemical education.**

Mclnerney, D. M., & Mclnerney, V. (2002). *Education* **Psychology: ConstructingLearning** (3 ed.). Australia: Peason Education Australia.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2006). Supporting Students'Construction of ScientificExplanation through Generic versus Context-Specific Written Scaffolds ncisla.wceruw.org/ publications/reports/RR99-1.PDF.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2008). Assessing middle school' content knowledge and reasoning through written scientific explanation. Retrieved June 7, 2014

McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2008). Inquiry and Scientific Explanations: Helping Students Use Evidence and Reasoning. Retrieved **www.nsta.org/permissions**

McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2010). **Importance of supporting students in scientific Explanation.** Retrieved December 8, 2014

Moji, B. E. e. a. (2004). **Explaining explanation: Developing scientific literacy in middle school project - based science**. Retrieved http://www-personal.umich.edu/~moje/pdf/Book/ExplainingExplanations.pdf April 24, 2014

Muijs, D., & Reynolds, D. (2011). **Effective teaching evidence and practic***e*. United Kingdom: SAGE Publications.

Organisation for Econamic Co-operation and Development. (2013). **PISA 2012 Assessment and analytical framework: mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy.** Retrieved [April 24, 2014] http://www.oecd.org/pisa/ pisaproducts/PISA%202012%20framework%20e-book_final.pdf

Ornek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. **International Journal of Environmental and Science Education,** *3*(2), 35-45.

Passmore, C., Stewart, J., & Cartier, J. (2009). Model-based inquiry and school science: Creating connections. **School Science and Mathematics,,** *109*(7), 394-402.

Peker, D., & Wallace, S. C. (2011). Characterizing High School Students' Written Explanations in Biology Laboratories. **Research in Science Education***, 41*, 169-191.

Pluta, J. W., Chinn, A. C., & Duncan, G. R. (2011). Learner's epistemic criteria for good scientific mode. **Journal of Research in Science Education***, 48*(5), 486 - 511.

Primo, R. A. M., & al., e. (2010). Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning. **Journal of Research in Science Teaching***, 47*(5), 583-608.

Reiser, J., Berland, K. L., & Kenyon, L. (2012). **Engaging Students in the Scientific Practices of Explanation and Argumentation Understanding A Framework for K-12 Science Education.** [Online]. Availablefrom. Retrieved April 24, 2015

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Rickey, D. (1999). The effects of laboratory curriculum and instruction on undergraduate students' understanding of chemistry. Retrieved http://proquest.umi.com/pqdlink?Ver=1&Exp=01-18-2018&FMT=7&DID=731859461 &RQT=309&attempt=1

Rickey, D., & Stacy, A. (2000). The role of metacognition in learning chemistry. *J***ournal of chemical education,** *77*(7), 915-920.

Ruiz-Primo. (2010). Testing One Premise of Scientific Inquiry in Science Classrooms: Examining Student, Scientific Explanations and Student Learning. **Journal of Research in Science Teaching,** *47*(5), 583-608.

Schwarz, C. V. e. a. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. . **Journal of Reserarch in Science Teaching,** *46*(6), 632-654.

Sibley , D. F. (2009). A COGNITIVE FRAMEWORK FOR REASONING WITH SCIENTIFICMODELS. **Journal of Geoscience Education,** *57*, 255-263

Slavin E. R. (2006). **Theory and practice** (8 ed.). United States of America: Pearson.

Snowman, J., & McCown, R. (2012). **Psychology applied toteaching** (13 ed.). The United States of America: Wadsworth

Tien, T. L. (1998.). **Fostering expert inquiry skills and beliefs about chemistry through the MORE laboratory experience.** Ph.D. University of California, Berkeley, CA.

Tien, T. L., Teichert, A. M., & Rickey, D. (2007). Effectiveness of a MORE Laboratory Module in Prompting Students To Revise Their Molecular-Level Ideas about Solutions. **Journal of chemical education,** *84*(1), 175-181.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the Scientific Method: Model-Based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations. . **Journal of Science Education***, 92*(5), 941-967.

Wittwer, J., & Renkl, A. (2008). Why Instructional Explanations Often Do Not Work: A Framework for Understanding the Effectiveness of Instructional Explanation. **Educational Psychologist***, 43*(1), 49-64.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Woodfolk, A. E. (2009). **Education psychology**. Ohio: A Simon and Schuster.

Zangori, L., & Forbes, C. (2009). Third - Grade Students' Scientific Explanations for Structure and Function Scientific practices in Elementary Classroom *The journal of science education*

98(4), 614 - 639. .

กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). **ตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช *2551*. กรุงเทพมหานคร:** อรุณการพิมพ์.

ทิศนา แขมมณีและคณะ. (2545). **กระบวนการเรียนรู้ ความหมาย แนวทางการพัฒนา และปัญหาข้องใจ.** กรุงเทพมหานคร: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, & พเยาว์ ยินดีสุข. (2548). **วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป**. กรุงเทพมหานคร: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ไพศาล หวังพานิช. (2523). **การวัดผลการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

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

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2556). **การวัดและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ.**ค่าสถิติพื้นฐานคะแนน O – NET มัธยมศึกษาปีที่ 3**. สืบค้นจาก http://www.onetresult.niets.or.th [พฤษภาคม 2558]

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). **ผลการประเมิน *PISA 2012* คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

สำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2555). แผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ.*2555-2559).* กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 พ.ศ. 2555 – 2559.** http://www.nesdb.go.th/Portals/0/news/plan/p11/plan11.pdf

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2545). **จิตวิทยาการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจงกล บุญรอด เกิดวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2528 ภูมิลำเนาจังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชในปี พ.ศ. 2552 แล้วเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2554 ปัจจุบันรับราชการครู อันดับ คศ. 1 โรงเรียนทุ่งใหญ่วิทยาคม อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University