การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง
และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และ
ความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

นายพรเทพ จันทราอุกฤษฎ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL MODEL BY INTEGRATING THE ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY MODEL AND MODEL-BASED LEARNING APPROACH TO PROMOTE SCIENTIFIC LITERACY COMPETENCIES AND RATIONALITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Pornthep Chantraukrit

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Curriculum and Instruction
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
โดย	นายพรเทพ จันทราอุกฤษฎ์
สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิตา รักษ์พลเมือง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วิชัย เสวกงาม)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ วิศวธีรานนท์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ : การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL MODEL BY INTEGRATING THE ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY MODEL AND MODEL-BASED LEARNING APPROACH TO PROMOTE SCIENTIFIC LITERACY COMPETENCIES AND RATIONALITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.อลิศรา ชูชาติ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 212 หน้า.

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนามีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และ 2) เพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ศึกษาประสิทธิผลโดยการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในกรุงเทพมหานคร แต่ละโรงเรียนแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ใช้เวลาในการทดลอง 10 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ แบบวัดความมีเหตุผล และแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบค่าที การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม และการทดสอบด้วยสถิติไคสแควร์

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล โดยมีหลักการ 2 ประการ ได้แก่ (1) การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมศักยภาพในการโต้แย้งโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล (2) การนำแบบจำลองประกอบการโต้แย้งจะช่วยให้การโต้แย้งมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นแนวทางในการตรวจสอบข้อโต้แย้ง ข้อสรุป และความมีเหตุผลได้ง่าย การจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 6 ขั้น ได้แก่ (1) ขั้นตั้งประเด็นคำถาม (2) ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (3) ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง (4) ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (5) ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย และ (6) ขั้นขยายความรู้ โดยมีการอภิปรายโต้แย้งอยู่ในทุกๆ ขั้น

2. ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน ผลจากการทดลองใช้ พบว่า

2.1 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ร้อยละ 60.23 ซึ่งยังต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70 อย่างไรก็ตามคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาสูงกว่ากลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลระหว่างนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานไม่แตกต่างกัน และผลการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลระหว่างเรียน พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นแสดงพฤติกรรมความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 9 พฤติกรรม จาก 10 พฤติกรรม

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....
ปีการศึกษา 2556	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5284234027 : MAJOR CURRICULUM AND INSTRUCTION
KEYWORDS: INSTRUCTIONAL MODEL / ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY MODEL / MODEL-BASED LEARNING APPROACH / SCIENTIFIC LITERACY COMPETENCIES / RATIONALITY

PORNTHEP CHANTRAUKRIT: DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL MODEL BY INTEGRATING THE ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY MODEL AND MODEL-BASED LEARNING APPROACH TO PROMOTE SCIENTIFIC LITERACY COMPETENCIES AND RATIONALITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASST. PROF. ALISARA CHUCHAT, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. PIMPAN DACHAKUPT, Ph.D., 212 pp.

This research was a research and development with purposes to (1) develop instructional model by integrating the argument-driven inquiry model and model-based learning approach to promote scientific literacy competencies and rationality of lower secondary school, and (2) evaluate the effectiveness of the developed instructional model. This research evaluated the effectiveness of an instructional model through experimenting with the sample group, mattayom suksa II students of Demonstration Secondary School group under the Office of the Higher Education Commission and School group under of the Office of Basic Education Commission in Bangkok Metropolis. In each school, students were divided into 2 groups, including an experimental group and a controlled group. The duration of experiment was 10 weeks with research instruments, including scientific competency test and rationality test, and rationality observation form. The data were analyzed by arithmetic mean, standard deviation, t-test, ANCOVA, and Chi-square statistical test.

The research results could be summarized as follows:-

1. The instructional model developed with an aim to promote scientific literacy competencies and rationality under 2 principles, namely (1) the use of model will help enhance competency in arguing by using information and empirical evidence to explain natural events rationally, (2) the use of model as a part of argument will make the argument clear and concrete which is a guidance to verify argument, conclusion, and rationality easily. The instructional management consisted of 6 key stages, including (1) identifying issue, (2) construct an initial model, (3) model investigation, (4) model improvement, (5) constructing conclusion and explanation, and (6) elaboration.

2. The effectiveness of the instructional model after implementation, it was found that;

2.1 After experiment, students studying with developed instructional model had mean score of scientific literacy competency at 60.23 percent, lower than the determined criteria at 70 percent. However, their mean score of scientific literacy competency is higher than that of before experiment and higher than that of students studying traditionally at .05 level of significance. The mean score of scientific literacy competency of students in the demonstration school group under the Office of Higher Education Commission was higher than that of the schools under the Office of the Basic Education Commission at .05 level of significance.

2.2 After experiment, students studying with developed instructional model had mean score of rationality higher than that before experiment and that of students studying traditionally at .05 level of significance. The mean score of rationality of students in the demonstration school group under the Office of Higher Education Commission was indifferent from that of the schools under the Office of the Basic Education Commission at .05 level of significance. According to rationality behavior observation during experiment, it was found that students studying with developed instructional model had higher rationality behavior than students studying traditionally at .05 level of significance for 9 out of 10 behaviors.

Department: Curriculum and Instruction Student's Signature .....

Field of Study: Curriculum and Instruction Advisor's Signature .....

Academic Year: 2013 Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตาและความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งทั้งสองท่านได้ให้คำแนะนำและความคิดเห็นต่างๆ อันมีคุณค่าต่องานวิจัย และช่วยทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ด้วยความดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่ง รวมทั้งเป็นแบบอย่างในความเป็นครูให้แก่ศิษย์อย่างแท้จริง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาและความกรุณาที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ วิศวธีรานนท์ อาจารย์ ดร.วิชัย เสวกงาม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราวีณยา สุวรรณณัฐโชติ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม และโรงเรียนยานนาเวศวิทยาคม ที่ได้อนุญาตให้ผู้วิจัยได้พัฒนาตนเองในการเพิ่มพูนความรู้ ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลการวิจัย ตลอดจนทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน และขอขอบคุณนักเรียนทั้งสองโรงเรียนที่ได้ให้ความร่วมมือ ทำให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยได้อย่างต่อเนื่องด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคณาจารย์สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษาไทยทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ประสบการณ์ และจริยธรรมในการดำเนินชีวิตและการทำงานแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่เป็นอย่างสูงที่คอยห่วงใย ดูแล ให้กำลังใจและส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตลอดมา รวมทั้งขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกๆ คนที่คอยเป็นกำลังใจ สนับสนุน และให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฎ
สารบัญแผนภาพ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ..... 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
คำถามของการวิจัย..... 5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 6
สมมติฐานของการวิจัย..... 7
ขอบเขตของการวิจัย..... 8
นิยามศัพท์เฉพาะ..... 9

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 12
1. การรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21..... 13
1.1 ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21..... 13
1.2 ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์..... 16
1.3 ลักษณะของการรู้วิทยาศาสตร์..... 17
1.4 สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์..... 19
1.4.1 การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์..... 19
1.4.2 การอธิบายปรากฏการณ์ในทางวิทยาศาสตร์..... 20
1.4.3 การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์..... 21
1.5 แนวทางการวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์..... 22
2. ความมีเหตุผล: คุณลักษณะสำคัญของผู้รู้วิทยาศาสตร์..... 26
2.1 ความสำคัญของความมีเหตุผล..... 26
2.2 ความหมายของความมีเหตุผล..... 27
2.3 ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล..... 28
2.4 แนวทางการวัดความมีเหตุผล..... 31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง..... 34
3.1 ความสำคัญของการโต้แย้งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์..... 35
3.2 ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์..... 36
3.3 ประโยชน์ของการโต้แย้งต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์..... 39
3.4 ความเป็นมาในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง..... 40
3.5 ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง..... 41
3.6 ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง..... 45
3.7 เป้าหมายและวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง..... 46
3.8 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง..... 48
4 การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 52
4.1 ความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์..... 52
4.2 ความหมายของแบบจำลอง และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์..... 53
4.3 ประเภทของแบบจำลอง..... 55
4.4 การใช้แบบจำลองในการสอนวิทยาศาสตร์..... 61
4.5 ทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 62
4.6 แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 65
5 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน..... 66
5.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน..... 66
5.2 ลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอน..... 67
5.3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน..... 68
5.4 ประเภทของรูปแบบการเรียนการสอน..... 68
5.5 กระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน..... 69
6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 71
6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบสืบสอบด้วยกลวิธีการโต้แย้ง สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล..... 71
6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล..... 73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 77
ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการ
รูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้
แบบจำลองเป็นฐาน..... 79
1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 79
2. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดย
บูรณาการกลวิธีการโต้แย้งร่วมกับการใช้แบบจำลอง..... 81
3. การจัดทำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน..... 86
4. การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนและ
เอกสารประกอบรูปแบบ..... 86
5. การปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนและเอกสารประกอบ
รูปแบบ..... 88
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน
โดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและ
แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 88
1. การเตรียมการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน..... 88
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้
ในการทดลอง..... 90
3. การดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน..... 104
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 105
5. การวิเคราะห์ข้อมูล..... 106

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 108
ตอนที่ 1 รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง
และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... 108
1.1 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น..... 108
1.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น..... 121
ตอนที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น..... 123
2.1 ด้านสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์..... 123
2.2 ด้านความมีเหตุผล..... 127

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 138
สรุปผลการวิจัย..... 138
อภิปรายผลการวิจัย..... 143
ข้อเสนอแนะ..... 149

รายการอ้างอิง..... 151

ภาคผนวก..... 160
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ..... 162
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 164
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน..... 195
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้..... 205
ภาคผนวก จ คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 218

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 220

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล	30
2	บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง	50
3	เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ระหว่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 และ 2/3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม	89
4	เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ระหว่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/4 และ 2/6 โรงเรียนยานนาเวศวิทยาคม	89
5	ร้อยละของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในข้อสอบ PISA 2006 PISA 2012 และค่าเฉลี่ย	91
6	ร้อยละของคะแนนในแต่ละสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ในข้อสอบ PISA 2006 PISA 2012 และค่าเฉลี่ย	92
7	จำนวนข้อในแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์จำแนกตามความรู้วิทยาศาสตร์และองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	92
8	ร้อยละของชนิดของแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ในข้อสอบ PISA 2006 PISA 2012 และค่าเฉลี่ย	93
9	จำนวนข้อในแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์จำแนกตามชนิดของแบบวัดและองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	94
10	พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลและพฤติกรรมที่ใช้สังเกตระหว่างเรียน	98
11	กลุ่มพฤติกรรมและลำดับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต	100
12	หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	102
13	เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับการเรียนการสอนแบบปกติ	103
14	ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นกับการพัฒนาสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล	111
15	ขั้นตอนการเรียนการสอน บทบาทครู และบทบาทนักเรียน ตามรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	115

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
16	หลักการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อการเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล	118
17	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน	123
18	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา	124
19	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน	124
20	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน	125
21	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา	125
22	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน	126
23	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน	126
24	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน	127
25	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา	127

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

26 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 128

27 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 128

28 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา..... 129

29 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 129

30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 130

31 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลองหลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 130

32 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลองหลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา..... 131

33 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลองหลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 131

34 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลองหลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 132

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

35 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของความมีเหตุผลของนักเรียน กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา..... 133

36 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของความมีเหตุผลของนักเรียน กลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 133

37 เปรียบเทียบพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงาน คณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 135

38 เปรียบเทียบพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงาน คณะกรรมการการอุดมศึกษา..... 136

39 เปรียบเทียบพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน..... 137

40 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัด สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ..... 218

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพ		หน้า
1	กรอบโครงสร้างที่ใช้ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์	25
2	zone of proximal development	44
3	กรอบแนวคิดในการวิจัย	76
4	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน	78
5	หลักการเรียนรู้ของการใช้แบบจำลองเป็นฐาน และรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง	82
6	หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	83
7	ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	85
8	รูปแบบการวิจัยที่ใช้ในการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบ two group pretest-posttest design	105
9	หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	109
10	ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น	114

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกในศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การจัดการศึกษาจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว องค์การการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: UNESCO) ได้กำหนดเป้าหมายของการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ให้เน้นการพัฒนาความรอบรู้เพื่อปวงชน (literacy for all) อันเป็นการพัฒนาให้บุคคลสามารถอ่านออก เขียนได้ เป็นผู้มีความรู้และมีความสามารถในการเรียนรู้ (Lind, 2008: 11) สำหรับในประเทศไทยได้ให้ความสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะพื้นฐาน 3 ด้าน คือ (1) การรู้หนังสือหรือการสื่อสาร (literacy) (2) การคำนวณ (numeracy) และ (3) ความสามารถในการใช้เหตุผล (reasoning abilities) (สำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2556: 2)

ในปี พ.ศ.2558 ประเทศต่างๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จะย่างเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asean Economics Community: AEC) อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นแต่ละประเทศในกลุ่มอาเซียนจึงมีการปรับตัวเพื่อรองรับและใช้โอกาสจาก AEC ในการพัฒนาการเติบโตทางเศรษฐกิจโดยนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมเข้ามาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ เพื่อช่วยให้ประเทศของตนมีบทบาทและขีดความสามารถในการแข่งขันเหนือกว่าประเทศอื่น (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ: สวทช, 2556: 68) วิทยาศาสตร์จึงทวีบทบาทสำคัญยิ่งขึ้น และทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy for all) เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์มีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544: 2) การรู้วิทยาศาสตร์ (science literacy) จึงถูกกำหนดเป็นเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศต่างๆ อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น (Norris and Phillips, 2003: 224) นำมาสู่การปฏิรูปการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนานักเรียนในด้านความรู้ความสามารถ ทักษะและคุณลักษณะเพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายดังกล่าว

การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติ เป็นวัตถุประสงค์หนึ่งที่องค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ดำเนินการภายใต้โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment: PISA) เพื่อเป็นการสำรวจศักยภาพในการใช้ความรู้และทักษะภายหลังจากจบการศึกษาภาคบังคับ หรืออายุ 15 ปี โดยประเมินทุก 3 ปี และประเทศไทยเข้าร่วมโครงการดังกล่าว ผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย ซึ่งได้มีการดำเนินการตั้งแต่ปี ค.ศ.2000 (พ.ศ.2543) เป็นต้นมา พบว่า มีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ และมีแนวโน้มต่ำลงมา

ตั้งแต่เข้าร่วมโครงการ ซึ่งผลการประเมินนี้เป็นเครื่องชี้วัดว่าประเทศไทยยังอยู่ห่างไกลจากเป้าหมายความเข้มแข็งทางการศึกษา และการเตรียมเยาวชนให้มีศักยภาพในการแข่งขันในอนาคต อย่างไรก็ตาม ยังพบกลุ่มโรงเรียนในประเทศไทยที่นักเรียนมีคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าค่าเฉลี่ย OECD คือ นักเรียนจากกลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัยและนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิต สำหรับนักเรียนในกลุ่มโรงเรียนอื่นๆ นั้นพบว่า มีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ทั้งหมด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556: 19)

เมื่อวิเคราะห์การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของโครงการ PISA พบว่ามีการประเมินสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน สมรรถนะเหล่านี้ประกอบด้วยความสามารถ 3 ด้าน ได้แก่ (1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (identifying scientific issues) (2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (explaining phenomena scientifically) และ (3) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (using scientific evidence) (OECD, 2009: 138)

การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการแยกแยะประเด็นหรือเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ออกจากประเด็นในเรื่องอื่นๆ ประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์คือสิ่งที่ตอบได้ด้วยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่างๆ ได้แก่ (1) รู้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์ (2) บอกคำสำคัญสำหรับค้นคว้า และ (3) รู้ลักษณะสำคัญของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2009: 138) การประเมินสมรรถนะนี้ต้องการให้นักเรียนแยกแยะปัญหาหรือคำถามที่เป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์ออกจากปัญหาประเภทอื่นๆ ที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้นักเรียนต้องสามารถเสนอแนะวิธีการที่ใช้หาคำตอบ ซึ่งในการหาคำตอบนั้น นักเรียนต้องสามารถบอกคำสำคัญที่ใช้ในการค้นคว้า และหาเครื่องมือสำหรับตรวจสอบได้ นั่นคือระบุได้ว่าต้องใช้สาระ หลักฐานหรือข้อมูลใดในการสำรวจตรวจสอบ เพื่อออกแบบวางแผนในการเก็บข้อมูลได้ถูกต้อง นอกจากนี้ นักเรียนต้องรู้ลักษณะสำคัญของการสำรวจตรวจสอบ เช่น รู้วิธีการทดสอบที่เที่ยงตรง การควบคุมตัวแปร สาระและข้อมูลที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม วิธีการเก็บข้อมูล เป็นต้น

การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผลกับสถานการณ์หนึ่งๆ ความสามารถนี้รวมถึงการบรรยาย และการตีความปรากฏการณ์และคาดการณ์หรือพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้น รวมถึงการให้นักเรียนระบุคำบรรยาย คำอธิบายที่สมเหตุสมผล การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยความสามารถต่างๆ ได้แก่ (1) ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับหลักฐาน (2) บรรยายหรือตีความปรากฏการณ์และพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ระบุคำบอกเล่า คำบรรยาย คำอธิบาย และการพยากรณ์ที่สมเหตุสมผล (OECD, 2009: 138)

การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถนี้ต้องการให้นักเรียนรู้ความหมายและความสำคัญของสิ่งที่พบจากการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และนำมาใช้เป็นพื้นฐานของการคิด การลงข้อสรุป การบอกเล่า และการสื่อสาร ซึ่งต้องใช้ทั้งความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ มีความหมายรวมถึงความสามารถต่อไปนี้ (1) รู้ว่าต้องใช้หลักฐานใด (2) สร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล (3) สื่อสารข้อสรุป และ (4) การแสดงออกว่ามีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2009: 138)

สภาพสังคมปัจจุบันในศตวรรษที่ 21 ที่เจริญไปด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การติดต่อสื่อสารเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ข้อมูลข่าวสารจึงมีมากมายซึ่งมีทั้งน่าเชื่อถือและไม่น่าเชื่อถือ คุณลักษณะพื้นฐานในการดำรงชีวิตของบุคคลประการหนึ่งที่ขาดไม่ได้คือความมีเหตุผล เพราะบุคคลในสังคมต้องมีเหตุผล รู้จักคิด รู้จักเชื่ออย่างมีเหตุผล ใช้วิจารณญาณในการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีหรือวิธีการต่างๆ ให้ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้มีความรู้และทักษะพื้นฐานที่เพียงพอต่อการนำไปปรับปรุงการดำรงชีวิตทั้งส่วนตนและครอบครัว (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525: 2) ความสำคัญของความมีเหตุผลดังกล่าวจึงถูกถ่ายทอดมาสู่การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาบุคคลให้เป็นผู้มีเหตุผล โดยเฉพาะการศึกษาวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลถือเป็นคุณลักษณะที่โดดเด่นของนักวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การแสดงออกหรือมีพฤติกรรมแบบวิทยาศาสตร์ รวมทั้งกำหนดแนวทางพฤติกรรมแบบนักวิทยาศาสตร์ (Haney, 1969: 33-35) เพราะนักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่ยอมรับในการอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ สามารถอธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุมีผล แสวงหาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น (ภพ เลาหไพบูลย์, 2537: 12)

เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ดั้งเดิมเป็นเพียงแค่ให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ที่ศึกษามาเป็นการสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ โดยการเชื่อมโยงข้อมูลหลักฐานและการให้เหตุผลมาสู่ความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Beyer and Davis, 2008: 382) นักวิทยาศาสตร์ที่สร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ใช้หลักฐานสนับสนุนและปรับปรุงข้อสรุป เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นการอธิบายของปรากฏการณ์ที่ศึกษา การให้โอกาสนักเรียนได้อธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีการสืบสอบ (Ruiz-Primo et al., 2010: 584) จากการศึกษาแนวคิดและงานวิจัยพบว่า กระบวนการหนึ่งที่มีการศึกษาวิจัยโดยมีเป้าหมายเด่นชัดเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์และปลูกฝังความมีเหตุผล คือ การโต้แย้ง (argumentation) เนื่องจากการโต้แย้งได้รับการยอมรับว่าเป็นกระบวนการหลักที่ใช้ในการสร้างความรู้ และเป็นการคิดและปฏิบัติเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ อีกทั้งสอดคล้องกับการปฏิบัติอันเป็นหลักการสำคัญของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือ การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างความรู้หรือคำอธิบายที่พัฒนาด้วยการให้ความหมาย ข้อมูล และนำเสนอคำอธิบายที่สร้างนั้นต่อสังคมเพื่อให้มีการวิจารณ์โต้แย้งและปรับปรุงใหม่ (Sampson and Clark, 2009: 448) สอดคล้องกับทัศนะของ Berland and Reiser (2009: 27) ที่กล่าวว่า “การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นความรอบรู้และการสืบสอบทาง

วิทยาศาสตร์ควรให้ความสำคัญใน 2 ประเด็น คือ (1) นักเรียนควรใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ในการอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และ (2) นักเรียนควรได้รับการกระตุ้นให้นำเสนอและโต้แย้งทางความคิด" ขณะที่สภาการวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับชาติ เน้นว่า "นักเรียนทุกคนควรจะได้รับการพัฒนาความเข้าใจในวิทยาศาสตร์โดยการผสมผสานความรู้ เหตุผลและทักษะการคิด จุดเน้นของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์จึงเปลี่ยนจากการสำรวจและการทดลองมาเป็นการโต้แย้งและการอธิบาย" (NRC, 2000: 2, 113 อ้างถึงใน Zembal-Saul: 2009: 691)

การนำการโต้แย้งไปจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น Driver et al. (2000: 291) เสนอว่าสามารถดำเนินการได้ 2 ลักษณะ คือ (1) จัดให้เป็นกิจกรรมส่วนบุคคล (individual activity) คือการสร้างข้อโต้แย้งโดยบุคคลเพียงคนเดียว และ (2) จัดให้เป็นกิจกรรมสังคม (social activity) ที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม คือการโต้แย้งร่วมกันของสมาชิกในกลุ่มแล้วสร้างข้อโต้แย้ง โดยพบว่าการโต้แย้งที่เป็นกิจกรรมส่วนบุคคลนั้นได้รับการทดสอบแล้วว่าเป็นเรื่องยาก เพราะนักเรียนมักประสบปัญหากับการสร้างข้อโต้แย้งโดยลำพัง เนื่องจากนักเรียนต้องนำเสนอ สนับสนุน วิจารณ์ และกลั่นกรองความคิดเพื่อสร้างข้อโต้แย้งด้วยตนเอง ดังนั้นนักวิจัยส่วนใหญ่จึงใช้การโต้แย้งที่มีลักษณะเป็นกิจกรรมสังคมที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม เพราะกลุ่มเป็นแหล่งรวมของความรู้ และเป็นการผสมผสานความสามารถที่แตกต่างกันของสมาชิกในกลุ่มมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในงานร่วมกัน (Sampson and Clark, 2009: 449) นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยของประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำเสนอแนวคิดการสืบสอบด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (argument-driven inquiry) ซึ่งเป็นการนำการโต้แย้งและการตรวจสอบโดยเพื่อนมาบูรณาการร่วมกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (Walker et al., 2010: 1-20) โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างประสบการณ์ในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้มีความเสมือนจริง พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ วิธีการให้หลักฐานกับคำอธิบาย และการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อพิจารณาทางเลือก (Sampson et al, 2010: 47)

แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และได้ถูกพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ (Gilbert, 1995 อ้างถึงใน Gobert and Buckley, 2000: 891) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Schwarz and White (2005) ที่ให้ข้อสรุปไว้ว่า "นักเรียนควรรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองเพื่อที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์" แบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญในด้านการคิดและการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแบบจำลองช่วยส่งเสริมการสำรวจตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ (Harrison and Treagust, 2000: 1011-1012) การสร้างแบบจำลองทางความคิดหรือการสร้างภาพในใจของนักเรียน ถือเป็นตัวแทนความคิดเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ของนักเรียนเอง ซึ่งทำให้ครูเห็นสิ่งที่เป็นตัวแทนความคิดของนักเรียนได้แสดงออกมา เพื่อแสดงความเข้าใจปรากฏการณ์นั้นด้วยวิธีการต่างๆ เช่น คำพูด (การพูด การเขียน) ภาพ (ภาพวาด ภาพเคลื่อนไหว สถานการณ์จำลอง) หรือสัญลักษณ์ (สมการ สูตร) เป็นต้น (Boulter & Buckley, 2000) นอกจากนี้ Ainsworth (1999) ชี้ให้เห็นว่าตัวแทนความคิดที่หลากหลายเป็นการให้โอกาส

นักเรียนสร้างความรู้จากมุมมองที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ประโยชน์จากลักษณะของสิ่งที่เป็นตัวแทนความคิดที่คล้ายกันจะอำนวยความสะดวกในการตีความสิ่งที่เป็นนามธรรมได้มากขึ้นอีกด้วย ครูจำนวนมากได้บูรณาการแบบจำลองในการเรียนการสอน ซึ่งเป็นวิธีการอธิบายมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมหรือปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ รวมทั้งการปรับปรุงความเข้าใจและการสื่อสารของนักเรียน นักเรียนระดับมัธยมศึกษาสามารถสร้างแบบจำลองโดยถอดแบบมาจากของจริง และเข้าใจว่าแบบจำลองสามารถแสดงความคิดหรือสิ่งต่างๆ ที่เป็นนามธรรมได้ (Grosslight, Unger, Jay, & Smith, 1999)

ในการศึกษาปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และการการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้น นักวิทยาศาสตร์ได้ดำเนินการภายใต้การนำแบบจำลอง (models) ลักษณะต่างๆ มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในรูปแบบที่มองเห็นได้ชัดเจนและสัมผัสได้ เพื่อเชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์หรือประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจริง และสามารถอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมนั้นให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (Harrison and Treagust, 2000) แบบจำลองจึงเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีคุณค่า สามารถนำมาใช้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย และเป็นลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2002) ในการนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น Gobert และ Buckley (2000: 892) ได้อธิบายแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning) ไว้เป็นลำดับดังนี้ (1) นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดหรือสร้างภาพในใจ (mental models) เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา (2) ครูประเมินและทบทวนแนวคิดหรือเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง (3) นักเรียนสร้างแบบจำลอง (4) นักเรียนนำแบบจำลองไปใช้และประเมิน (5) นักเรียนปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง และ (6) นักเรียนนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมเพื่อขยายแนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นๆ

จากแนวคิดดังกล่าวข้างต้น มีการนำการโต้แย้งและแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอนแต่ยังไม่ชัดเจนเท่าที่ควร ดังนั้นควรนำมาใช้ให้เป็นระบบมากขึ้น ผู้วิจัยจึงนำการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาบูรณาการและพัฒนาเป็นรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

คำถามการวิจัย

1. รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีหลักการ วัตถุประสงค์ และขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนอย่างไร
2. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นได้หรือไม่ อย่างไร

2.1 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นได้หรือไม่ อย่างไร

2.2 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษากับกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานสามารถเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

2.3 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถเสริมสร้างความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นได้หรือไม่ อย่างไร

2.4 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษากับกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานสามารถเสริมสร้างความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

2.1 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

2.2 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับกลุ่มที่เรียนแบบปกติ

2.3 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2.4 เพื่อเปรียบเทียบความมีเหตุผลของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

2.5 เพื่อเปรียบเทียบความมีเหตุผลของนักเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับกลุ่มที่เรียนแบบปกติ

2.6 เพื่อเปรียบเทียบความมีเหตุผลของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

สมมติฐานของการวิจัย

การสืบสอบด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เป็นการนำการโต้แย้งและการตรวจสอบโดยเพื่อนมาบูรณาการร่วมกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (Walker et al., 2010: 1-20) โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างประสบการณ์ในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้มีความเสมือนจริง พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ และวิธีการให้หลักฐานกับคำอธิบาย (Sampson et al, 2009: 47) ดังผลการวิจัยของ Walker et al. (2010: 1-20) ซึ่งได้ศึกษาผลของการสืบสอบแบบโต้แย้งที่มีผลต่อมโนทัศน์เคมี ความสามารถในการใช้หลักฐานและเหตุผล และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ผลการวิจัยสรุปว่า (1) นักศึกษากลุ่มทดลองมีมโนทัศน์เคมีไม่แตกต่างกับนักศึกษาที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักศึกษากลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการใช้หลักฐานและเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) นักศึกษาหญิงกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักศึกษาหญิงที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ สันติชัย อนุวรชัย (2553) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning) เป็นการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดหรือการสร้างภาพในใจของนักเรียน แล้วแสดงความคิดของนักเรียนออกมาในลักษณะของแบบจำลอง เพื่อแสดงความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยวิธีการต่างๆ เช่น คำพูด (การพูด การเขียน) ภาพ (ภาพวาด ภาพเคลื่อนไหว สถานการณ์จำลอง) หรือสัญลักษณ์ (สมการ สูตร) เป็นต้น (Boulter & Buckley, 2000) แบบจำลองสามารถใช้อธิบาย มโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมหรือปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ รวมทั้งการปรับปรุงความเข้าใจและการสื่อสารของนักเรียน นักเรียนระดับมัธยมศึกษาสามารถสร้างแบบจำลองโดยถอดแบบมาจากของจริงได้ (Grosslight, Unger, Jay, & Smith, 1999) ดังเช่นงานวิจัยของ Pauline, Deidre และ Raymond (2005) ที่นำการสร้างแบบจำลองทางชีววิทยามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองคลอโรพลาสต์ ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ

ในมโนทัศน์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ทำวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และการเคลื่อนที่แบบต่างๆ พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนร้อยละ 70.45 ซึ่งอยู่ในระดับดีถึงดีมากตามเกณฑ์ที่กรมวิชาการกำหนดไว้

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสูงกว่าร้อยละ 70
2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน
4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
5. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
6. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ประชากรที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในกรุงเทพมหานคร
2. การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ตัวแปรจัดกระทำ คือ รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบ

โต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และ การเรียนการสอนแบบปกติ ส่วนตัวแปรตาม ได้แก่ (1) สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และ (2) ความมีเหตุผล

3. เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการศึกษาคือ เนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั่วไปตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบเรียนวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน

นิยามศัพท์เฉพาะ

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง แบบแผนในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยนำแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีสรรคนิยม และรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ มาใช้เป็นฐานในการจัดการเรียนการสอน โดยการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1) **ขั้นตั้งประเด็นคำถาม** เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนแล้วเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนกับหัวข้อที่จะศึกษา ด้วยปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย และตั้งประเด็นคำถาม ซึ่งนำไปสู่การตั้งสมมุติฐานและค้นหาคำตอบ

2) **ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น** เป็นขั้นที่นักเรียนตั้งสมมุติฐานหรือสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วเลือกวิธีการที่ดีที่สุดอย่างมีเหตุผล

3) **ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง** เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน โดยการสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้น หรือทดลอง

4) **ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง** เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ จัดกระทำ และปรับปรุงแบบจำลอง

5) **ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย** เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลการอภิปราย ข้อคิดเห็นหรือข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของเพื่อนมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้ง แล้วลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล

6) **ขั้นขยายความรู้** เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์เพื่ออธิบาย ทำนายเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่างๆ หรือในสถานการณ์ใหม่

การเรียนการสอนแบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ตามคู่มือครูรายวิชาพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งผู้วิจัยนำแนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือครู มาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) **ขั้นนำ** ครูกระตุ้นหรือเร้าความสนใจของนักเรียนให้เกิดความสนใจในการเรียน และเกิดปัญหาที่ทำให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น ด้วยการสนทนา ตั้งคำถาม ใช้สื่อประกอบ

2) **ขั้นกิจกรรม** ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นหาความรู้และคำตอบด้วยตนเอง ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองที่ได้จากการปฏิบัติการทดลอง จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ด้วยตนเอง

3) **ขั้นสรุป** ครูนำนักเรียนสรุปความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อระบุประเด็นคำถามและสรุปผลโดยใช้ประจักษ์พยาน ทำให้มีความเข้าใจและช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับธรรมชาติของโลก และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ โดยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์นี้ประกอบด้วยความสามารถ 3 ประการ คือ (OECD, 2009: 138)

1) **ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการตั้งคำถาม การระบุคำสำคัญในการค้นคว้า และระบุลักษณะสำคัญของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ในบริบทที่กำหนดให้

2) **ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการอธิบาย บรรยายหรือตีความปรากฏการณ์และพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอย่างสมเหตุสมผลและสอดคล้องกับหลักฐาน และระบุได้ว่าคำบอกเล่า บรรยาย คำอธิบาย และพยากรณ์ใดที่สมเหตุสมผล

3) **ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ตีความหลักฐานหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ลงข้อสรุปและสื่อสารข้อสรุป ที่แสดงให้เห็นว่าเข้าใจแนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์หรือบริบทต่างๆ และสะท้อนความสำคัญของการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม

ในงานวิจัยนี้วัดสมรรถนะดังกล่าวโดยใช้แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นปรนัย แบบเลือกตอบ และแบบเติมคำหรือข้อความ

ความมีเหตุผล หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงคุณลักษณะของนักเรียนที่ตรงกับหลักของความเป็นเหตุเป็นผล โดยการแสวงหาข้อมูลที่เชื่อถือได้มาสนับสนุนอย่างเพียงพอและอย่างมีเหตุผล ก่อนที่จะยอมรับหรือให้คำอธิบายใดๆ ซึ่งพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลมี 7 ประการ ได้แก่ (1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล (2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ (4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย (6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ และ (7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้

ในงานวิจัยนี้วัดความมีเหตุผลโดยใช้เครื่องมือ 2 ฉบับ คือ (1) แบบวัดความมีเหตุผลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นปรนัย แบบเลือกตอบ และแบบเขียนตอบอิสระ และ (2) แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการที่ประกอบด้วยรายการพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตนักเรียนขณะเรียน

นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานในกรุงเทพมหานคร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยได้ค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร ตำรา บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นพื้นฐาน ดังนี้

1. การรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21
- 1.1 ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21
- 1.2 ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์
- 1.3 ลักษณะสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์
- 1.4 สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์
  - 1.4.1 การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์
  - 1.4.2 การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์
  - 1.4.3 การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์
- 1.5 แนวทางการวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

2. ความมีเหตุผล: คุณลักษณะสำคัญของผู้รู้วิทยาศาสตร์
- 2.1 ความสำคัญของความมีเหตุผล
- 2.2 ความหมายของความมีเหตุผล
- 2.3 ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล
- 2.4 แนวทางการวัดความมีเหตุผล

3. รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง
- 3.1 ความสำคัญของการโต้แย้งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์กับความมีเหตุผล
- 3.2 ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- 3.3 ประโยชน์ของการโต้แย้งต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
- 3.4 ความเป็นมาในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง
- 3.5 ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง
- 3.6 ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง
- 3.7 เป้าหมายและวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง
- 3.8 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4.1 ความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
4.2 ความหมายของแบบจำลอง และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
4.3 ประเภทของแบบจำลอง
4.4 การใช้แบบจำลองในการสอนวิทยาศาสตร์
4.5 ทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
4.6 แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

5. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

5.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน
5.2 ลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอน
5.3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน
5.4 ประเภทของรูปแบบการเรียนการสอน
5.5 กระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล
6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล

1. การรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21

การรู้วิทยาศาสตร์ มีผู้ใช้คำอื่นๆ ในความหมายเดียวกันนี้ เช่น ความรู้ความสามารถพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ความรอบรู้เชิงวิทยาศาสตร์ การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ เป็นต้น ในการนำเสนอต่อไปนี้ขอใช้คำว่า “การรู้วิทยาศาสตร์” ตามที่ราชบัณฑิตกำหนดไว้ ซึ่งมีประเด็นที่จะนำเสนอ 5 ประเด็น คือ 1.1 ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 1.2 ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ 1.3 ลักษณะของการรู้วิทยาศาสตร์ 1.4 องค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และ 1.5 แนวทางการวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

1.1 ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21

โลกในศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี องค์การการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (UNESCO) ได้กำหนดเป้าหมายของการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ให้เน้นการพัฒนาความรอบรู้เพื่อปวงชน อันเป็นการพัฒนาให้บุคคลสามารถอ่านออก เขียนได้ เป็นผู้มีความรู้และมีความสามารถ

ในการเรียนรู้ (Lind, 2008: 11) สำหรับในประเทศไทยได้ให้ความสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะพื้นฐาน 3 ด้าน คือ (1) ด้านการรู้หนังสือหรือการสื่อสาร (2) ด้านการคำนวณ และ (3) ด้านเหตุผล (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2556: 2)

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่ง ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544: 2) การศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศต่างๆ ได้กำหนดเป้าหมายและดำเนินการปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อนำพานักเรียนไปสู่การรู้วิทยาศาสตร์ (Norris and Phillips, 2003:224) จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2556: 21) ได้แบ่งความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ระดับ คือ (1) ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ระดับมหภาค และ (2) ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ระดับจุลภาค ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

(1) ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ระดับมหภาค

การรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญระดับมหภาค เป็นความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคม เศรษฐกิจ ของประเทศชาติในภาพรวม มีความสำคัญสรุปได้ 4 ประการ ดังนี้

1.1 ความต้องการมีศักยภาพทางเศรษฐกิจที่ดีในระดับนานาชาติ เป็นที่ยอมรับกันว่าความมั่นคงของประเทศขึ้นอยู่กับการประสบความสำเร็จในการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจระหว่างประเทศ ซึ่งการมีความสามารถในการแข่งขันนี้ขึ้นอยู่กับความแข็งแกร่งทางด้านการวิจัยและพัฒนาโครงการต่างๆ เพื่อนำไปสู่การผลิตเทคโนโลยีที่ทันสมัย และการหาส่วนแบ่งทางการตลาดงานวิจัยและโครงการพัฒนาต่างๆ นั้นต้องมาจากความมั่นคงของนักวิทยาศาสตร์ และการที่ประชาชนโดยทั่วไปเป็นบุคคลที่มีการรู้วิทยาศาสตร์ที่ดี จะสามารถรักษาความมั่นคงทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนี้ได้ นอกจากนี้ยังมีทรรศนะจากนักวิชาการที่กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ทำให้แต่ละบุคคลสามารถเข้ามามีส่วนร่วมอย่างชาญฉลาด ในส่วนของภาคเศรษฐกิจของประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การรู้วิทยาศาสตร์ถูกมองว่าเป็นรูปแบบของต้นทุนมนุษย์ที่มีอิทธิพลต่อเศรษฐกิจที่ดีในระดับชาติ

1.2 การสนับสนุนทางด้านวิทยาศาสตร์ ถ้าประชาชนมีระดับการรู้วิทยาศาสตร์ที่ดีหรือระดับสูง จะถูกถ่ายทอดไปยังการสนับสนุนทั้งในด้านการมีนักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่เข้ามาสู่วงการวิทยาศาสตร์เป็นจำนวนมากขึ้น และการสนับสนุนทางด้านแหล่งทุนวิจัย เนื่องจากมีการกล่าวอยู่เสมอว่า ประชาชนจำนวนน้อยมากที่จะรับรู้ว่านักวิทยาศาสตร์ทำอะไร ดังนั้นการสนับสนุนงานของนักวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับความเข้าใจของประชาชนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ด้วย ถ้าประชาชนโดยทั่วไปได้รับทราบหรือเห็นคุณค่าว่านักวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความพยายามมากในการที่จะสร้างผลงานที่ประสบความสำเร็จ จะส่งผลต่อการให้การสนับสนุนทางด้านแหล่งทุนวิจัย อาจจะกล่าวได้ว่า

การรู้วิทยาศาสตร์ของประชาชนเป็นสิ่งที่ทำให้ไม่เกิดการต่อต้านหรือเป็นอุปสรรคต่อการทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์นั่นเอง

1.3 การวางนโยบายทางวิทยาศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์ของประชาชนที่มีมากขึ้น จะเป็นการเพิ่มความมั่นใจและความเชื่อมั่นในวิทยาศาสตร์ ในกรณีที่ประชาชนมีความเข้าใจวัตถุประสงค์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ จะทำให้ประชาชนมีความต้องการความเป็นวิทยาศาสตร์มากขึ้น วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเชื่อถือ การที่ประชาชนมีความมั่นใจและให้การสนับสนุนวิทยาศาสตร์จะนำมาสู่การวางนโยบายทางวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ

1.4 ความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับสังคม เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับวัฒนธรรม ประชาชนโดยทั่วไปมองวิทยาศาสตร์ว่าเป็นเรื่องที่มีความเฉพาะเจาะจงและมีเทคนิคเฉพาะของกลุ่มคนกลุ่มหนึ่ง ทำให้วิทยาศาสตร์ถูกตัดออกจากการเป็นส่วนหนึ่งของความมั่งคงทางวัฒนธรรม เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีกระบวนการที่แยกส่วนออกไป การแยกวิทยาศาสตร์ออกจากสังคมจะทำให้ประชาชนขาดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ และส่งผลให้ประชาชนไม่เชื่อถือต่อวิทยาศาสตร์ ดังนั้น การเพิ่มการรู้วิทยาศาสตร์ในประชาชนจะลดผลกระทบต่อการมองวิทยาศาสตร์ว่าเป็นลัทธิหนึ่งของกลุ่มคนกลุ่มหนึ่งในสังคม

(2) ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ระดับจุลภาค

การรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญระดับจุลภาค เป็นความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับบุคคลโดยตรง โดยการรู้วิทยาศาสตร์ถูกมองว่า มีความสำคัญต่อการพัฒนาความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีประโยชน์ในการดำรงชีวิต มีความสำคัญต่อบุคคลในการใช้ชีวิตประจำวันและการทำงาน การรู้วิทยาศาสตร์จะทำให้บุคคลนั้นสามารถแยกข้อมูลที่เข้ามาหลากหลายช่องทางว่า ข้อมูลใดเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่แท้จริง หรือข้อมูลใดขาดความเป็นวิทยาศาสตร์ เพื่อประโยชน์ต่อการเลือกซื้อ เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ หรือเพื่อประโยชน์ต่อการเลือกรับบริการทางสุขภาพ ที่ในปัจจุบันมีการรักษาสุขภาพทางเลือกเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังเป็นที่ยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษาและในหลายวงการที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ว่า ถ้าประชาชนมีการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับที่เหมาะสมและเพียงพอ ประชาชนจะมีความเชื่อมั่นต่อการเข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องในทุกๆ เรื่องในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในปัจจุบันสภาพหรือสถานะทางเศรษฐกิจนั้นมาจากพื้นฐานความรู้ของประชาชนมากขึ้น คุณภาพของทรัพยากรมนุษย์มีส่วนสำคัญมากต่อการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจในยุคสังคมที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นฐาน ดังนั้นประเด็นความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์ต่อบุคคลที่สำคัญคือ การใช้ประโยชน์การรู้วิทยาศาสตร์ในด้านโอกาสของการทำงาน มีความเป็นไปได้ว่าบุคคลที่

มีการรู้วิทยาศาสตร์อย่างดีมีผลต่อโอกาสของการทำงานในตำแหน่งใหม่ๆ หรือตำแหน่งที่สูงขึ้น เนื่องจากสามารถใช้ศักยภาพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการทำงานได้อย่างเต็มที่

การรู้วิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อสติปัญญา เจตคติ และคุณธรรมของแต่ละบุคคล โดยทั่วไปยอมรับว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีส่วนสำคัญต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 นั่นคือ การรู้วิทยาศาสตร์จะทำให้สามารถเข้าใจประเด็นทางสังคมที่วิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง และสามารถตัดสินใจได้โดยใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน วิทยาศาสตร์มีส่วนเกี่ยวข้องกับทางด้านจิตใจ คุณธรรม จริยธรรม ผู้ที่รู้วิทยาศาสตร์จะไม่เป็นเฉพาะบุคคลที่เก่งเท่านั้นแต่เป็นบุคคลที่ดีด้วย

สรุปได้ว่า การรู้วิทยาศาสตร์มีความสำคัญทั้งในระดับประเทศ และระดับบุคคล เนื่องจากการรู้วิทยาศาสตร์สามารถเข้าไปมีส่วนร่วมกับประเด็นทางสังคม และส่งผลไปยังสังคมในภาพรวม เพื่อให้เกิดสังคมที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นฐาน ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญที่หลายประเทศทั่วโลกต้องการให้เกิดขึ้น เพื่อพัฒนาประเทศให้มีศักยภาพในการแข่งขันและการพัฒนาของประเทศในอนาคต

1.2 ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์

จากการศึกษาพบว่า นักการศึกษาได้ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Bauer (1992) กล่าวว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ 1) มีความรู้และเข้าใจหลักการวิทยาศาสตร์ 2) มีความเข้าใจในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 3) รู้บทบาทของวิทยาศาสตร์ในสังคมและวัฒนธรรม”

American Association for the Advancement of Science AAAS (1993: 3-20) ได้ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการเรียนรู้”

UNESCO (2001: 22) ได้ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง การพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ที่จะนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อแก้ปัญหา การตัดสินใจ หรือการปรับปรุงคุณภาพชีวิตของตนเอง”

Larsen, T. (2003) กล่าวว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจพื้นฐานของหลักการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่มนุษย์สะสม สนับสนุน และส่วนใหญ่ยอมรับ”

OECD (2003: 133) ได้ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อระบุประเด็นคำถามและสรุปผลโดยใช้

ประจักษ์พยาน ทำให้มีความเข้าใจและช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับธรรมชาติของโลก และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์”

Mahoney, P (2004) กล่าวว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการอ่านและเข้าใจความคิดรวบยอดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ สามารถวิเคราะห์ ใช้เหตุผลแสดงความคิดเห็นบนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์”

Regards (2004) กล่าวว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในด้านทักษะการวิเคราะห์ ด้านการสังเกตข้อเท็จจริง และด้านความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์”

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542: 92-93) กล่าวว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการพัฒนาการทางสติปัญญาให้มีความรู้ความเข้าใจ และมีความสามารถทางวิทยาศาสตร์”

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2545) ได้ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดหลักหลักการพื้นฐานและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีจิตวิทยาศาสตร์ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตและสื่อสารสู่ผู้อื่นได้”

ราชบัณฑิตยสถาน (2553: 100) ได้ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานทั่วไปของการดำรงชีวิต ความเข้าใจความสำคัญและบทบาทของวิทยาศาสตร์ต่อเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อม ความสามารถในการเชื่อมโยงปรากฏการณ์รอบตัวกับความรู้วิทยาศาสตร์ การมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความมีเหตุผล ความไม่งมงาย เป็นต้น รวมทั้งการมีทักษะพื้นฐานเพียงพอแก่การสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยวิธีคิดและวิธีการทางวิทยาศาสตร์”

จากการศึกษาความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ อันได้แก่ พื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และสื่อสารสู่ผู้อื่นได้

1.3 ลักษณะของการรู้วิทยาศาสตร์

จากการศึกษาพบว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ต่างกันดังนี้

Renner and Stafford (1972: 162-168) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์มีลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ

1. ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล
2. ความสามารถและความมั่นใจในการสืบเสาะหาความรู้
3. ความเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมในด้านเกี่ยวกับสสาร พลังงาน และการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน

Carin and Sund (1975: 77-79) กล่าวว่า การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์นั้นต้องมีการพัฒนาเจตคติ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ที่จำเป็น ดังนี้

1. การเรียนรู้วิธีที่จะเรียน วิธีแก้ปัญหาใหม่ วิธีหาความรู้ใหม่
2. การใช้กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล
3. การสร้างให้มีความสามารถในทักษะพื้นฐาน
4. การพัฒนาความสามารถทางสติปัญญาและวิชาชีพ
5. การมองเห็นคุณค่าในการได้รับประสบการณ์ใหม่
6. การเข้าใจมโนทัศน์และหลักการทั่วไป
7. การเรียนรู้การดำรงชีวิตอย่างเป็นสุข

Collette and Chiappetta (1986: 4-5) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์ เป็นความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ในด้านต่อไปนี้

1. ด้านพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง มโนทัศน์ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความสามารถที่จะประยุกต์ใช้ความรู้นั้น
2. ด้านความเข้าใจในแนวทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์
3. ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. ด้านความชื่นชมต่อคุณค่าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสังคมและมีความรู้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานต่างๆ ในสังคม
5. ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ช่วยทำงานได้ผลดี ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ และทำงานให้สังคมทั่วไปดี
6. ด้านความเข้าใจในสิ่งแวดล้อม อันเป็นผลมาจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

American Association for the Advancement of Science (1993: 3-20) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์เป็นความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านทัศนะสากลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการค้นพบและการเปลี่ยนแปลงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
2. ด้านการสืบค้นเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นความเข้าใจในเชิงวิธีการอันเป็นที่มาขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. ด้านกิจการเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นเรื่องของเจตคติและค่านิยมทางวิทยาศาสตร์

National Academy of Science (1995) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์ มีลักษณะสำคัญดังนี้

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์และมีความต้องการในการมีส่วนร่วมในสังคมยุคข่าวสารข้อมูลตัวเลข
2. สามารถตอบคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่สืบเนื่องมาจากความอยากรู้อยากเห็นในชีวิตประจำวัน
3. สามารถบรรยาย อธิบาย หรือพยากรณ์ปรากฏการณ์ธรรมชาติ
4. สามารถอ่านบทความวิทยาศาสตร์และสรุปอย่างมีเหตุผล
5. สามารถจำแนกแยกแยะผลผลิตทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งที่เป็นของชาติและของท้องถิ่น
6. สามารถประเมินคุณภาพของข่าวสารเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของแหล่งข้อมูลโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
7. สามารถกำหนดและประเมินค่าข้อสรุปบนพื้นฐานตามหลักฐานและประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของการรู้วิทยาศาสตร์ที่ประกอบกันเป็นการรู้วิทยาศาสตร์มี 3 ด้าน คือ

1. ด้านพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง มโนทัศน์ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความสามารถที่จะประยุกต์ใช้ความรู้นั้น
2. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ช่วยทำงานได้ผลดี อันเป็นที่มาขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการใช้กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล
3. ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.4 สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA ได้ให้ความสำคัญลำดับแรกกับสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งถือว่ามีบทบาทในการทำให้บุคคลสามารถใช้ความรู้เพื่อตัดสินใจ และสื่อสารสาระทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะเหล่านี้ประกอบด้วยความสามารถ 3 ประการ ได้แก่ 2.3.1 การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ 2.3.2 การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และ 2.3.3 การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2009: 138) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1.4.1 การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์

สิ่งสำคัญประการหนึ่งในการอยู่ในสังคมวิทยาศาสตร์คือ ความสามารถในการแยกแยะประเด็นหรือเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ออกจากประเด็นในเรื่องอื่นๆ ประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์คือสิ่งที่ตอบได้ด้วยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถที่ยอมรับกันว่าสำคัญมาก

อย่างหนึ่งคือ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (identifying scientific issues) ซึ่งรวมถึงความสามารถต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 19)

1) รู้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์

การประเมินสมรรถนะนี้ต้องการให้นักเรียนแยกแยะปัญหา/ คำถามที่เป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์ออกจากปัญหาประเภทอื่นๆ ที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ ความสามารถนี้ต้องการให้นักเรียนระบุว่าคำถามใดสามารถตอบได้ด้วยการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ หรือคำถามใดที่สำรวจตรวจสอบไม่ได้ด้วยการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนอาจเสนอแนะวิธีการที่จะใช้หาคำตอบต่อปัญหาที่มีอยู่

2) บอกคำสำคัญสำหรับค้นคว้า

ในการที่จะรู้ว่าคำถามใดตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องสามารถบอกคำสำคัญสำหรับค้นคว้าและหาเครื่องมือสำหรับตรวจสอบได้ นั่นคือจะต้องระบุได้ว่าจะต้องใช้สาระข้อมูล หลักฐานหรือข้อมูลใดในการสำรวจตรวจสอบ ความสามารถนี้ต้องการให้นักเรียนตอบว่าในคำถาม/ ปัญหาที่กำหนดให้นั้น นักเรียนจำเป็นต้องรู้สาระใดบ้าง ใช้ข้อมูลใด หรือต้องหาหลักฐานใด เพื่อที่จะได้ออกแบบวางแผนที่จะเก็บข้อมูลได้ถูก

3) รู้ลักษณะสำคัญของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

การแสดงความสามารถในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องรู้ลักษณะที่สำคัญของการตรวจสอบ เช่น รู้ว่าการทดสอบที่เที่ยงตรงต้องทำอย่างไร จะต้องเปรียบเทียบอะไร ควบคุมตัวแปรใด และเปลี่ยนแปลงตัวแปรใด จะต้องค้นคว้าสาระและข้อมูลอะไรเพิ่มเติมอีก และจะต้องทำอะไร อย่างไรจึงจะเก็บข้อมูลที่ต้องการได้ เป็นต้น

1.4.2 การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์

ความสามารถที่จำเป็นอีกประการหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (explaining phenomena scientifically) นักเรียนแสดงความสามารถนี้โดยการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผลกับสถานการณ์หนึ่งๆ ความสามารถนี้รวมถึงการบรรยาย และการตีความปรากฏการณ์และคาดการณ์หรือพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้น การประเมินจะรวมถึงการให้นักเรียนระบุว่าคำบรรยาย คำอธิบายใดสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร คำคาดการณ์จะเป็นไปได้หรือไม่ด้วยเหตุผลอะไร การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 19)

1) ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับหลักฐาน

2) บรรยายหรือแปลความปรากฏการณ์ การพยากรณ์ และการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

3) ระบุได้ว่าคำบอกเล่า คำบรรยาย คำอธิบาย และคำพยากรณ์ใดที่สมเหตุสมผล

1.4.3 การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์

การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (using scientific evidence) ความสามารถนี้ต้องการให้นักเรียนรู้ความหมายและความสำคัญของสิ่งที่พบจากการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และนำมาใช้เป็นพื้นฐานของการคิด การลงข้อสรุป การบอกเล่า และการสื่อสาร ซึ่งต้องใช้ทั้งความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ มีความหมายรวมถึงความสามารถต่อไปนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 20)

1) **รู้ว่าจะต้องใช้หลักฐานใด** แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจว่าจะต้องมีข้อมูลหรือหลักฐานใด จากการค้นคว้า การเก็บข้อมูลมารองรับ หรือเป็นพื้นฐานสำคัญของการบอกกล่าว การกล่าวอ้างข้อสรุป การสร้างข้อโต้แย้ง การพยากรณ์ หรือคาดการณ์ล่วงหน้า

2) **สร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล** การสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของหลักฐาน ข้อมูล หรือประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับหลักฐานที่มีหรือไม่ คำถามประเภทนี้อาจให้นักเรียนวิเคราะห์วิจารณ์ข้อสรุปที่ยกมาให้ โดยให้วิเคราะห์ว่าการสรุปนั้นได้สรุปออกมาจากข้อมูลที่กำหนดให้หรือไม่ หรืออาจจะให้ข้อมูลหรือหลักฐานมา แล้วให้นักเรียนเป็นผู้ลงข้อสรุปจากข้อมูล หรือหลักฐานที่มี หรืออาจจะให้นักเรียนใช้เหตุผลวิเคราะห์ วิจารณ์ข้อสรุป ทั้งในทางที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย

3) **สื่อสารข้อสรุปได้อย่างมีคุณภาพ** การสื่อสารข้อมูลเฉพาะ หรือข้อสรุปจากหลักฐาน ข้อมูลจะเกี่ยวข้องกับการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และข้อโต้แย้งจากสถานการณ์และข้อมูลที่กำหนดให้ โดยสื่อสารออกมาอย่างชัดเจนให้ผู้รับข่าวสารเข้าใจได้

4) **แสดงออกว่าเป็นผู้มีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์** ในข้อนี้จะวัดว่านักเรียนแสดงให้เห็นว่ามีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยการนำแนวคิด (concept) นั้นๆ ไปใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดได้หรือไม่ มีการอธิบายถึงความสัมพันธ์หรือสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงหรืออาจจะให้นักเรียนคาดการณ์ว่าจะมีอะไรเกิดขึ้นบ้าง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางอย่าง หรือให้ชี้บอกว่าตัวแปรหรือปัจจัยใดที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดผลตามที่กำหนดให้ โดยให้นำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (ที่ไม่ได้กำหนดให้) มาใช้ในการบอกนั้นๆ

1.5 แนวทางการวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

องค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ได้จัดให้มีการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ ตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) โดยมีประเด็นที่จะนำเสนอ 3 ประเด็น คือ 1.5.1 กรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ 1.5.2 ลักษณะของข้อสอบในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ และ 1.5.3 การตรวจให้คะแนนการรู้วิทยาศาสตร์

1.5.1 กรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์

กรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้ (OECD, 2013: 101) คือ 1) บริบทของวิทยาศาสตร์ 2) สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ 3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ แต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียด ดังนี้

1) บริบทของวิทยาศาสตร์

สิ่งหนึ่งที่ PISA ให้ความสำคัญในการประเมิน คือ การใช้วิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่างๆ อย่างหลากหลาย ในการจัดการกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การเลือกวิธีการที่ใช้ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของประเด็นปัญหานั้น ปัญหาแบบเดียวกันแต่ถ้าอยู่ในสถานการณ์ที่ต่างกัน วิธีการที่เลือกใช้ก็จะต่างกัน ดังนั้น ในการสร้างข้อสอบจึงมีการจัดสถานการณ์หรือจำกัดบริบทของภารกิจในการประเมิน ตัวข้อคำถามจึงจะไม่ใช่การทดสอบ ถามความรู้หรือความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตร แต่จะใช้วิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิต เช่น ตัวเอง ครอบครัว หรือเพื่อน (บริบทส่วนตัว) จากสิ่งที่เป็นประเด็นเร่งด่วนที่ส่งผลกระทบต่อสังคม วัฒนธรรม ต่อสุขภาพ หรือต่อชีวิตมนุษย์ (บริบทสังคม) วิทยาศาสตร์ที่เป็นข่าวในสื่อมวลชนหรือวิทยาศาสตร์ที่จะมีผลกระทบสืบเนื่องถึงสังคมโลกหรือต่ออนาคต (บริบทโลก) เป็นต้น

คำถามในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ จึงอยู่ในสถานการณ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโลกของนักเรียน ที่ภารกิจการประเมินหรือคำถามนั้นเกิดขึ้น คำถามของ PISA จะไม่จำกัดอยู่เฉพาะสถานการณ์ในโรงเรียนเท่านั้น แต่จะเป็นสถานการณ์ที่อาจจะเกี่ยวข้องกับตัวเอง ครอบครัว ชุมชน ตลอดจนสถานการณ์ของโลกก็ได้ แม้กระทั่งคำถามทางประวัติศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องหรือเข้าใจด้วยความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถนำมาถามได้

2) สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

การรู้วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางปัญญา กระบวนการที่มีความสำคัญต่อสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ การใช้เหตุผล การคิดแบบวิพากษ์วิจารณ์และบูรณาการ การเปลี่ยนสัญลักษณ์ เช่น ใส่ข้อมูลในตาราง แปลตารางเป็นกราฟ เป็นต้น การสร้าง

คำอธิบาย ข้อโต้แย้ง และการสื่อสารที่อยู่บนพื้นฐานของข้อมูล คิดออกมาในรูปของแบบจำลอง ตลอดจนการใช้คณิตศาสตร์

การประเมินสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ มี 3 องค์ประกอบคือ (1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และ (3) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ รายละเอียดทั้ง 3 องค์ประกอบนี้ ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อ 1.4 สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 3.1) ความรู้วิทยาศาสตร์ (knowledge of science) และ 3.2) ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (knowledge about science) ความรู้วิทยาศาสตร์ครอบคลุมแนวคิดและองค์ความรู้ ซึ่งเป็นความรู้ของโลกธรรมชาติ ส่วนความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ในวิธีการหรือกระบวนการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือวิถีทางที่นำไปสู่เป้าหมายของการได้มาซึ่งความรู้

แม้ว่าแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีอยู่มากมาย แต่การประเมินของ PISA จะเลือกเน้นเฉพาะแนวคิดและสาระเนื้อหาที่ใช้สำหรับการดำเนินชีวิตที่มีส่วนช่วยให้เข้าใจโลกที่อยู่ในแง่มุมเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเน้นความชัดเจนที่ต้องใช้ได้กับชีวิตจริง และต้องใช้ได้กับอนาคต และต้องเหมาะสมกับนักเรียนอายุ 15 ปี

แนวคิดและเนื้อหาที่ PISA เลือกใช้สำหรับการประเมินนั้นจึงไม่ใช่ใช้ได้เฉพาะกับวันนี้เท่านั้น แต่ต้องใช้ได้ในทศวรรษหน้าและทศวรรษต่อๆ ไปด้วย นอกจากนั้นในการเลือกเนื้อหาสำหรับการประเมินของ PISA จะไม่เน้นความรู้ความจำในเนื้อหาหรือแนวคิด การให้คำจำกัดความ ข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ แต่เนื้อหาที่ครอบคลุมจะเน้นในเรื่องที่อยู่ในชีวิตจริงของประชาชนคนธรรมดาทั่วไป และมักพบเห็นเป็นประเด็นสังคม หรือเป็นข่าวที่ปรากฏในสื่อมวลชนเป็นประจำซึ่งเป็นวิถีปกติของชีวิตในสังคมปัจจุบันและอนาคต ประชาชนที่ได้รับข่าวสารก็ต้องมีความเข้าใจพื้นฐานเพียงพอที่จะรับข่าวสาร สาระจากสื่อ และควรมีกระบวนการที่จะย่อยและวิเคราะห์ และตัดสินใจสำหรับประเด็นหรือข่าวนั้นๆ ดังนั้นเนื้อหาสาระดังกล่าว ควรจะถูกใช้เป็นตัวเดินเรื่องเพื่อการปลูกฝังกระบวนการคิดและตัดสินใจเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน

3.1) ความรู้วิทยาศาสตร์ (knowledge of science)

ความรู้วิทยาศาสตร์ครอบคลุมความรู้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ ได้แก่

3.1.1) ระบบกายภาพ (physical systems) เช่น โครงสร้างของสสาร สมบัติของสสาร การเปลี่ยนแปลงทางเคมี การเคลื่อนที่และแรง พลังงานและการถ่ายโอน ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและสสาร เป็นต้น

3.1.2) ระบบการดำรงชีวิต (living systems) เช่น เซลล์ มนุษย์ ประชากร ระบบนิเวศ ไบโอสเฟียร์ เป็นต้น

3.1.3) ระบบของโลกและอวกาศ (earth and space systems) เช่น โครงสร้างของระบบโลก พลังงานในระบบโลก การเปลี่ยนแปลงในระบบโลก ประวัติศาสตร์ของโลก โลกในอวกาศ เป็นต้น

3.1.4) ระบบเทคโนโลยี (technology systems) เช่น บทบาทของเทคโนโลยีที่มีวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยี เป็นต้น

3.2) ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (knowledge about science)

ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หมายถึงการสะท้อนธรรมชาติของความรู้วิทยาศาสตร์ในฐานะที่เป็นกระบวนการแสงหาความรู้ (science as enquiry) ดังนั้นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ก็คือ ความรู้ในเชิงกระบวนการประกอบด้วย

3.2.1) กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (scientific enquiry) ซึ่งเน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ วัตถุประสงค์ การทดลอง ลักษณะของข้อมูลที่ต้องการ การวัด ลักษณะของผลที่ตรวจสอบได้ เป็นต้น

3.2.2) การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific explanation) ซึ่งสืบเนื่องจากกระบวนการหาความรู้ เช่น รูปแบบของคำอธิบาย การสร้างคำอธิบาย กฎ ผลที่เกิดขึ้น เป็นต้น

4) เจตคติทางวิทยาศาสตร์

เจตคติของคนมีบทบาทสำคัญที่จะทำให้เกิดความสนใจในเรื่องราวของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยทั่วไปหรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับตนเองโดยตรง เป้าหมายหนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์คือ การทำให้นักเรียนพัฒนาเจตคติ ให้นักเรียนรู้จักส่งเสริมสนับสนุนวิทยาศาสตร์ให้มีความรู้ และใช้ความรู้อย่างเหมาะสม

CHULALONGKORN UNIVERSITY

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ของ PISA อยู่บนฐานความเชื่อที่ว่า การรู้วิทยาศาสตร์ของคนต้องมีเจตคติ ความเชื่อ แรงบันดาลใจ ความเชื่อในตนเอง การให้คุณค่าและแสดงออกด้วยการกระทำในที่สุด ข้อสอบทางด้านเจตคติไม่ได้ประเมินเป็นคะแนนแต่เป็นการประเมินว่า นักเรียนให้คุณค่าแก่วิทยาศาสตร์ สนับสนุนการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และมีจิตสำนึกทางด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรมากน้อยเพียงใด

องค์ประกอบทั้ง 4 ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ซึ่งกัน และกัน กล่าวคือ บริบทที่ต้องใช้ชีวิตหรือเผชิญความกดดันทำให้คนต้องมีสมรรถนะที่จะเผชิญหรือ

ตอบสนองต่อความกดดันนั้นๆ และการที่จะตอบสนองได้ดีเพียงใดเป็นผลมาจากความรู้และเจตคติของแต่ละคน ดังความสัมพันธ์ที่แสดงในแผนภาพ ต่อไปนี้

แผนภาพที่ 1 กรอบโครงสร้างที่ใช้ในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์

1.5.2 ลักษณะของข้อสอบในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์

ข้อสอบแต่ละหน่วนจะประกอบด้วยบริบทที่เป็นสถานการณ์ของข้อสอบ ซึ่งอาจจะเป็นในรูปของข้อเขียนสั้นๆ หรือเนื้อความที่มีตาราง แผนภาพ หรือกราฟประกอบ และตัวข้อสอบหรือคำถามแต่ละหน่วย อาจมีคำถามมากกว่า 1 ข้อ ซึ่งจะประเมินความรู้วิทยาศาสตร์ (knowledge of science) หรือ ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (knowledge about science) และเกือบทุกหน่วยจะประเมินมากกว่าหนึ่งสมรรถนะ และความรู้มากกว่าหนึ่งประการ

ลักษณะของข้อสอบในการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์มีด้วยกัน 4 ชนิด คือ (1) แบบเลือกตอบ (simple multiple-choice) (2) แบบเลือกตอบเชิงซ้อน (complex multiple-choice) (3) แบบเขียนตอบปลายปิด (closed constructed-response) และ (4) แบบเขียนตอบปลายเปิด (open constructed-response) ข้อสอบแบบเลือกตอบมีสัดส่วนประมาณหนึ่งในสามของข้อสอบทั้งหมด ให้นักเรียนเลือกหนึ่งคำตอบจากสี่ตัวเลือก อีกหนึ่งในสามส่วนมีทั้งส่วนเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อน ซึ่งนักเรียนต้องเลือกใช้ตัวเลือกหลายตัวประกอบกัน และแบบเขียนตอบปลายปิด ที่นักเรียนต้องเขียนคำตอบ อาจเป็นการเติมคำ เขียนตอบสั้นๆ ส่วนที่สามเป็นข้อสอบแบบเขียนตอบปลายเปิดที่ให้นักเรียนสร้างคำตอบอย่างอิสระ

1.5.3 การตรวจให้คะแนนการรู้วิทยาศาสตร์

การตรวจให้คะแนนของข้อสอบแบบเลือกตอบ ถ้าตอบถูกจะได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดจะได้ 0 คะแนน สำหรับข้อสอบแบบเขียนตอบปลายเปิด (open constructed-response) จะมีคะแนนบางส่วนให้สำหรับการตอบที่มีส่วนถูกบ้าง หรือมีการใช้เหตุผลบางอย่างที่สอดคล้องกับ

คำอธิบายแต่ไม่ถูกทั้งหมด การตรวจให้คะแนนข้อสอบประเภทนี้จะแยกคำตอบของนักเรียนออกจากกันตามเกณฑ์ที่ระบุไว้สามประการด้วยกัน คือ คะแนนเต็ม คะแนนบางส่วน และไม่มีคะแนน

การที่นักเรียนได้คะแนนเต็มบางครั้งอาจจะไม่ใช่คำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ตามเนื้อหาวิชาทีเดียว แต่นักเรียนได้แสดงว่ามีความรู้และความเข้าใจ สามารถสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล แสดงสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ที่แสดงออกว่าเป็นผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ในระดับของเด็กอายุ 15 ปี แม้คำตอบอาจจะไม่เหมือนกันก็อาจมีคะแนนเต็มเท่ากัน ถ้านักเรียนสามารถแสดงออกให้เห็นว่ามีความเข้าใจในเรื่องราว มีการใช้เหตุผลได้สอดคล้อง ส่วนคำตอบที่ความถูกต้องลดลงก็จะได้คะแนนบางส่วน คำตอบที่ไม่มีคะแนนเป็นคำตอบที่ไม่ได้ตอบคำถามที่โจทย์ต้องการ คำตอบที่ไม่สมเหตุสมผล อาจตอบถูกแต่ไม่มีคำอธิบายหรืออธิบายผิด ให้เหตุผลผิด หรือบางครั้งคำตอบถูก แต่นักเรียนลอกข้อความจากตัวคำถามมาตอบ ลักษณะนี้จะไม่มีคะแนนให้

2. ความมีเหตุผล: คุณลักษณะสำคัญของผู้รู้วิทยาศาสตร์

ความมีเหตุผล มีผู้ใช้คำอื่นๆ ในความหมายเดียวกันนี้ เช่น ความมีเหตุมีผล ความเป็นเหตุเป็นผล เป็นต้น ในที่นี้ขอใช้ว่าความมีเหตุผลตามที่ราชบัณฑิตกำหนดไว้ การศึกษาเกี่ยวกับความมีเหตุผล มีประเด็นที่จะนำเสนอ 4 ประเด็น ได้แก่ 2.1 ความสำคัญของความมีเหตุผล 2.2 ความหมายของความมีเหตุผล 2.3 ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล และ 2.4 แนวทางการวัดความมีเหตุผล ซึ่งแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความสำคัญของความมีเหตุผล

ในสภาพสังคมปัจจุบันที่เจริญไปด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คุณลักษณะพื้นฐานในการดำรงชีวิตของบุคคลประการหนึ่งคือความมีเหตุผล เพราะบุคคลในสังคมต้องมีเหตุผล รู้จักคิด รู้จักเชื่ออย่างมีเหตุผล ใช้วิจารณญาณในการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีหรือวิธีการต่างๆ ให้ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้มีความรู้และทักษะพื้นฐานที่เพียงพอต่อการนำไปปรับปรุงการดำรงชีวิตทั้งส่วนตนและครอบครัว (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525: 2)

ความสำคัญของความมีเหตุผลดังกล่าวจึงถูกถ่ายทอดมาสู่การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาบุคคลให้เป็นผู้มีเหตุผล โดยเฉพาะการศึกษาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากความมีเหตุผลเป็นคุณลักษณะประการหนึ่งของจิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind) ซึ่งหมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกซึ่งความมีคุณสมบัติของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ อันเป็นลักษณะสำคัญที่ช่วยเอื้อให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ค้นคว้าหาความรู้ใหม่ แก้ปัญหา หาแนวทางแก้ปัญหา (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548: 13) ความมีเหตุผลถือเป็นคุณลักษณะที่โดดเด่นของนักวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การแสดงออกหรือมีพฤติกรรมแบบวิทยาศาสตร์ รวมทั้งกำหนดแนวทางพฤติกรรมแบบนักวิทยาศาสตร์ (Haney, 1969: 33-35) เพราะนักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่ยอมรับในการอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลมา

สนับสนุนอย่างเพียงพอ สามารถอธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุมีผล แสวงหาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น (ภพ เลาหไพบูลย์, 2537: 12) ดังตัวอย่างเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับความมีเหตุผล อาทิ มาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่เน้นความสำคัญของความมีเหตุผล โดยเฉพาะการเน้นให้เห็นว่าความมีเหตุผลเป็นคุณลักษณะที่เอื้อต่อความสำเร็จของการทำงานแบบวิทยาศาสตร์ ดังใจความตอนหนึ่งที่ปรากฏในเอกสารของสภาการวิจัยแห่งชาติ (National Research Council: NRC, 1996) ซึ่งระบุว่า “วิทยาศาสตร์คือ ความพยายามของมนุษย์และการทำงานแบบวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมนุษย์ ได้แก่ ความมีเหตุผล ความรู้แบบลุ่มลึก ความมีพลัง ทักษะ และเจตคติ” (NRC, 1996: 170 อ้างถึงใน Volkmann and Eichinger, 2010: online)

ขณะที่หลักสูตรการศึกษาของประเทศไทยก็ได้สะท้อนให้เห็นว่ามีเป้าหมายเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีคุณลักษณะความมีเหตุผล อาทิ การกำหนดตัวชี้วัดของมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

จากความสำคัญของความมีเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทุกระดับควรพัฒนาและปลูกฝังความมีเหตุผลให้กับนักเรียน เพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายมาตรฐาน หลักสูตร ตัวชี้วัดและคุณภาพของนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ และเตรียมบุคคลให้เป็นผู้มีเหตุผล อันเป็นคุณลักษณะสำคัญประการหนึ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมปัจจุบันที่เจริญด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.2 ความหมายของความมีเหตุผล

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของความมีเหตุผลไว้ดังนี้

โสรัจจ์ หงศ์ลดารมภ์ (2545: 32) ได้ให้ความหมายของความมีเหตุผลไว้ว่า “ความมีเหตุผล หมายถึง คุณลักษณะของมนุษย์ที่สามารถคิดอ่านอะไรที่ตรงกับหลักเกณฑ์ของเหตุผล และสามารถอธิบายได้อย่างเป็นหลักการ”

ราชบัณฑิตยสถาน (2553: 68) ได้ให้ความหมายของความมีเหตุผลไว้ว่า “ความมีเหตุผล เป็นการคิดและการปฏิบัติที่ถือว่าตรงกับเกณฑ์ของเหตุผล เพราะเชื่อว่าเกณฑ์ของเหตุผลย่อมสอดคล้องโดยอัตโนมัติกับกฎเกณฑ์ของความเป็นจริงภายนอกหรือของเอกภพ ในทางการศึกษา การเรียนการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนมีเหตุผลในการคิด การพูด และการกระทำ ถือว่าเป็นแนวการศึกษาที่ถูกต้อง”

พิพัฒน์ ยอดพฤติการ (2554) ได้ให้ความหมายของความมีเหตุผลไว้ว่า “ความมีเหตุผล หมายถึง การพิจารณาที่จะดำเนินงานใดๆ ด้วยความถี่ถ้วนรอบคอบ ไม่ย่อท้อ ไร้อคติ

คำนึงถึงเหตุและปัจจัยแวดล้อมทั้งหมด เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างถูกต้องดีงาม เกิดประสิทธิผล เกิดประโยชน์และความสุข โดยปราศจากการเบียดเบียนตนเองและผู้อื่น”

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555: 150) ได้ให้ความหมายของความมีเหตุผลไว้ว่า “ความมีเหตุผล หมายถึง ความสามารถในการแสดงความคิดเห็น การตรวจสอบความถูกต้องและการยอมรับในคำอธิบายอย่างมีเหตุผล โดยการแสวงหาข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองที่เชื่อถือได้มาสนับสนุนอย่างเพียงพอและอย่างมีเหตุผล ก่อนที่จะยอมรับหรือให้คำอธิบายใดๆ”

จากความหมายของความมีเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าความมีเหตุผล หมายถึง คุณลักษณะของมนุษย์ที่สามารถคิดและปฏิบัติที่ตรงกับหลักของเหตุผล โดยการแสวงหาข้อมูลที่เชื่อถือได้มาสนับสนุนอย่างเพียงพอและอย่างมีเหตุผล ก่อนที่จะยอมรับหรือให้คำอธิบายใดๆ โดยปราศจากการเบียดเบียนตนเองและผู้อื่น ดังนั้นเหตุผล (reason) และการใช้เหตุผล (reasoning) จึงเป็นสมรรถภาพหนึ่งของความมีเหตุผล (rationality)

2.3 ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล

ความมีเหตุผลจัดเป็นคุณลักษณะที่อยู่ภายในบุคคล การระบุว่าบุคคลใดเป็นผู้มีเหตุผลหรือไม่ จึงต้องสังเกตจากลักษณะสำคัญที่แสดงถึงความมีเหตุผล โดยจากการสืบค้นตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้อง สรุปว่ามีหน่วยงานและนักวิชาการได้ระบุลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล ดังนี้

Billeh and Zakharides (1975: 155-156) ได้สรุปลักษณะสำคัญของความมีเหตุผลไว้ดังนี้

1. เชื่อในคุณค่าของเหตุผล
2. มีแนวโน้มที่จะทดสอบความเชื่อเก่าๆ
3. แสวงหาเหตุผลของปรากฏการณ์ธรรมชาติและความสัมพันธ์ของสาเหตุนั้น
4. ยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ที่มีเหตุผล
5. ท้าทายให้มีการพิสูจน์ตามเหตุผลและข้อเท็จจริง

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 55-57) ได้สรุปลักษณะสำคัญของความมีเหตุผลไว้ดังนี้

1. เชื่อในความสำคัญของเหตุผล
2. ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนายหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้
3. แสวงหาสาเหตุของเหตุการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ของสาเหตุนั้นกับผลที่เกิดขึ้น
4. ต้องการรู้ว่าปรากฏการณ์ต่างๆ นั้นเป็นอย่างไร และทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537: 26-27) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของความมีเหตุผลไว้ว่า “ความมีเหตุผลจะเป็นตัวกำหนดแนวทางของพฤติกรรมของบุคคล นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นคนที่มีเหตุผล ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ หาหลักฐานจากการสังเกตและการทดลองเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย มีหลักฐานและข้อมูลเพียงพอก่อนที่จะสรุปผล เห็นคุณค่าของการใช้เหตุผลและพร้อมที่จะให้ผู้อื่นตรวจสอบผลงานของตน”

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 12-13) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของความมีเหตุผลไว้ว่า “นักวิทยาศาสตร์ ต้องเป็นผู้มีเหตุผล ยอมรับในคำอธิบาย เมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้อง สมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ แสวงหาหลักฐานและข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลอง เพื่อสนับสนุนหรือคิดค้นหาคำอธิบาย มีหลักฐานข้อมูลอย่างเพียงพอเสมอก่อนจะสรุปผล เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผล ยินดีให้มีการพิสูจน์ตามเหตุผลและข้อเท็จจริง”

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 134) ได้กำหนดให้ความมีเหตุผลเป็นหนึ่งในคุณลักษณะสำคัญของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยระบุลักษณะสำคัญไว้ดังนี้

1. ยอมรับในการอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ
2. เห็นคุณค่าของการใช้เหตุผลในเรื่องต่างๆ
3. พยายามอธิบายสิ่งต่างๆ ในแง่เหตุผล ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้
4. อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล
5. หาความสัมพันธ์ของสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น
6. ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้
7. เสาะแสวงหาหลักฐาน/ ข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อสนับสนุนการอธิบาย
8. รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอก่อนจะลงข้อสรุปเรื่องราวต่างๆ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548: 13) กล่าวถึงลักษณะของความมีเหตุผล ซึ่งเป็นหนึ่งในคุณลักษณะที่แสดงถึงความเป็นผู้มีจิตวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. เชื่อในความสำคัญของเหตุผล
2. ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนาย หรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่างๆ ที่ไม่สามารถอธิบายได้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์
3. แสวงหาสาเหตุของเหตุการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ของสาเหตุนั้นกับผลที่เกิดขึ้น
4. ต้องการที่จะรู้ว่าปรากฏการณ์ต่างๆ นั้นเป็นอย่างไร และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผลโดยสรุปปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล

ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล	Billeh and Zakharides (1975: 155-156)	ทบวง มหาวิทยาลัย (2525: 55-57)	พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537: 26-27)	ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 12-13)	สสวท. (2546: 134)	พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 13)
1. เชื่อในคุณค่า/ ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2. มีแนวโน้มที่จะทดสอบความเชื่อเก่าๆ	✓	-	-	-	-	-
3. แสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ และความสัมพันธ์ของสาเหตุนั้นกับผลที่เกิดขึ้น	✓	✓	-	✓	✓	✓
4. ยอมรับคำอธิบายหรือข้อสรุป เมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ	✓	-	✓	✓	✓	-
5. ต้องการให้มีการตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6. ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนายหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้	-	✓	-	-	✓	✓
7. อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้	-	-	✓	✓	✓	-
8. หาหลักฐานจากการสังเกตและการทดลองเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย	-	-	✓	✓	✓	-

โดยสรุป ความมีเหตุผลมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล
2. ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
3. ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ
4. แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น
5. แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย
6. แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ
7. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้

2.4 แนวทางการวัดความมีเหตุผล

ความมีเหตุผลเป็นคุณลักษณะหนึ่งของจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์ (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537: 59) ในการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดความมีเหตุผลจึงเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับแนวทางการวัดจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์ โดยสรุปมีแนวทางการวัดความมีเหตุผล 4 วิธี ได้แก่ 2.4.1 การใช้เทคนิคการฉายภาพ 2.4.2 การทดสอบด้วยสถานการณ์ 2.4.3 การสังเกตพฤติกรรม 2.4.4 การสอบถามและสัมภาษณ์ แต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 การใช้เทคนิคการฉายภาพ

เทคนิคการฉายภาพ (วินัย รังสินันท์, 2550: 555) หรือโปรเจคทีปเทคนิค (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537: 58-59) ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “projective technique” เป็นการวัดจิตพิสัยทางอ้อมที่มีสิ่งเร้ากระตุ้นให้ผู้ตอบสะท้อนความรู้สึกนึกคิดของตนเองออกมา วิธีการวัดด้วยเทคนิคการฉายภาพนี้เป็นวิธีการที่ใช้ง่ายและใช้วัดได้หลายคนในคราวเดียวกัน แต่มีข้อจำกัดในเรื่องความน่าเชื่อถือของข้อมูล กล่าวคือผู้ตอบอาจตอบไม่ตรงกับสภาพความเป็นจริง นอกจากนี้การตีความหมายจากคำบรรยายหรือคำตอบที่ได้อาจคลาดเคลื่อน ถ้าผู้วัดไม่มีความสามารถและประสบการณ์ในการตีความหมายข้อมูลดังกล่าว

ตัวอย่างแบบวัดที่นิยมใช้ เช่น 1) แบบสร้างเรื่อง เป็นการให้ผู้ตอบสร้างเรื่องราวหรือผูกเรื่องจากสิ่งเร้าที่เป็นแบบใหม่ขึ้นมา โดยมีความเชื่อว่าในการสร้างหรือทำสิ่งใดใหม่ผู้สร้างต้องอาศัยประสบการณ์ ความรู้สึก อุปนิสัยของตน แสดงว่าในการสร้างสิ่งใหม่นั้น จะต้องแสดงลักษณะบางอย่างของผู้สร้าง 2) แบบทำให้สมบูรณ์ วิธีนี้ให้ผู้ตอบต่อหรือเติมข้อความในสิ่งเร้าที่เป็นข้อความที่ไม่สมบูรณ์ให้ชัดเจน เช่น ฉันเป็นคน..... วิชาวิทยาศาสตร์เป็น..... 3) แบบให้เลือกหรือเรียงลำดับ วิธีนี้ผู้สอบจะต้องเลือกหรือเรียงลำดับของสิ่งเร้าตามคำชี้แจงที่ให้โดยยึดหลักว่าคุณลักษณะภายในของบุคคลจะส่งผลต่อการเลือกและลำดับสิ่งเร้า โดยที่ผู้จัดอันดับหรือผู้ถูกสอบไม่รู้ตัว เป็นต้น (วินัย รังสินันท์, 2550: 555)

2.4.2 การทดสอบด้วยสถานการณ์

การทดสอบด้วยสถานการณ์คือ การใช้ชุดของสภาวะแวดล้อมหรือสถานการณ์ที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้ทดสอบแสดงความคิดหรือเลือกคำตอบ เป็นการจัดสภาพที่เลียนแบบสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อให้ผู้ทดสอบได้สัมผัสกับสถานการณ์เหล่านั้น แล้วแสดงพฤติกรรมต่างๆ ออกมาตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยเป้าหมายของการทดสอบด้วยสถานการณ์ คือต้องการประเมินทางด้านอารมณ์ สังคม เจตคติ และบุคลิกภาพต่างๆ โดย ไม่ประเมินสมรรถภาพด้านความรู้ (Anatasi, 1968: 521 อ้างถึงใน โชติ เพชรชื่น, 2526: 7-17) สำหรับการใช้แบบสอบวัดจิตพิสัยควรเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและต้องไม่ให้ผู้สอบรู้ตัวว่าถูกทดสอบในสภาวการณ์หรือเหตุการณ์ดังกล่าว จึงจะสามารถบ่งบอกถึงคุณลักษณะบางประการได้ หากว่าผู้สอบรู้ตัว อาจทำให้บิดเบือนคำตอบ ซึ่งทำให้พฤติกรรมคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง แบบทดสอบด้วยสถานการณ์มีองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ ดังนี้ (Haney, 1969: 33-35; โชติ เพชรชื่น, 2526: 7-17)

1) สถานการณ์ เป็นเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นตามจุดมุ่งหมายของสิ่งที่ต้องการทดสอบ โดยสถานการณ์ที่ใช้ทดสอบทางด้านจิตพิสัยควรมีลักษณะ ดังนี้

1.1) สถานการณ์ที่สร้างขึ้นหรือกำหนดขึ้นควรเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้จริงกับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ

1.2) ความเข้มหรือความรุนแรงของสถานการณ์ควรอยู่ในระดับ ปานกลาง ไม่สร้างความเครียดให้กับผู้ทดสอบมากเกินไป

1.3) ข้อมูลหรือสาระสำคัญที่กำหนดให้จะต้องเพียงพอต่อการตัดสินใจในทิศทางหรือจุดประสงค์ของการวัด ซึ่งหมายถึงการตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสม

2) คำถาม อาจมีได้ 2 ลักษณะ คือ

2.1) คำถามที่ถามเพื่อให้ผู้ทดสอบประเมินสถานการณ์ ซึ่งหมายถึงการพิจารณาตัดสินว่า ควร-ไม่ควร ดี-ไม่ดี เหมาะสม-ไม่เหมาะสม ใช้ได้-ใช้ไม่ได้ ถูกต้อง-ไม่ถูกต้อง และรวมถึงกรณีที่ไม่อาจตัดสินใจได้

2.2) คำถามที่ถามเพื่อให้ผู้ทดสอบระบุแนวทางปฏิบัติ ถ้าหากตนเองเป็นผู้หนึ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น

สำหรับประเภทของแบบทดสอบด้วยสถานการณ์อาจเป็นแบบหลายตัวเลือกหรือแบบเขียนตอบ ซึ่งแตกต่างกันในส่วนของการตอบ ดังนี้

1. แบบทดสอบด้วยสถานการณ์แบบหลายตัวเลือก ประกอบด้วยสถานการณ์ ซึ่งควรกำหนดให้สถานการณ์มีความเข้มข้น หรือความรุนแรงในระดับปานกลางและเลือกสถานการณ์ที่ไม่สร้างความเครียดกับผู้สอบมากเกินไป ส่วนต่อมาคือคำถาม ซึ่งเป็นคำถามที่ให้ผู้สอบพิจารณาตัดสินว่า พฤติกรรมหรือเหตุการณ์ที่ระบุนั้น ควรหรือไม่ควร เหมาะสมหรือไม่เหมาะสม ใช้ได้หรือใช้ไม่ได้ ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง รวมถึงกรณีที่ไม่อาจตัดสินใจได้ ส่วนสุดท้ายคือ

ตัวเลือก โดยเป็นตัวเลือกที่เป็นข้อความแสดงความรู้สึก ความคิดเห็นที่สะท้อนถึงพฤติกรรม หรือเป็นตัวแทนในแต่ละระดับของพฤติกรรมด้านความรู้สึก (สุมาลี จันทร์ชลอ, 2542: 247)

2. แบบทดสอบด้วยสถานการณ์แบบเขียนตอบ เป็นการให้นักเรียนเขียนบรรยายความรู้สึก ความเห็น พร้อมเหตุผลที่ใช้ประกอบการตัดสินใจเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ สามารถวัดความคิด ความเห็นและความรู้สึกได้เป็นอย่างดี แต่มีข้อจำกัดคือการตรวจให้คะแนนทำได้ยาก ดังนั้นจึงต้องสร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่แน่นอน และควรได้รับการตรวจจากผู้ตรวจหลายคน (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537: 57)

2.4.3 การสังเกตพฤติกรรม

การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนนับว่าเป็นวิธีตรงในการวัดคุณลักษณะด้านจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็น เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ฯลฯ วิธีการสังเกต คือ ผู้สังเกตจะทำการบันทึกพฤติกรรมอย่างมีแบบแผน แล้วอนุมานสิ่งที่ต้องการวัดของบุคคลจากพฤติกรรมที่แสดงออก การสังเกตพฤติกรรมอาจทำได้ 2 แบบ ดังนี้ (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537: 59-61)

1) การสังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นเองในสถานการณ์จริง ทำการสังเกตเมื่อพบนักเรียนแสดงพฤติกรรมใดตรงตามรายการสังเกตพฤติกรรม ก็จดบันทึกไว้ วิธีนี้เป็นวิธีที่ดี เพราะนักเรียนแสดงพฤติกรรมในสภาพจริงตามธรรมชาติ แต่มีข้อเสียคือผู้สอนไม่สามารถตามไปสังเกตนักเรียนได้ทุกคน ทุกเวลา ส่วนใหญ่จะสังเกตได้เฉพาะกรณีที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมให้เห็นต่อหน้าผู้สอน ดังนั้น จึงเหมาะกับการสังเกตนักเรียนบางคนที่ต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมเป็นพิเศษ แบบกรณีวิทยา

2) การสังเกตพฤติกรรมภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดให้ สำหรับกรณีนี้ อาจสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนได้ครั้งละหลายๆ คน โดยจัดสถานการณ์หรือกิจกรรมต่างๆ ให้นักเรียนที่ต้องการสังเกตได้ปฏิบัติ วิธีการปฏิบัติกิจกรรมนั้น ก็จะทำให้สามารถบอกคุณลักษณะของนักเรียนได้

อย่างไรก็ตาม การสังเกตพฤติกรรมไม่ว่าจะเป็นแบบที่ 1 หรือแบบที่ 2 จำเป็นต้องรายงานว่าจะสังเกตพฤติกรรมใดบ้าง ซึ่งขึ้นอยู่กับสิ่งที่ต้องการวัดหรือประเมิน โดยจะต้องกำหนดเกณฑ์การประเมินให้ชัดเจนและควรประเมินทั้งด้านปริมาณหรือจำนวนครั้งในการแสดงออกของพฤติกรรมและด้านคุณภาพหรือลักษณะที่แสดงออก และใช้วิธีการบันทึกผลอาจทำได้หลายวิธี เช่น การเขียนบรรยายลักษณะของพฤติกรรม การใช้แบบมาตรประมาณค่า การใช้แบบตรวจสอบรายการ เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546: 138)

2.4.4 การสอบถามและสัมภาษณ์

การสอบถามเป็นการวัดจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์แบบหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาว่านักเรียนคนนั้นมีพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงสิ่งที่ต้องการวัดอย่างไร เป็นการให้ผู้ถูกประเมินรายงานความรู้สึกด้วยตนเองโดยใช้แบบวัดที่ประกอบด้วยข้อความคิดเห็นที่เป็นสิ่งเร้าให้ผู้ตอบแสดงความรู้สึกออกมา โดยการสอบถามมี 3 แบบ ได้แก่ 1) การใช้แบบตรวจสอบรายการ เป็นการถามเรื่องราวต่างๆ แล้วให้ผู้ตอบทำเครื่องหมายในแบบตรวจสอบรายการเพื่อแสดงว่า ชอบ-ไม่ชอบ เห็นด้วย-ไม่เห็นด้วย 2) การใช้แบบสำรวจ เป็นการสำรวจประเด็นที่มีขอบเขตที่จำกัดเฉพาะ เช่น แบบสำรวจความในใจ เป็นต้น 3) การใช้แบบสอบถาม เป็นการสอบถามด้วยรูปแบบที่ประกอบด้วยข้อคำถามหรือข้อความให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็นตามมาตรวัดที่กำหนดแบบใดแบบหนึ่ง ซึ่งมาตรวัดที่นิยมใช้มี 3 วิธี คือ (1) วิธีของลิเคิร์ท (Likert method) หรือ มาตรรวมการประมาณค่า (summated rating scale) (2) วิธีของเทอร์สโตน (Thurstone method) หรือวิธีวัดช่วงเท่ากัน (method of equal appearing interval) และ (3) วิธีของออสกูด (Osgood method) หรือมาตรจำแนกความหมายของคำ (semantic differential scales) (วินัย รังสินันท์, 2550: 553)

ส่วนการสัมภาษณ์นั้นเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถตรวจสอบความรู้สึกและความคิดเห็นที่แท้จริงได้ ในการสัมภาษณ์ผู้วัดจะต้องสอบถามและพยายามให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบคำถามให้ตรงกับเป้าหมายของสิ่งที่ต้องการวัด อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อจำกัด ในกรณีที่ผู้ตอบไม่เต็มใจหรือไม่ให้ความร่วมมือในการตอบ ข้อมูลที่ได้จึงอาจไม่ตรงกับความเป็นจริง อีกทั้งต้องวัดเป็นรายบุคคล ทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองงบประมาณมาก อีกทั้งการประเมินค่อนข้างเป็นอัตนัย จึงต้องใช้ผู้สัมภาษณ์ที่มีประสบการณ์ (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537: 58)

3. รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง

การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง มีประเด็นที่นำเสนอ 8 ประเด็น ได้แก่ 3.1 ความสำคัญของการโต้แย้งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 3.2 ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และ 3.3 ประโยชน์ของการโต้แย้งต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 3.4 ความเป็นมาในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง 3.5 ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง 3.6 ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง 3.7 เป้าหมายและวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง และ 3.8 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง โดยแต่ละประเด็นมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ความสำคัญของการโต้แย้งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์กับความมีเหตุผล

การศึกษาวิทยาศาสตร์ในมุมมองปัจจุบันยังคงปฏิบัติด้วยฐานของ “positivist view” คือ การมีมุมมองว่าวิทยาศาสตร์คือการสังเกตและการทดลอง โดยเน้นการยืนยันผลการทดลองและการฝึกปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ทำให้วิทยาศาสตร์คือความสำเร็จที่เกิดจากการค้นพบ เป็นเหตุให้การประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นอย่างจำกัด และยังเป็นการจำกัดโอกาสของนักเรียนที่จะได้รับรู้กระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้กระบวนการสร้างความหมายและกระบวนการสร้างความรู้ถูกมองข้ามไปในการสอนวิทยาศาสตร์ (Millar and Osborne, 1998 อ้างถึงใน Driver et al., 2000: 289-290) ด้วยเหตุนี้ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงพยายามเปลี่ยนมุมมองใหม่ โดยเน้นว่าวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางสังคมของการสร้างความรู้ (social process of knowledge construction) และวิทยาศาสตร์คือกระบวนการสร้างความรู้ทางสังคมที่มีการโต้แย้งเป็นกิจกรรมสำคัญเพื่อนำเสนอความรู้สู่สาธารณะ ดังเช่นทัศนะของ Millar and Driver (1998 อ้างถึงใน Driver et al., 2000: 290) ที่กล่าวว่า “กระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางสังคมและกิจกรรมหลักของวิทยาศาสตร์คือการโต้แย้ง” ขณะที่ Osborne et al. (2004 อ้างถึงใน McNeill, 2009: 234) อธิบายว่า “วิทยาศาสตร์ไม่ใช่การสำรวจหรือจดจำข้อเท็จจริง แต่เป็นการสร้างข้อโต้แย้ง พิจารณาและโต้แย้งคำอธิบายของปรากฏการณ์ต่างๆ” เช่นเดียวกับ Kuhn (1993 อ้างถึงใน Zohar and Nemet, 2002: 39) อธิบายว่า “วิทยาศาสตร์ คือกิจกรรมทางสังคมโดยมีการโต้แย้งเป็นหัวใจสำคัญ การศึกษาวิทยาศาสตร์ควรเน้นในเรื่องนี้เพื่อส่งเสริมวิธีคิด โดยไม่จำกัดเพียงแค่ความรู้และข้อเท็จจริงเท่านั้น ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้การโต้แย้งจึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนเข้าถึงการปฏิบัติเช่นเดียวกับสังคมวิทยาศาสตร์"

นอกจากนี้ ยังมีอีกหนึ่งมุมมองเกี่ยวกับการโต้แย้งที่สะท้อนความสำคัญของการโต้แย้งที่มีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การโต้แย้งสามารถนำไปสู่เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์เน้นการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ดังนั้น วิธีการที่จะช่วยส่งเสริมเป้าหมายดังกล่าวจำเป็นต้องช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิธีการสร้างความรู้ การอธิบายและการประเมินความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิธีการนั้นคือการใช้การโต้แย้ง (Driver et al., 2000; Duschi and Osborne, 2000 อ้างถึงใน Sampson and Clark, 2009a: 450) นอกจากนี้ Osborne et al. (2004 อ้างถึงใน Sampson and Clark, 2009: 451) แนะนำว่าวิธีการโต้แย้งนี้มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้เพราะได้พัฒนาการเรียนที่สะท้อนถึงความรู้และความเข้าใจในมโนทัศน์ เนื่องจากผลผลิตของการโต้แย้งสะท้อนการรู้ของผู้สร้างเองว่ามีความรู้ถูกต้องหรือไม่ ขณะที่ Berland and Reiser (2009: 27) ให้ความเห็นว่า “การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการรู้วิทยาศาสตร์และการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ควรให้ความสำคัญใน 2 ประเด็น คือ 1) นักเรียนควรใช้ข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างรูปแบบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา 2) นักเรียนควรได้รับการกระตุ้นให้นำเสนอและโต้แย้งทางความคิด และถ้าต้องการกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องเข้าใจเกี่ยวกับคำอธิบาย รวมถึงกระบวนการสร้างคำอธิบาย” สอดคล้องกับ Ford and Forman (2006 อ้างถึงใน

Berland and Reiser, 2009: 27) อธิบายว่า “การเรียนรู้ในสังคมของทั้งนักวิทยาศาสตร์และนักเรียนคือกระบวนการสร้าง ทดสอบและปรับปรุงความเข้าใจด้วยการโต้แย้งเกี่ยวกับวิธีการที่ดีที่สุดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา หรือกล่าวได้ว่าคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นโดยการโต้แย้ง”

โดยสรุป การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษาถือเป็นหัวใจสำคัญของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และเป็นการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ อันเป็นเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ทำให้มุมมองของการพัฒนาผู้เรียนเปลี่ยนแปลงไป โดยเน้นการสืบสอบ การสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้มีทั้งความรู้และเข้าใจกระบวนการสร้างความรู้ วิธีการหนึ่งที่นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าเป็นแนวทางสำคัญในการเข้าถึงเป้าหมายดังกล่าวคือการโต้แย้ง เพราะความรู้และกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการโต้แย้งในสังคมเพื่อให้ได้คำอธิบายปรากฏการณ์ที่ดีที่สุด เป็นที่ยอมรับมากที่สุด ดังนั้นการให้ความสนใจกับการโต้แย้งจึงเสมือนการให้ความสนใจกับสิ่งที่เป็นหัวใจของวิทยาศาสตร์ และการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สร้างข้อโต้แย้งจึงเป็นการให้โอกาสในการสร้างความหมายทั้งระดับบุคคลและสังคม และยังเป็นการให้กลยุทธ์สำหรับการประเมินและการวิจารณ์หลักฐานทางวิทยาศาสตร์เฉพาะเรื่อง การกระทำเช่นนี้จึงเป็นการช่วยพัฒนาความเข้าใจในสาระพร้อมกับกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติเช่นเดียวกับสังคมวิทยาศาสตร์ที่มีการโต้แย้งและสร้างความรู้โดยใช้หลักฐานและเหตุผล (McNeill, 2009: 235)

3.2 ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการและนักวิจัยได้ให้ความหมายของคำว่า “การโต้แย้ง (argumentation)” “ข้อโต้แย้ง (argument)” และ “การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (scientific argumentation)” ไว้ดังนี้

3.2.1 ความหมายของการโต้แย้ง

นักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการโต้แย้งไว้ดังต่อไปนี้

Van Emeren (1995: 154) กล่าวว่า “โดยนิยามแล้ว การโต้แย้ง หมายถึงการตอบสนองต่อความสงสัย ความคิดเห็นที่ตรงข้าม วัตถุประสงค์หรือการแย้งต่อสิทธิ ซึ่งมีการสร้างและการให้เหตุผลหรือคัดค้าน เพื่อปรับให้เข้ากับการแก้ไขปัญหาที่มีความเห็นแตกต่างกัน”

Kuhn and Udell (2003: 1245) กล่าวว่า “การโต้แย้ง หมายถึงกระบวนการสนทนาระหว่างบุคคล ซึ่งบุคคลสองฝ่ายหรือมากกว่าทำการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างที่ตรงข้ามกับความคิด”

Van Emeren and Grootendorst (2004: 1) กล่าวว่า “การโต้แย้ง คือ กิจกรรมที่เป็นคำพูด เหตุผล และเป็นกิจกรรมทางสังคม ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อจูงใจด้วยการวิจารณ์เหตุผลในจุดยืนที่เป็นที่ยอมรับของกลุ่ม ซึ่งแสดงจุดยืนนั้นด้วยการอธิบายหรือปฏิเสธข้อเสนอ”

Jimenez-Aleixandre and Erduran (2007: 3) นิยามการโต้แย้งใน 2 มุมมอง คือ 1) การโต้แย้งเป็นการอธิบายความรู้โดยใช้เหตุผล ทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ จากมุมมองนี้หมายถึง การสร้างความหมายของแต่ละบุคคลที่เกิดขึ้นในความคิด การเขียนหรือการพูดคุยโดยใช้หลักฐานและเหตุผลในการประเมินและตัดสินข้อกล่าวอ้างที่แข่งขันกัน 2) การโต้แย้งคือการสร้างความหมายทางสังคม การโต้เถียงหรือการถกเถียงระหว่างบุคคล เป็นกิจกรรมทางสังคมที่บุคคลพยายามโน้มน้าวผู้อื่นด้วยการพูดหรือเขียนข้อยืนยันเฉพาะเรื่อง

Kolsto and Ratcliffe (2007: 118) กล่าวว่า “การโต้แย้งคือการให้เหตุผลแบบไม่เป็นทางการมี 2 แบบคือ การโต้แย้งโดยบุคคลและการโต้แย้งโดยสังคม ความหมายในแบบของบุคคลเกี่ยวข้องกับสำนวนโวหารและสถานการณ์ที่มีการสร้างมุมมองที่เป็นจุดยืนของตนเอง ส่วนความหมายในแบบของสังคมอ้างถึงการโต้แย้งระหว่างบุคคล”

Bricker & Bell (2008: 474) กล่าวว่า “การโต้แย้ง หมายถึง การอภิปรายหรือโต้แย้งที่หมายรวมถึงการค้นหาความหมาย ทำความเข้าใจและการให้เหตุผล”

Sampson and Clark (2009: 456) กล่าวว่า “การโต้แย้ง หมายถึง กระบวนการในการสร้างคำอธิบาย สร้างข้อโต้แย้งและวิจารณ์เนื้อหาและผลผลิตของกระบวนการสืบสอบ”

จากความหมายของการโต้แย้งข้างต้น สรุปว่าการโต้แย้ง หมายถึง กระบวนการสนทนาระหว่างบุคคล ซึ่งบุคคลสองฝ่ายหรือมากกว่าทำการอภิปรายข้อกล่าวอ้างที่มีความเห็นแตกต่างกัน โดยมีการให้เหตุผลหรือคัดค้านด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อปรับให้เข้ากับการแก้ไขปัญหาที่มีความเห็นแตกต่างกัน

3.2.2 ความหมายของข้อโต้แย้ง

นักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของข้อโต้แย้งไว้ดังต่อไปนี้

Angell (1964 อ้างถึงใน Means and Voss, 1996: 141) กล่าวว่า “ข้อโต้แย้ง หมายถึง ข้อสรุปที่สนับสนุนด้วยเหตุผลอย่างน้อยที่สุดหนึ่งเหตุผล”

Willard (1989: 1) กล่าวว่า “ข้อโต้แย้ง คือ แบบของปฏิสัมพันธ์ซึ่งบุคคลสองคนหรือมากกว่า รักษาสิ่งที่ตีความ วิเคราะห์ จุดยืนที่ไม่ลงรอยกัน”

Blackburn (1994: 23) นิยามข้อโต้แย้งโดยเขียนลงใน The Oxford Dictionary of Philosophy ซึ่งกล่าวว่า “ข้อโต้แย้งเป็นตรรกะแบบเป็นทางการ (formal logic) เพื่อโต้แย้ง เพื่อสร้างการพิจารณา และออกแบบเพื่อสนับสนุนข้อสรุป ข้อโต้แย้งยังเป็นกลุ่มของข้อเสนอที่อ้างเหตุผล หลักฐาน รูปแบบของการอ้างอิงและการสรุป ข้อโต้แย้งอาจเป็นเหตุผลแบบนิรนัยในกรณีที่ข้อสรุปมาจากการอ้างหลักฐานหรืออาจเป็นการให้มโนทัศน์ด้วยวิธีอื่น”

จากความหมายของข้อโต้แย้งข้างต้น สรุปว่าข้อโต้แย้ง หมายถึง ข้อความที่แสดงถึงข้อสรุปหรือข้อเสนอที่มีการอธิบายด้วยการอ้างเหตุผลและหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อเป็นการแสดงออกว่าเห็นด้วยหรือคัดค้าน

3.2.3 ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Kuhn (1993: 323) กล่าวว่า “การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการนำเสนอ สนับสนุน ประเมินและปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเกิดขึ้นภายในกลุ่มและภายใต้ระเบียบวิธีที่สะท้อนคุณค่าของสังคมวิทยาศาสตร์”

Suppe (1998 อ้างถึงใน Okada and Shum, 2008: 291) กล่าวว่า “การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการเชื่อมโยงหลักฐานและทฤษฎี เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้าง รูปแบบ หรือคำพยากรณ์ที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์”

Norris et al. (2007 อ้างถึงใน Sampson and Gerbino, 2010: 427) กล่าวว่า “การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่แสดงถึงความพยายามในการสร้างและตรวจสอบความถูกต้องของข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของการให้เหตุผล”

Stark et al. (2009: 52) ให้นิยามการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ การใช้กฎและการใช้หลักฐานสนับสนุน เพื่อเขียนข้อกล่าวอ้าง หรือหมายถึงกระบวนการสร้างข้อเสนอจากข้อเท็จจริงหรือข้อมูล”

Berland and Reiser (2011: 192) กล่าวว่า “การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การปฏิบัติทางสังคมที่แสดงถึงกระบวนการที่สมาชิกในสังคมสร้างความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ โดยใช้การศึกษาประเมินผล วิพากษ์วิจารณ์และปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง”

จากความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอข้างต้น สรุปว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการทางสังคมวิทยาศาสตร์ที่ใช้ข้อเท็จจริง กฎ ทฤษฎี และหลักฐานในการสร้าง นำเสนอ ประเมิน ตรวจสอบ และปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง

3.3 ประโยชน์ของการโต้แย้งต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ให้มุมมองของการโต้แย้งว่าเป็นการปฏิบัติอันเป็นแก่นของสังคมวิทยาศาสตร์ และเป็นสิ่งที่สมควรอย่างยิ่งในการนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยกล่าวถึงประโยชน์ของการโต้แย้งต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Newton et al. (1999 อ้างถึงใน Dawson and Venville, 2010: 134) กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้การโต้แย้งในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. การโต้แย้งเป็นกระบวนการพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น หากนักเรียนได้โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จึงนับว่าเป็นการเริ่มต้นการทำความเข้าใจเกณฑ์และการอภิปรายทางวิทยาศาสตร์ และทำให้เข้าใจวิธีการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วย
2. กิจกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ให้โอกาสผู้ที่มีส่วนร่วมได้อภิปรายนั้น จะทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จึงนับเป็นการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะการพูดหรือการเขียนเป็นการอธิบายมโนทัศน์ ส่งเสริมการคิดตัดสินใจ ทำให้เกิดความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น
3. ทักษะการโต้แย้งจะส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผล คิดอย่างมีวิจารณญาณ เข้าใจและนำเสนอข้อโต้แย้งในเชิงตรรกะและมีความเชื่อมโยงต่อกัน อีกทั้งการเขียนข้อโต้แย้งยังส่งเสริมการมีส่วนร่วมในสังคมอันเป็นสิ่งที่คาดหวังในสังคมประชาธิปไตย

Jimnez-Alexandre and Erduran (2007: 5) ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ แล้วสรุปประโยชน์ของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. การโต้แย้งส่งเสริมการเข้าถึงกระบวนการทางปัญญาและเมตาคอกนิชั่น ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ ประโยชน์ข้อนี้มาจากมุมมองทางปัญญาและการพิจารณาว่าห้องเรียนนั้นเสมือนสังคมของนักเรียน
2. การโต้แย้งส่งเสริมพัฒนาการของสมรรถนะการสื่อสารและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประโยชน์ข้อนี้มาจากมุมมองของทฤษฎีการสื่อสารและมุมมองด้านสังคมและวัฒนธรรม
3. การโต้แย้งส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์และเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมการพูดและการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ประโยชน์ข้อนี้มาจากมุมมองด้านการศึกษาทางภาษาและสังคม
4. การโต้แย้งส่งเสริมให้นักเรียนได้รับวัฒนธรรมการปฏิบัติแบบนักวิทยาศาสตร์และพัฒนาเกณฑ์ในการประเมินความรู้ ประโยชน์ข้อนี้มาจากมุมมองด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะด้านทฤษฎีความรู้

5. การโต้แย้งส่งเสริมพัฒนาการของการให้เหตุผล โดยเฉพาะการให้เหตุผลกับทฤษฎีหรือจุดยืนที่แตกต่างกัน ประโยชน์ข้อนี้มาจากมุมมองด้านปรัชญาวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ Jimnez-Alexandre and Erduran (2007: 11) ได้สรุปประโยชน์ของการโต้แย้งตามเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งกล่าวว่า “การศึกษาวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายสำคัญ 2 ประการ คือ 1) วิทยาศาสตร์สำหรับปวงชน (science for all) และ 2) วิทยาศาสตร์สำหรับนักวิทยาศาสตร์ที่คาดหวัง (science for prospective scientist) การโต้แย้งสามารถเข้าถึงเป้าหมายทั้งสองประการดังกล่าวได้ เพราะเป็นการพัฒนากระบวนการทางปัญญาขั้นสูง สามารถเข้าถึงวัฒนธรรมของการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และสร้างความเข้าใจในทฤษฎีความรู้”

3.4 ความเป็นมาในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้งพัฒนาโดยคณะนักวิจัย 5 ท่านของประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย 1) Walker, J. P. และ 2) Zimmerman, C. จาก Tallahassee Community College 3) Sampson, V. 4) Grooms, J. และ 5) Anderson, B. จาก The Florida State University ซึ่งเป็นความพยายามที่จะนำการโต้แย้งและการตรวจสอบโดยเพื่อนบูรณาการร่วมกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ มีพื้นฐานของแนวคิดในการพัฒนาจากทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยม โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อสร้างประสบการณ์ในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้มีความเสมือนจริง คณะผู้วิจัยพัฒนารูปแบบดังกล่าวและทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีแล้วนำเสนอผลการทดลองใช้ในงานวิจัยชื่อว่า “การสืบสอบแบบโต้แย้ง: รูปแบบการเรียนการสอนสำหรับใช้ในวิชาปฏิบัติการเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาตรี” (Walker et al, 2010: 1-20) โดยนำเสนอในการประชุมนานาชาติว่าด้วยการวิจัยทางการสอนวิทยาศาสตร์ประจำปี 2010 (2010 Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching: NARST) ณ เมืองฟิลาเดเฟีย มลรัฐเพนซิลเวเนียร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ในเดือนมีนาคม ค.ศ. 2010 โดยกล่าวถึงความเป็นมาของการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าว ไว้ดังนี้

จากรายงานปฏิบัติการในประเทศสหรัฐอเมริกา: การสำรวจตรวจสอบในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา (America’s Lab Report: Investigations in High School Science) ในปี ค.ศ. 2005 ของประเทศสหรัฐอเมริกา สภาการวิจัยแห่งชาติได้ให้ข้อเสนอแนะหลายประการสำหรับการพัฒนาทักษะและความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประการแรก คือ กิจกรรมการปฏิบัติการ (laboratory activities) จำเป็นต้องมีพื้นฐานของการสืบสอบ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะปฏิบัติการและความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ ประการที่สอง คือ นักเรียนจำเป็นต้องได้รับโอกาสในการอ่าน เขียน และอภิปรายงานที่นักเรียนปฏิบัติ และประการสุดท้าย คือ ต้องกระตุ้นให้นักเรียนสร้างและวิจารณ์ข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งนี้ คือ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนด้วยเหตุผลอย่างน้อย 1 ประการ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อตอบสนองต่อข้อเสนอแนะดังกล่าว (Sampson et al., 2009: 42)

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ช่วยให้ครูวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงกิจกรรมปฏิบัติการแบบเดิม ไปสู่หน่วยการเรียนการสอนบูรณาการได้ช่วยพัฒนานักเรียนไปสู่เป้าหมายของสภาการวิจัยแห่งชาติได้ โดยการให้โอกาสนักเรียนได้ออกแบบสำรวจตรวจสอบ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารความคิดกับผู้อื่นในระหว่างกิจกรรมการโต้แย้ง เขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบเพื่อแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น และมีการกระตุ้นให้มีการตรวจสอบโดยเพื่อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายเรื่องที่ชี้ให้เห็นว่า การเรียนการสอนที่มีการให้โอกาสดังกล่าวกับนักเรียนมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากกว่าการปฏิบัติแบบดั้งเดิม (NRC, 2007 อ้างถึงใน Sampson et al., 2009: 42) เช่นเดียวกับหน่วยการเรียนรู้บูรณาการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสนใจของนักเรียนและช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการอ่าน การเขียนและการสื่อสาร ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ ได้พยายามตอบสนองต่อเป้าหมายดังกล่าวอย่างครบถ้วน นอกจากนี้เป้าหมายสำคัญของการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนนี้ยังรวมถึงการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) พัฒนาจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ (scientific habits of mind) วิธีการให้หลักฐานกับคำอธิบาย (provide evidence for explanations) และการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อพิจารณาทางเลือก (think critically about suggested alternatives) อีกทั้งส่งเสริมให้ครูพัฒนาการอ่านและการเขียนของนักเรียนซึ่งจะช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Sampson et al., 2009: 47)

3.5 ทฤษฎีที่สนับสนุนรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง

ทฤษฎีที่สนับสนุนรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง คือ ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ นักการศึกษาบางท่านอาจนำเสนอในลักษณะของแนวคิด ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 33) กล่าวสรุปว่า “แนวคิดโซเชียลคอนสตรักติวิสต์มีรากฐานมาจากปรัชญาสรรคนิยมที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ที่มีอยู่เดิม เช่นเดียวกับ Crowl et al. (1997: 69) ที่กล่าวว่า “แนวคิดโซเชียล คอนสตรักติวิสต์ยังคงมีพื้นฐานความเชื่อที่ว่าความรู้คือสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นได้เอง และเกิดขึ้นจากบริบททางสังคม วัฒนธรรม การสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น” ขณะที่ Kozulin and Presseisen (1995 อ้างถึงใน McInerney and McInerney, 2002: 45) ที่กล่าวสรุปว่า “Vygotsky ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาในสมัยเดียวกับ Piaget แต่มีความคิดเห็นแตกต่างกัน โดย Vygotsky ให้ความเห็นว่า การเรียนรู้ไม่ใช่กระบวนการที่โดดเดี่ยวดังเช่นทฤษฎีของ Piaget แต่เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมทางสังคม”

ตามแนวคิดนี้ มนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ซึ่งนอกจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติแล้ว ก็ยังมีสิ่งแวดล้อมทางสังคมซึ่งก็คือวัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้น ดังนั้นสถาบันทางสังคมต่างๆ เริ่มตั้งแต่สถาบันครอบครัวจะมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา

ของแต่ละบุคคล (ทิศนา แขมมณี, 2551: 91) และการทำความเข้าใจพัฒนาการของมนุษย์จะต้องเข้าใจวัฒนธรรมที่เด็กได้รับการอบรมเลี้ยงดู เพราะตั้งแต่แรกเกิด มนุษย์จะได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลงานของมนุษย์ คือ “วัฒนธรรม” ซึ่งวัฒนธรรมแต่ละวัฒนธรรมจะช่วยบ่งชี้ผลผลิตของพัฒนาการของเด็ก เป็นต้นว่าเด็กควรจะเรียนรู้อะไรบ้าง ควรมีความสามารถทางใดบ้าง (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544: 61)

นอกจากนี้ McInerney and McInerney (2002: 45) ได้ขยายความในประเด็นอิทธิพลของวัฒนธรรมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการรับรู้ของเด็ก โดยที่เด็กจะเกิดมาด้วยการรับรู้ที่มีขอบเขตกว้าง มีความสนใจและมีความจำอยู่แล้วระดับหนึ่ง และจะมีการเปลี่ยนแปลงตามบริบทของสังคมและการศึกษา โดยเฉพาะการใช้กลไกทางวัฒนธรรม ได้แก่ เครื่องมือ (tools) และเครื่องหมาย (sign) โครงสร้างทางสังคม (social structure) และระบบภาษา (language system) เพื่อสร้างรูปแบบเฉพาะของปัญญามนุษย์ กลไกทางวัฒนธรรมที่ Vygotsky กล่าวถึงนั้นมีความหมายและบทบาทในการพัฒนาการเรียนรู้ ดังนี้

1. เครื่องมือ (tools) และเครื่องหมาย (sign) เครื่องมือแสดงถึงผลผลิตทางวัฒนธรรม เช่น ระบบสัญลักษณ์ต่างๆ เป็นต้น มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ 2 ประการ ได้แก่ 1) เครื่องมือนั้นจะไปสู่วิธีการแสดงออกหรือการกระทำ และ 2) เครื่องมือแสดงบทบาทเป็นสิ่งสนับสนุนทางปัญญา ซึ่งจะทำให้ความรู้ขยายตัวไปสู่ขอบเขตที่เกี่ยวข้อง (McInerney and McInerney, 2002: 45) ส่วนเครื่องหมายเป็นสิ่งที่ใช้แทนวัตถุสิ่งของที่เป็นรูปธรรมหรือนามธรรม แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ 1) indexical sign หมายถึง เครื่องหมายที่แทนความสัมพันธ์แบบสาเหตุและผล เช่น ควันไฟเป็นเครื่องหมายของไฟ เป็นต้น 2) iconic sign หมายถึง เครื่องหมายที่เป็นภาพแทนความหมายสิ่งต่างๆ เช่น เครื่องหมายห้ามจอด เป็นต้น 3) symbolic sign หมายถึง เครื่องหมายที่เป็นสัญลักษณ์แทนสิ่งที่เป็นนามธรรม ช่วยในการคิด แก้ปัญหา เช่น ภาษา การใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544: 64)

2. โครงสร้างทางสังคม (social structure) และระบบภาษา (language system) โดยโครงสร้างทางสังคมแสดงถึงกลุ่มของครอบครัว สังคม การเมือง ศาสนาและองค์กร ขณะที่ระบบภาษาเป็นระบบสัญลักษณ์ทางศิลปะและดนตรี McInerney and McInerney (2002: 45) กล่าวว่า “เด็กนั้นถูกสังคมล้อมรอบด้วยวัฒนธรรม ทำให้เด็กเกิดรูปแบบของการพัฒนาทางปัญญาได้โดยตรง ดังนั้นการเรียนรู้มาจากการที่บุคคลรวบรวมกิจกรรมที่ได้ร่วมมือกับผู้อื่น การพัฒนาทางปัญญาไม่ได้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางปัญญา เพราะเราเป็นส่วนหนึ่งของสังคมและสังคมมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้” ขณะที่ Crowl et al. (1997: 69) กล่าวว่า “เด็กจะเริ่มเรียนรู้เกี่ยวกับโลกและใช้ภาษาในการสร้างมโนทัศน์เกี่ยวกับโลก กฎเกณฑ์และคุณค่าทางวัฒนธรรม

ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์กล่าวถึงการแบ่งระดับเขาวน์ปัญญา และพัฒนาการทางเขาน์ปัญญา สรุปได้ดังนี้

1. การแบ่งระดับของเชาวน์ปัญญา

Vygotsky (1978 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544: 62; Crowl et al., 1997: 70) ได้แบ่งระดับของเชาวน์ปัญญาออกเป็น 2 ขั้น คือ

1.1 ระดับเชาว์ปัญญาขั้นเบื้องต้น (elementary mental processes) หมายถึง เชาวน์ปัญญามูลฐานตามธรรมชาติโดยไม่ต้องเรียนรู้ และเป็นเชาว์ปัญญาที่เกิดขึ้นแบบอัตโนมัติและเป็นเชาวน์ปัญญาที่จำเป็นเพื่อการอยู่รอด เช่น เด็กสามารถดูดนม สามารถใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายจับต้อง สัมผัส ตรวจสอบสิ่งแวดล้อมรอบตัว สามารถช่วยเหลือตัวเองตามธรรมชาติ เช่น ใช้มือ เกาะเก้าอี้หรือม้านั่งเพื่อที่จะยืนได้ เป็นต้น

1.2 ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นสูง (higher mental processes) หมายถึง เชาวน์ปัญญาที่พัฒนาขึ้นโดยคุณค่าและความรู้จากสังคมและวัฒนธรรมที่เด็กได้รับ รวมทั้งการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใหญ่ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู การถ่ายทอดวัฒนธรรมให้โดยใช้ภาษา การที่เด็กจะเรียนรู้ภาษาหรือได้รับการถ่ายทอดวัฒนธรรมทางสังคมจะทำให้เด็กเรียนรู้ความคิดรวบยอดและสัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเข้าใจสิ่งแวดล้อม

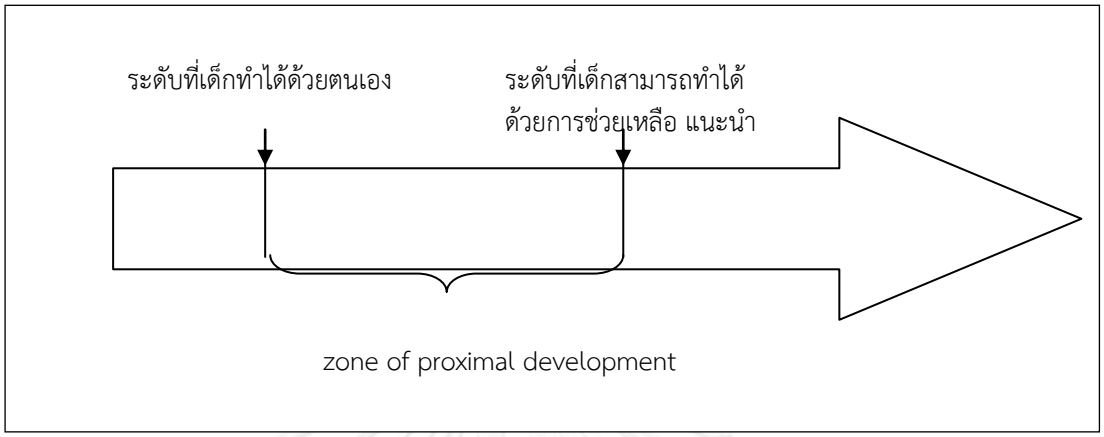
อย่างไรก็ตาม สุรางค์ โค้วตระกูล (2544: 62) แสดงทัศนะเกี่ยวกับการแบ่งระดับเชาวน์ปัญญาดังกล่าวว่า “แม้ว่า Vygotsky จะแบ่งระดับขั้นพัฒนาการของเชาวน์ปัญญาเป็นสองระดับ แต่ไม่ได้หมายความว่าทั้งสองระดับมีความแตกต่างกันอย่างเด็ดขาด เพียงแต่แตกต่างกันในเชิงคุณภาพ ไม่ได้แตกต่างกันในเชิงปริมาณ” ขณะที่ Crowl et al. (1997: 70) ให้ความเห็นว่า “ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นเบื้องต้นมีความจำเป็นต่อการอยู่รอดและเป็นพื้นฐานของการพัฒนาเชาวน์ปัญญาไปสู่ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นสูง”

2. พัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา

Vygotsky (1978 อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี, 2551: 92) อธิบายว่า “โดยปกติเมื่อมีการวัดพัฒนาการทางเชาน์ปัญญาของเด็ก มักจะใช้แบบทดสอบมาตรฐานในการวัดเพื่อดูว่าเด็กอยู่ในระดับใด โดยดูว่าสิ่งที่เด็กทำได้นั้นเป็นสิ่งที่เด็กในระดับอายุใดโดยทั่วไปสามารถทำได้ ดังนั้นผลการวัดจึงเป็นการบ่งบอกถึงสิ่งที่เด็กทำได้อยู่แล้ว คือเป็นระดับพัฒนาการที่เด็กบรรลุไปถึงแล้ว ดังนั้นข้อปฏิบัติที่ทำกันอยู่คือการสอนให้สอดคล้องกับพัฒนาการของเด็ก จึงเท่ากับเป็นการตอกย้ำให้เด็กอยู่ในพัฒนาการเดิม ไม่ได้ช่วยให้เด็กพัฒนาขึ้น แท้จริงแล้วเด็กทุกคนมีระดับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาที่ตนเป็นอยู่และมีระดับพัฒนาการที่ตนมีศักยภาพจะไปให้ถึงช่วงห่างระหว่างระดับที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับที่เด็กมีศักยภาพจะเจริญเติบโต เรียกว่า “zone of proximal development” หรือ “zone of proximal growth” ซึ่งช่วงห่างนี้จะมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล แนวคิดนี้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเกี่ยวกับการสอน ซึ่งเคยมีลักษณะเป็นเส้นตรงหรืออยู่ในแนวเดียวกัน เปลี่ยนแปลงไปเป็นอยู่ในลักษณะที่เหลื่อมล้ำกัน โดยการสอนจะต้องนำหน้าพัฒนาการเสมอ”

Vygotsky (1978: 86 อ้างถึงใน McInerney and McInerynеy, 2002: 46) ได้นิยาม Zone of Proximal Development ว่า “ระยะระหว่างระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่ใน

ปัจจุบันซึ่งเป็นศักยภาพที่เกิดจากการแก้ปัญหาได้ด้วยการแนะนำของผู้ใหญ่หรือด้วยการร่วมมือกับเพื่อน” จากนิยามดังกล่าว Crowl et al. (1997: 71) ได้สรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้



แผนภาพที่ 2 zone of proximal development (Crowl et al., 1997: 71)

นอกจากนี้ Vygotsky (1978: 86 อ้างถึงใน Crowl et al., 1997: 71) ได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับ zone of proximal development ว่า “ระยะห่างของการพัฒนานี้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของบุคคลและสถานการณ์ ดังเช่นการเปลี่ยนแปลงจากดอกไม้เปลี่ยนไปเป็นผลไม้” อย่างไรก็ตาม การที่เด็กจะเข้าถึงระดับที่เด็กมีศักยภาพจะพัฒนา หรือข้ามผ่าน zone of proximal development ผู้ใหญ่จำเป็นต้องให้ความช่วยเหลือและแนะนำ ซึ่ง Vygotsky ใช้คำว่า “scaffolded instruction” หรือ “scaffolding” โดยที่ผู้ใหญ่จะเป็นผู้ที่คอยแนะนำให้กับเด็กด้วยการกล่าวถึงเป้าหมายหรือผลที่ต้องการให้เกิดความกระจ่าง ดังเช่นนั่งร้านที่ค่อยๆ เคลื่อนที่ไป เป็นการส่งเสริมสนับสนุนและชี้แนะเพื่อให้เด็กพยายามแก้ปัญหาได้ในระดับที่เหนือกว่าความรู้ที่เด็กมีอยู่ในปัจจุบัน

หลักการพื้นฐานตามแนวคิดของ Vygotsky มี 4 ประการ ดังนี้ (บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์, (2551: 9)

1. เด็กเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นเอง
2. พัฒนาการทางปัญญาของเด็กแยกออกจากบริบททางสังคมไม่ได้
3. การเรียนรู้ทำให้เกิดการพัฒนาการได้
4. ภาษามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเครื่องมือทางปัญญา

จากหลักการพื้นฐานดังกล่าวข้างต้น นำมาสู่วิธีการสร้างเครื่องมือทางปัญญาโดยการใช้สื่อกลางที่เหมาะสมและใช้ภาษาเป็นเครื่องมือ ทำให้เกิดบริบททางสังคม

Gallimore and Trap (1990 อ้างถึงใน McInerney and McInerney, 2002: 47) สรุปพัฒนาการของเด็กที่ข้ามผ่าน zone of proximal development โดยแบ่งเป็น 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการแสดงออกด้วยการช่วยเหลือโดยผู้อื่นที่มีความสามารถในการพัฒนา เช่น พ่อ แม่ ครู และเพื่อน เป็นต้น

ขั้นที่ 2 ขั้นของการพึ่งพาที่น้อยลงและมีการแสดงออกที่เริ่มจากตนเอง โดยเด็กจะช่วยเหลือตนเองโดยใช้การพูดกับตัวเองโดยตรง การพูดกับตัวเองในสิ่งที่จะทำและเริ่มมีความรับผิดชอบต่อการชี้แนะตัวเอง (self-guidance) การควบคุมตนเอง (self-regulation) ต่อการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นการแสดงออกที่มีการพัฒนาแบบอัตโนมัติ ซึ่งในขั้นนี้การช่วยเหลือจากผู้อื่นและการสื่อสารกับตัวเองมีความจำเป็นอย่างมาก การแสดงออกในภาระงานของพัฒนาการในขั้นนี้จะมีความราบรื่น บูรณาการงานที่เกิดจากตนเองและมีความเป็นอัตโนมัติ

ขั้นที่ 4 ขั้นการแสดงออกของเด็กที่เข้าสู่ zone of proximal development อีกครั้ง คือเด็กเริ่มมีความเฉื่อยชาและต้องการความช่วยเหลือจากผู้อื่น

โดยสรุป ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์นั้นมีสาระสำคัญว่า “บุคคลสร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับบุคคลอื่น ความรู้เกิดขึ้นในขณะที่บุคคลมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองานตามบริบทของสังคมและวัฒนธรรม (sociocultural context) โดยอาศัยเครื่องมือ (tools) เครื่องหมาย (sign) โครงสร้างทางสังคม (social structure) และระบบภาษา (language system)”

3.6 ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง

ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ (Sampson et al., 2009: 43; Walker et al., 2010: 5-6)

1) การระบุภาระงาน (identification of the task) คือ การนำเข้าสู่ภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติเพื่อสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนด โดยครูต้องสร้างความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา จากนั้นจึงนำสู่การระบุภาระงานให้นักเรียน พร้อมกับการกำหนดและชี้แจงกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องทำ

2) การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล (generation and analysis of data) คือ การทำงานเป็นกลุ่มขนาดเล็กที่มีสมาชิกในกลุ่มประมาณ 3-4 คน เพื่อเก็บรวบรวม จัดกระทำวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวในการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว

3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (production of a tentative argument) คือ การให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวเพื่ออธิบายผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ แล้วเขียนลงในกระดาษหรือกระดาน โดยข้อโต้แย้งชั่วคราวนี้ คือ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อยืนยัน สาเหตุหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา 2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 3) การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา ข้อโต้แย้งดังกล่าวเป็นข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในกิจกรรมการโต้แย้ง

4) กิจกรรมการโต้แย้ง (argumentation session) คือ การโต้แย้งระหว่างกลุ่มทั้งห้องเรียน โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อโต้แย้งของปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบและมี

การโต้แย้งระหว่างกัน โดยมีขั้นตอน 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ครูกำหนดประเด็นการโต้แย้ง 2) ครูนิยามคำสำคัญของการโต้แย้งให้เข้าใจตรงกัน 3) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อโต้แย้ง 4) นักเรียนกลุ่มอื่นๆ แสดงความเห็นด้วยหรือขัดแย้งต่อข้อโต้แย้งที่นำเสนอ พร้อมให้เหตุผลประกอบ

5) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (write up investigation report) คือ การให้นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล ซึ่งเป็นรายงานที่กล่าวถึงจุดประสงค์ของการสำรวจตรวจสอบ อธิบายวิธีการสำรวจตรวจสอบพร้อมให้เหตุผลในการเลือกวิธีการดังกล่าว และเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบ

6) การตรวจสอบโดยเพื่อน (double-blind peer review) คือ การให้นักเรียนตรวจสอบและประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้เกณฑ์การประเมินที่กำหนดและมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback) โดยที่ครูเป็นผู้รวบรวมรายงานแล้วแจกกลับให้นักเรียนอย่างสุ่ม จำนวน 3-4 ผลงานต่อกลุ่ม พร้อมกับแจกเอกสารการตรวจสอบโดยเพื่อน (peer review sheet) ซึ่งประกอบด้วยแบบประเมินและเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของรายงาน จากนั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมติเพื่อประเมินรายงานที่ได้รับแจก

7) การปรับปรุงรายงาน (revision of the report) คือ การให้นักเรียนแก้ไขและปรับปรุงรายงานผลการสำรวจตรวจสอบตามคำแนะนำของเพื่อน จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน

3.7 เป้าหมายและวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง

คณะผู้วิจัยและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวได้อธิบายถึงเป้าหมายและวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (Sampson et al., 2009: 43-47)

1) การระบุภาระงาน (identification of the task) เป้าหมายสำคัญของขั้นตอนนี้คือ การสร้างความสนใจให้กับนักเรียน สร้างความเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์หรือความรู้เดิมกับเรื่องที่ศึกษา และเพื่อชี้แจงกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติ ขณะที่นักเรียนจะต้องจดจ่อและเริ่มคิดถึงประสบการณ์หรือความรู้ที่เคยเรียนมาเพื่อเชื่อมโยงกับหัวข้อที่กำลังจะเรียน Sampson et al. (2009: 43-47) แนะนำว่า ครูควรใช้คู่มือ (handout) เพื่อแนะนำการดำเนินการสำรวจตรวจสอบอย่างสรุป และใช้คำถามหรือนำเสนอปัญหาหรือภาระงานที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับหัวข้อเรื่องที่กำลังจะเรียน ซึ่งคู่มือที่ครูใช้นั้นต้องเป็นการรวบรวมข้อมูลสำคัญที่นักเรียนจะต้องใช้ในขั้นตอนต่อไป เช่น อุปกรณ์และวัสดุในการปฏิบัติการ เป็นต้น

2) การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล (generation and analysis of data) สำหรับขั้นตอนนี้เป็นการเริ่มการสำรวจตรวจสอบ โดยให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มแบบร่วมมือกัน (collaborative group) เพื่อร่วมกันคิดและพิจารณาถึงวิธีการแก้ปัญหา ครูควรให้นักเรียนเขียนโครงร่างเพื่อวางแผนการสำรวจตรวจสอบซึ่งเป็นการอธิบายถึงวิธีการที่นักเรียนจะดำเนินการ โดยเฉพาะกรณีที่การสำรวจตรวจสอบนั้นมีความซับซ้อนหรือต้องใช้สารเคมีที่มีอันตราย โดยครูอาจทำหน้าที่

ตรวจสอบวิธีการที่นักเรียนคิดเพื่อให้แน่ใจว่าการออกแบบดังกล่าวนั้นมีความสมบูรณ์และปลอดภัย เป้าหมายสำคัญของขั้นตอนนี้ นอกจากต้องการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาคำตอบหรือแก้ปัญหาด้วยตนเองแล้ว ยังเป็นการพัฒนาให้นักเรียนรู้จักวางแผน เก็บรวบรวมข้อมูล จัดกระทำวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลเชิงประจักษ์ที่น่าเชื่อถือและสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (production of a tentative argument) ในขั้นตอนนี้เป็นการให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวเพื่อใช้ในกิจกรรมการโต้แย้ง โดยข้อโต้แย้งนี้ คือ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะต้องมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล เป้าหมายสำคัญของขั้นตอนนี้ คือ การเน้นให้นักเรียนสนใจและเห็นความสำคัญของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องมีความเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่จะต้องมีความสามารถในการสนับสนุนคำอธิบายของตนเองด้วยหลักฐานและเหตุผล การเรียนการสอนในขั้นตอนนี้จึงนับเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้วิธีการตัดสินใจ รู้จักใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างเพียงพอและน่าเชื่อถือ เพื่อสนับสนุนคำอธิบาย ที่สำคัญยิ่งไปกว่านั้น ในขั้นนี้ยังช่วยให้ครูและนักเรียนสร้างความคิด หลักฐานและเหตุผลในเชิงประจักษ์ รู้จักการประเมินความคิดที่แข่งขันกัน รวมทั้งการพิจารณาคำอธิบายที่ไม่ถูกต้อง หรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีอยู่หรือกล่าวได้ว่าจะช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจต่อสิ่งที่ทำและมองเห็น

4) กิจกรรมการโต้แย้ง (argumentation session) สำหรับขั้นตอนนี้ นักเรียนจะมีโอกาสในการประเมินและปรับปรุงผลงานของการสำรวจตรวจสอบร่วมกันทั้งชั้นเรียนหรือเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ เป้าหมายของขั้นตอนนี้ Sampson et al. (2009: 44) ได้กล่าวถึงผลการวิจัยที่ผ่านมาที่ชี้ให้เห็นว่า “นักเรียนนั้นเรียนรู้ได้มากขึ้น หากได้แสดงความคิดเห็นกับผู้อื่น มีการตอบสนองต่อคำถามของเพื่อนหรือได้รับความท้าทายบางประการ มีการสื่อสารข้อกล่าวอ้างในมุมมองของตนเองและมีการประเมินข้อดีของความคิดที่แข่งขันกัน ซึ่งเป็นการช่วยให้ครูสามารถประเมินกระบวนการคิดของนักเรียนได้”

5) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (write up investigation report) สำหรับขั้นตอนนี้ เป็นการนำการเขียนเข้ามาใช้จัดการเรียนการสอน เนื่องจากการเขียนมีความสำคัญในประเด็นที่ว่า การเขียนเป็นส่วนหนึ่งของการทำงานแบบวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ต้องมีความสามารถในการอ่านและทำความเข้าใจงานเขียนของผู้อื่น สามารถประเมินคุณค่าและแลกเปลี่ยนผลของงานวิจัยของตนเองด้วยการเขียน ดังนั้น การเขียนจึงเป็นการให้นักเรียนได้สื่อสารความคิดที่ชัดเจนและกระชับ นับเป็นการกระตุ้นเมตาคอกนิชั่น ตลอดจนพัฒนาความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาสาระของบทเรียน นอกจากนี้ Sampson et al. (2009: 44) เสนอว่า “รายงานที่นักเรียนเขียนในขั้นนี้ เป็นรายงานที่ให้นักเรียนได้อธิบายถึงสิ่งที่ทำและกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดว่ารู้อะไร (what they know) รู้ได้อย่างไร (how they know it) และเพราะเหตุใดจึงเชื่อสิ่งนั้น (why they believe it) เรียกรายงานนี้ว่า “รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (investigation report)” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนตอบคำถาม 3 ข้อ ได้แก่ 1) วัตถุประสงค์ของการศึกษาคืออะไรและเพราะเหตุใด 2) วิธีการปฏิบัติของนักเรียนเป็นอย่างไร และเพราะเหตุใดจึงปฏิบัติเช่นนั้น และ 3) ข้อโต้แย้งของนักเรียนกล่าวว่าอย่างไร”

6) การตรวจสอบโดยเพื่อน (double-blind peer review) หลังจากที่นักเรียนผ่านขั้นตอนที่ 5 มาแล้วให้ครูรวบรวมแล้วแจกกลับให้นักเรียนอย่างสุ่มจำนวน 3-4 ผลงานต่อกลุ่ม พร้อมกับแจกเอกสารการตรวจสอบโดยเพื่อน ซึ่งประกอบด้วยเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของรายงานและการให้ข้อมูลย้อนกลับ เป้าหมายของกิจกรรมนี้คือ การกระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาและใช้มาตรฐานที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพของรายงาน นอกจากนี้ ภายในกลุ่มยังสามารถร่วมกันอภิปรายถึงความถูกต้องของข้อกล่าวอ้าง และการอธิบายเหตุผลของรายงานที่ได้รับการตรวจสอบว่าดีหรือจำเป็นต้องปรับปรุง จึงนับเป็นการส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่ม เพราะต้องมีการลงมติร่วมกัน ผลจากกิจกรรมในขั้นตอนนี้ คือ นักเรียนจะเริ่มยอมรับเกณฑ์ที่เข้มงวดสำหรับการประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงเรียนรู้คุณค่าของการตรวจสอบโดยเพื่อนในสังคมวิทยาศาสตร์และสังคมแห่งการเรียนรู้

7) การปรับปรุงรายงาน (revision of the report) หลังจากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนแล้ว ครูจะเป็นผู้ให้คะแนนรายงาน จากนั้นจะส่งรายงานที่ผ่านการตรวจสอบถึง 2 ครั้ง คือจากเพื่อนและจากครู คืนกลับให้ผู้เขียนรายงาน เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนและปรับปรุงรายงานใหม่ตามคำแนะนำหรือการตอบกลับของเพื่อน เป้าหมายของกิจกรรมในขั้นนี้เพื่อทำให้กิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนนั้นมีความหมายยิ่งขึ้น อีกทั้งการปรับปรุงใหม่ มีความสำคัญและเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาการเขียนบนพื้นฐานของข้อมูลที่ให้ย้อนกลับมาโดยไม่มีการลงโทษ อันเป็นการปรับปรุงเพื่อสร้างผลงานสุดท้ายให้ได้คุณภาพสูงสุด และเมื่อมีการปรับปรุงแล้วให้นักเรียนส่งรายงาน เพื่อให้ครูตรวจให้คะแนน หลังจากที่มีการตรวจให้คะแนนแล้ว ครูต้องทำหน้าที่สะท้อนผลการประเมินด้วยการให้นักเรียนได้พูดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้ศึกษาผ่านมา เพื่อให้นักเรียนร่วมกันทบทวน ตรวจสอบผลการศึกษา อีกทั้งครูยังสามารถตรวจสอบมโนทัศน์ที่ผิดและสามารถแก้ไขให้ถูกต้อง

3.8 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง มีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน 7 ขั้นตอน ซึ่งบทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (Sampson et al., 2009: 43-47)

1) การระบุภาระงาน (identification of the task) เป็นขั้นตอนที่มีการระบุภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติ บทบาทของครูจึงต้องกระตุ้นความสนใจในเรื่อง หัวข้อหรือประเด็นปัญหา และต้องเชื่อมโยงประสบการณ์หรือความรู้เดิมกับเรื่องที่นำเสนอในปัจจุบัน Sampson et al. (2009: 43-47) แนะนำเทคนิคที่ครูอาจใช้ในขั้นตอนนี้ เช่น การใช้คำถาม การนำเสนอปัญหาที่น่าสนใจ การระบุภาระงานที่ครูกำหนดให้นักเรียนทำ เป็นต้น นอกจากนี้ครูอาจทำคู่มือแนะนำ โดยคู่มือนั้นต้องมีข้อมูลสำคัญที่นักเรียนจะใช้ในขั้นตอนต่อไป เช่น วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการปฏิบัติการ เป็นต้น ขณะที่นักเรียนควรจดจ่ออยู่กับหัวข้อหรือประเด็นที่ครูนำเสนอและเริ่มคิด

ระลึกถึงประสบการณ์หรือความรู้ที่เคยเรียนผ่านมา เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ปัญหา

2) การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล (generation and analysis of data) สำหรับขั้นตอนนี้เป็นการให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบด้วยการทำงานเป็นกลุ่มแบบร่วมมือกัน ดังนั้นบทบาทของนักเรียนจึงทำหน้าที่ดำเนินการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง โดยเป็นผู้คิด วางแผนออกแบบ พิจารณาถึงวิธีการสำรวจตรวจสอบและดำเนินการตามแผนงานที่วางไว้จนสำเร็จ เมื่อได้ข้อมูลแล้ว นักเรียนต้องจัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล เพื่อนำสู่การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว สำหรับบทบาทของครูนั้นทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียน ครูอาจมีการแนะนำบ้างเพื่อช่วยนักเรียนในตอนเริ่มต้นคิดแก้ปัญหา นอกจากนี้ Sampson et al. (2009: 44) แนะนำว่าระหว่างที่นักเรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบนั้น ครูจำเป็นต้องเดินตรวจตรานักเรียนทุกกลุ่มและเป็นแหล่งข้อมูลประเภทบุคคลสำหรับนักเรียน ครูต้องกำกับนักเรียนให้คิดพิจารณาสิ่งที่ทำอย่างมีเหตุผล โดยอาจใช้คำถามกระตุ้น เช่น “นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าข้อมูลนั้นมีความเที่ยงตรง” นักเรียนคิดว่าจำเป็นต้องคำนวณเพิ่มเติมอีกหรือไม่” ข้อมูลนั้นเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่” เป็นต้น

3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (production of a tentative argument) บทบาทสำคัญในขั้นตอนนี้คือ นักเรียนร่วมกันสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยเขียนลงในวัสดุขนาดใหญ่ เช่น กระดาน เป็นต้น เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มมีส่วนร่วมอย่างทั่วถึง นักเรียนควรให้ความสนใจกับความสำคัญของข้อโต้แย้งและพยายามสร้างความเข้าใจว่า นักวิทยาศาสตร์ต้องมีความสามารถในการสนับสนุนคำอธิบายของตนเองด้วยหลักฐานและเหตุผล ขณะที่ครูมีบทบาทเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ โดยเน้นให้เห็นความสำคัญของหลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

4) กิจกรรมการโต้แย้ง (argumentation session) ในขั้นตอนนี้ นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการนำเสนอข้อโต้แย้งของกลุ่มต่อเพื่อนร่วมชั้นเรียน โดยนักเรียนพูดคุย อภิปราย เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในประเด็นเดียวกัน แต่หลากหลายมุมมอง โดยคณะผู้วิจัยแนะนำให้ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือของ Kagan คือ A Round-Robin Format ซึ่งจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พูดครบทุกคน ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนได้เป็นอย่างดี ขณะที่ครูมีบทบาทเป็นผู้นำการโต้แย้ง โดยเริ่มจากการกำหนดประเด็นการโต้แย้ง นิยามคำศัพท์สำคัญที่ใช้ในการโต้แย้งเพื่อให้ทุกกลุ่มเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน จัดการและควบคุมเวลาในการโต้แย้ง นอกจากนี้ ขณะที่นักเรียนโต้แย้งครูยังสามารถประเมินกระบวนการคิดของนักเรียนได้ในระดับหนึ่งด้วย

5) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (write up investigation report) เมื่อผ่านกระบวนการโต้แย้งแล้ว นักเรียนจะต้องเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล โดยนักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ประเมินความคิด และเขียนรายงานเพื่อสื่อสารความคิดของตนเอง ส่วนครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและกระตุ้นให้นักเรียนเขียนรายงานที่แสดงถึงความรู้และกระบวนการสำรวจตรวจสอบ

6) การตรวจสอบโดยเพื่อน (double-blind peer review) สำหรับกิจกรรมการเรียนการสอน ในขั้นตอนนี้นักเรียนมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง เพราะนักเรียนต้องรับผิดชอบในการประเมิน ตรวจสอบการทำงานของเพื่อน และต้องให้ข้อมูลย้อนกลับอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพของรายงาน และนับเป็นการปลูกฝังให้นักเรียนเริ่มยอมรับเกณฑ์ที่เข้มงวดทางวิทยาศาสตร์ เพราะนักเรียนต้องประเมินรายงานของเพื่อนตามเกณฑ์ที่ครูกำหนด ส่วนบทบาทของครู คือ เป็นผู้ควบคุมและดำเนินกิจกรรม กล่าวคือ ครูมีหน้าที่แจกรายงานที่รวบรวมได้ทั้งหมดแบบสุ่มให้นักเรียนได้ตรวจสอบ และชี้ให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการตรวจสอบโดยเพื่อนว่าเป็นกิจกรรมที่มีคุณค่าต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

7) การปรับปรุงรายงาน (revision of the report) หลังจากการตรวจสอบโดยเพื่อนแล้ว ครูต้องเป็นผู้นำในการอภิปรายและสะท้อนผลในห้องเรียนด้วยการใช้วิธีการพูดคุยเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้ศึกษาผ่านมา หรือการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน ถามเพื่อให้นักเรียนประเมินเกี่ยวกับสิ่งที่ถูกต้องหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง ซึ่งในช่วงเวลานี้หากนักเรียนเกิดความเข้าใจผิดหรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ครูสามารถช่วยแก้ไขได้ทันที ส่วนนักเรียนมีหน้าที่ปรับปรุง แก้ไขรายงานตามคำแนะนำหรือการประเมินจากเพื่อนเพื่อให้รายงานมีคุณภาพมากขึ้น ดังนั้น นักเรียนต้องนำคำแนะนำเหล่านั้นมาใช้ในการปรับปรุงรายงานของตนเอง แล้วเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบใหม่ เพื่อส่งให้ครูตรวจให้คะแนนรายงานที่นักเรียนปรับปรุงแล้วต่อไป

บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง สรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 2 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. การระบุภาระงาน คือ การสร้างความสนใจ การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับเรื่องที่ศึกษา และระบุภาระงานให้กับนักเรียน	1) กระตุ้นความสนใจในเรื่องหัวข้อหรือประเด็นปัญหา 2) เชื่อมโยงประสบการณ์หรือความรู้เดิมกับเรื่องที่ศึกษา 3) ระบุภาระงานให้กับนักเรียน 4) จัดทำคู่มือสำหรับแนะนำหัวข้อหรือประเด็นปัญหา	1) คิดจดจ่อกับหัวข้อหรือประเด็นปัญหาที่ครูนำเสนอ 2) ระลึกถึงประสบการณ์หรือความรู้เดิมเพื่อเชื่อมโยงกับเรื่องที่นำเสนอในปัจจุบัน
2. การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล คือ การทำงานเป็นกลุ่มเพื่อเก็บรวบรวม จัดกระทำ วิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลอง หรือสำรวจตรวจสอบ	1) อำนวยความสะดวกในการจัดวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียน 2) เดินตรวจตรานักเรียนทุกกลุ่ม 3) เป็นแหล่งข้อมูลประเภทบุคคลสำหรับนักเรียน 4) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดพิจารณาสิ่งที่ทำอย่างมีเหตุผล	1) คิด พิจารณา วางแผน และออกแบบวิธีดำเนินการสำรวจตรวจสอบ 2) ดำเนินการสำรวจตรวจสอบด้วยการทำงานเป็นกลุ่มขนาดเล็ก 3) จัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
3. การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว คือ การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล	1) ให้คำแนะนำในการสร้างข้อโต้แย้ง 2) ชี้ให้เห็นความสำคัญของหลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	1) สร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้างหลักฐานและการให้เหตุผล 2) ร่วมกันเขียนข้อโต้แย้งลงในกระดาษหรือกระดาน
4. กิจกรรมการโต้แย้ง คือ การจัดให้มีการโต้แย้งทั้งห้องเรียน ด้วยการให้นักเรียนโต้แย้งระหว่างกลุ่ม	1) กำหนดประเด็นและนิยามคำสำคัญในการโต้แย้ง 2) เป็นผู้นำการอภิปราย จัดการและควบคุมเวลาสำหรับการโต้แย้ง	1) นำเสนอข้อโต้แย้งต่อเพื่อนร่วมชั้นเรียน 2) แสดงทัศนะต่อข้อโต้แย้งที่นำเสนอพร้อมให้เหตุผลประกอบ
5. การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ คือ การให้นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล	1) กระตุ้นให้นักเรียนเขียนรายงานที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจและกระบวนการที่ได้ปฏิบัติ	1) เป็นผู้ประเมินความคิดที่ได้จากกิจกรรมการโต้แย้ง 2) เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง เพื่อสื่อสารความคิดของตนเอง
6. การตรวจสอบโดยเพื่อน คือ การตรวจสอบและประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของเพื่อน ตามเกณฑ์ที่กำหนดและมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ	1) กำหนดเกณฑ์สำหรับการประเมินคุณภาพของรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ 2) อำนวยความสะดวกในกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน เช่น การแจกรายงานให้กับนักเรียน เป็นต้น 3) ชี้ให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการตรวจสอบโดยเพื่อนว่า เป็นกิจกรรมที่มีคุณค่าต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1) ประเมิน ตรวจสอบรายงานของเพื่อน ตามเกณฑ์ที่กำหนด 2) ให้ข้อมูลย้อนกลับ ในด้านคุณภาพของรายงานที่ควรปรับปรุง
7. การปรับปรุงรายงาน คือ การแก้ไข ปรับปรุงรายงานตามคำแนะนำของเพื่อน	1) เป็นผู้นำในการอภิปรายและสะท้อนผลให้กับนักเรียน 2) ใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของนักเรียน 3) แก้ไขมโนทัศน์ที่ผิดของนักเรียน	1) ปรับปรุง แก้ไขรายงานตามคำแนะนำหรือการประเมินจากเพื่อน 2) เขียนรายงานใหม่ตามคำแนะนำหรือผลการประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning) มีประเด็นที่นำเสนอ 6 ประเด็น ได้แก่ 4.1 ความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 4.2 ความหมายของแบบจำลองและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 4.3 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 4.4 การใช้แบบจำลองในการสอนวิทยาศาสตร์ 4.5 ทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และ 4.6 แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ความสำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญในด้านการคิดและการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแบบจำลองช่วยส่งเสริมการสำรวจตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ (Harrison and Treagust, 2000: 1011-1012) แบบจำลองมีความสำคัญในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ทั้งในด้านการตั้งสมมติฐาน และการบรรยายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Gilbert, 1995 อ้างถึงใน Gobert and Buckley, 2000: 891) โดย Justi and Gilbert (2002: 369-387) ได้สรุปบทบาทที่สำคัญของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

(1) เป็นตัวแทนของเอกลักษณ์ในการบรรยายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น
(2) ทำให้เอกลักษณ์ที่มีความเป็นนามธรรมมีความชัดเจนมากขึ้น
(3) เป็นพื้นฐานสำหรับการแปลความหมายจากผลการทดลอง
(4) ทำให้คำอธิบายได้รับการพัฒนา
(5) เป็นพื้นฐานที่ใช้สำหรับการทำนาย

ตัวอย่างผลงานทางวิทยาศาสตร์ที่อธิบายด้วยแบบจำลอง เช่น แบบจำลองโครงสร้างสายดีเอ็นเอของ Watson และ Crick (Harrison and Treagust, 2000: 1012) แบบจำลองอะตอมของ Rutherford การเขียนแผนภาพทิศทางการไหลของของเหลวแทนการไหลของกระแสไฟฟ้าของ Volta และ Ampere (Stavy, 1991 อ้างถึงใน Coll., 2005: 184-185) และแบบจำลองของคลื่นและอนุภาคที่ใช้อธิบายธรรมชาติการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Rutherford, 2000: 255) เป็นต้น จะเห็นได้ว่า แบบจำลองนั้นมีความสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยแบบจำลองเป็นทั้งผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในการเรียนรู้และการสอน (Gilbert, 1993: 9-10 อ้างถึงใน Harrison and Treagust, 2000: 1011)

ในด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้งแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองมีความสำคัญในการช่วยขับเคลื่อนการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองได้ถูกพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) (Gilbert, 1995 อ้างถึงใน Gobert and Buckley, 2000: 891) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Schwarz and White (2005) ที่

ให้ข้อสรุปไว้ว่า “นักเรียนควรรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองเพื่อที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์” โดยแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีวัตถุประสงค์หลัก (Hodson, 1992 อ้างถึงใน Justi and Gilbert, 2002: 370) สรุปได้ดังนี้

(1) เพื่อเป็นการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยรู้ธรรมชาติ ขอบเขต และข้อจำกัดที่สำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

(2) เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนควรเกิดความซาบซึ้งกับบทบาทของแบบจำลองในการสนับสนุนและการเผยแพร่ของผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ได้

(3) เพื่อเรียนรู้การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถสร้าง แสดง และทดสอบแบบจำลองของตนเองได้

จากการให้ความสำคัญของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จะมีส่วนช่วยเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการแสวงหาความรู้อย่างนักวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Schwarz et al. (2009) ได้กล่าวถึงประโยชน์ที่เกิดจากการให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

(1) การสร้างแบบจำลองเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์

(2) แบบจำลองทำให้ความคิดของนักเรียนมีความชัดเจนและเป็นประโยชน์สำหรับการสร้างและสื่อสารความเข้าใจ

(3) การสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจในเนื้อหาสาระ วิธีการการให้เหตุผล และการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เกิดการสำรวจ ตรวจสอบการสร้างความเข้าใจ และอธิบายความรู้ในปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีส่วนสำคัญในการช่วยให้นักเรียนปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ ฝึกกระบวนการทางความคิดตามแนวทางการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2 ความหมายของแบบจำลองและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของแบบจำลองและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

4.2.1 ความหมายของแบบจำลอง

แบบจำลอง เป็นคำที่แปลจากภาษาอังกฤษคำว่า model ทั้งนี้ได้มีผู้ให้คำแปลภาษาไทยตามสาขาวิชา และลักษณะของการนำเสนออย่างหลากหลายโดยใช้คำว่า โมเดล

แบบจำลอง หุ่นจำลอง รูปแบบ ต้นแบบ ตุ๊กตา แบบแผน ตัวแบบ ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายของคำว่า แบบจำลอง ไว้ดังนี้

Good (1959: 350) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง สิ่งที่มีรูปทรงสามมิติ และสิ่งที่แสดงกระบวนการ

Schuring (1977: 3) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง มโนคติ (ideas) ภาพ (images) มโนทัศน์ (concepts) อุปมา (analogies) และการพรรณนาทางคณิตศาสตร์ (mathematical description)

NSTA (1995 อ้างถึงใน Halloun, 2006: 23) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนในลักษณะของภาพหรือคณิตศาสตร์เพื่อการพรรณาหรือทำความเข้าใจ ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎี กฎ เอกลักษณ์ทางกายภาพ โครงสร้างสิ่งมีชีวิต หรือบางส่วนของโครงสร้างสิ่งมีชีวิต

Gilbert et al. (2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของแนวคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการหรือระบบ

Harrison and Treagust (2000 อ้างถึงใน Davis et al., 2009) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง การใช้รูปร่าง และแบบแผนที่เสมือนจริงแสดงลักษณะของระบบซึ่งทำให้ลักษณะที่สำคัญมีความเด่นชัดและมองเห็นได้ เพื่อสร้างความเข้าใจ ก่อให้เกิดคำอธิบาย หรือการทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางกายภาพ

Frigg และ Hartmann (2006: online) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง สื่อที่เป็นวัสดุ (physical objects) วัสดุที่ประดิษฐ์ขึ้น โครงสร้างของทฤษฎี ภาพร่าง สมดุลสมการ หรือการผสมผสานกัน

National Science Education Standard (อ้างถึงใน Baumann et al., 2007: 4) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง ร่างแบบแผน หรือโครงสร้างซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุจริง เหตุการณ์ หรือเหตุการณ์ในชั้นเรียน และมีประสิทธิภาพในการอธิบาย

โดยสรุป แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่ใช้อธิบายมโนทัศน์ หลักการ กฎ และทฤษฎี โดยนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เช่น รูปทรงสามมิติ ภาพ สมการ เป็นต้น

Chulalongkorn University

4.2.2 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific model) มีนักวิชาการและหน่วยงานต่างๆ ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

Hestenes (1996: 8) กล่าวว่าแบบจำลองหมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของโครงสร้างในระบบทางกายภาพ และ/หรือสมบัติของระบบทางกายภาพ

MUSE (2002: online) ได้กล่าวถึงความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า หมายถึง แนวคิดง่ายๆ ที่ช่วยสร้างการอธิบาย (create explanations) ในสิ่งที่เราคิดเกี่ยวกับการทำงานของโลก (world works)

National Center for Mathematics and Science (NCMS) (2002: online) ได้กล่าวถึงความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า หมายถึง แนวคิด หรือการสร้างแนวคิดที่อธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้อง

Halloun (2006: 24) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง การจัดระบบทางมโนทัศน์ภายในบริบทของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไปยังแบบแผนของโครงสร้างและลักษณะของระบบทางกายภาพที่เฉพาะเจาะจง

โดยสรุป แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวคิดที่ช่วยในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติให้เห็นเป็นรูปธรรม

4.3 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองนั้น อาจจะแบ่งออกได้หลายประเภทตามความมุ่งหมายของแบบจำลองนั้นๆ ซึ่งแต่ละประเภทมีความเกี่ยวเนื่องกัน ดังนี้

Grosslight et al. (1991) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ 4 แบบ สรุปได้ดังนี้

1. วัตถุและตัวบุคคล (object and people) คือ การใช้วัสดุที่เป็น 3 มิติหรือคน เช่น แบบจำลองของเล่น แบบจำลองทางสถาปัตยกรรม แบบจำลองบทบาทสมมติ เป็นต้น
2. แผนภาพ (visual) คือ การใช้ภาพวาดที่เป็น 2 มิติ หรือ 3 มิติ ที่แสดงในคอมพิวเตอร์ เช่น ภาพวาด แผนผัง กราฟ แผนที่ พิมพ์เขียว เป็นต้น
3. ภาษา (verbal) คือ การพูดหรือการเขียน เช่น การเรียนการสอน เป็นต้น

4. นามธรรม (abstract) คือ การเป็นตัวแทนของแนวคิด เช่น แบบบจำลองทางทฤษฎี แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

Keeves (1997 อ้างถึงในอุทุมพร จามรมาน, 2541: 23-35; ทิศนา แขมมณี, 2551: 220-221) ได้จำแนกแบบจำลองที่อยู่ในขอบข่ายของการวิจัยออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ (analogue models) ความคิดที่แสดงออกในลักษณะของการเปรียบเทียบสิ่งต่างๆ อย่างน้อย 2 สิ่งขึ้นไป แบบจำลองที่ใช้หลักตรรกะเป็นหลัก แบบจำลองลักษณะนี้ใช้กันมากทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ สังคมศาสตร์ และพฤติกรรมศาสตร์

2. แบบจำลองเชิงภาษา (semantic models) ความคิดที่แสดงออกผ่านทางการใช้ภาษา (พูดและเขียน) ดังนั้น แบบจำลองนี้จึงขึ้นอยู่กับความชัดเจนของภาษาที่บรรยาย และวิธีบรรยาย แบบจำลองลักษณะนี้ใช้กันมากทางด้านศึกษาศาสตร์

3. แบบจำลองเชิงแผนผัง (schematic models) แบบจำลองที่ใช้แผนภูมิ หรือแผนที่ ตลอดจนความเชื่อมโยงกันเป็นหลัก

4. แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical models) ความคิดที่แสดงออกผ่านทางสูตรคณิตศาสตร์ ซึ่งส่วนมากจะเกิดขึ้นหลังจากได้รูปแบบเชิงภาษาแล้ว แบบจำลองที่เขียนความสัมพันธ์ในรูปสูตร หรือสมการทางคณิตศาสตร์

5. แบบจำลองเชิงสาเหตุ (casual models) ความคิดที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต่างๆ ของสถานการณ์/ ปัญหาใดๆ แบบจำลองลักษณะนี้ใช้กันมากทางด้านศึกษาศาสตร์ แบบจำลองประเภทนี้ได้มีการพัฒนาเทคนิคทางสถิติ ตลอดจนโปรแกรมคอมพิวเตอร์รองรับการตรวจสอบ ซึ่งเริ่มได้รับความสนใจในช่วงหลัง ค.ศ. 1970 และเพิ่มความสำคัญแก่วงการวิจัยมากขึ้น

Dolin (2002: อ้างถึงใน Guttersrd, 2007) ได้ระบุประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ 5 แบบ ดังนี้

1. แบบจำลองที่ใช้ภาพวาด (pictorial model) คือ การแสดงความเข้าใจในลักษณะของภาพวาด สัญลักษณ์ แผนผัง หรือรูป

2. แบบจำลองที่ใช้ในการทดลอง (experimental model) คือ การแสดงความเข้าใจการออกแบบวิธีการและอุปกรณ์ในการทดลอง ในลักษณะของรูป สัญลักษณ์ หรือข้อความ

3. แบบจำลองที่ใช้กราฟ (graphical model) คือ การแสดงความเข้าใจของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในลักษณะของกราฟที่เป็นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์

4. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) คือ การแสดงความเข้าใจในลักษณะของสมการ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรและค่าคงที่ทางคณิตศาสตร์

5. แบบจำลองแสดงมโนทัศน์ (conceptual model) คือ การแสดงความเข้าใจในลักษณะการเขียนบรรยายหรือพูดโดยสรุปเป็นมโนทัศน์ จากผลการสำรวจตรวจสอบหรือข้อมูลจากการทดลอง

Gilbert (2004) ได้จำแนกแบบจำลองออกเป็น 5 ประเภท คือ

1. แบบจำลองทางความคิด (mental model) คือแบบจำลองเฉพาะของบุคคลที่สร้างขึ้นโดยบุคคลนั้นและอยู่ภายในความคิดของบุคคลนั้น

2. แบบจำลองที่แสดงออก (express model) คือ การเป็นตัวแทนของแบบจำลองทางความคิด เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้

3. แบบจำลองที่เป็นมติ (consensus model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ศึกษาเรื่องนั้นๆ

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

5. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (historical model) เป็นแบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ Gilbert (2004) ได้กล่าวถึงประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยแบ่งตามการเป็นตัวแทนของลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองเป็น 5 ลักษณะ ซึ่งแต่ละลักษณะสามารถใช้ร่วมกันได้ดังนี้

1. ลักษณะที่เป็นวัตถุ (concrete model) คือ การใช้วัสดุที่เป็น 3 มิติ และทำจากวัสดุที่คงทน เช่น แบบจำลองแรงยึดเหนี่ยวไอออนที่ทำจากพลาสติก แบบจำลองระบบไหลเวียนโลหิตของมนุษย์ที่ทำจากพลาสติกผสมสี แบบจำลองปีกเครื่องบินที่ทำจากโลหะ เป็นต้น

2. ลักษณะที่เป็นภาษา (verbal model) คือ การพูดหรือการเขียนที่ประกอบด้วยการพรรณนาเกี่ยวกับเอกลักษณ์และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่แสดงแทน เช่น การแสดงธรรมชาติของโครงสร้างโมเลกุล เส้นเลือดดำและเส้นเลือดแดง เป็นต้น

3. ลักษณะที่เป็นสัญลักษณ์ (symbolic model) คือ การใช้ชุดของตัวเลขหรือตัวอักษรที่แสดงข้อตกลงทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ สมการทางเคมี และการแสดงสมการทางคณิตศาสตร์ เช่น กฎของแก๊ส กฎของอัตราการเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น

4. ลักษณะที่เป็นภาพ (visual model) คือ การใช้กราฟ แผนผัง แผนภาพที่เป็น 2 มิติ และภาพเคลื่อนไหว เช่น แผนผังแสดงโครงสร้างทางเคมี เป็นต้น

5. ลักษณะที่เป็นการเคลื่อนไหว (gestural model) คือ การใช้ร่างกายหรือส่วนหนึ่งของร่างกาย เช่น นักเรียนเคลื่อนที่เพื่อแสดงแทนการเคลื่อนที่ของไอออนในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลต์ เป็นต้น

Frigg และ Hartmann (2006: online) ได้จำแนกประเภทแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ตามรูปแบบการนำเสนอ คือ 1. แบบจำลองนำเสนอปรากฏการณ์ และ 2. แบบจำลองของข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. แบบจำลองนำเสนอปรากฏการณ์ (models of phenomena)

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากนำเสนอปรากฏการณ์ ซึ่งแสดงประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ (scientific point) ให้เห็นภาพที่ชัดเจน ตัวอย่างเช่น แบบจำลองอะตอมของ Bohr แบบจำลองดีเอ็นเอ (DNA) แบบจำลองบรรยากาศของ Lorenz เป็นต้น โดยแบบจำลองประเภทนี้แบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) แบบจำลองมาตราส่วน (scale models) เป็นแบบจำลองพื้นฐาน ซึ่งคัดลอกจากเป้าหมาย (target system) อาจมีขนาดเล็ก หรือใหญ่กว่าก็ได้ ตัวอย่างเช่น แบบจำลองรถทำจากไม้ แบบจำลองสะพาน เป็นต้น แบบจำลองประเภทนี้เป็นรูปจำลองที่เหมือนจริง หรือสะท้อนภาพของเป้าหมาย เรียกอีกอย่างว่า แบบจำลองเหมือนจริง (true models)

2) แบบจำลองแนวคิด (idealized models) เป็นแบบจำลองที่นำเสนอสิ่งที่ซับซ้อนให้ดูง่ายขึ้น เช่น สูตรของการทำนายการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อเคลื่อนที่ลง (frictionless plane) รอกระบบโดดเดี่ยว (isolated system) จุดมวล (point mass) ความเร็วแสง (infinite velocity) เป็นต้น

3) แบบจำลองเปรียบเทียบ (analogical models) เป็นแบบจำลองเปรียบเทียบปรากฏการณ์ การเปรียบเทียบอยู่บนพื้นฐานของสิ่งที่เหมือนหรือคล้ายกันของความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ระบบ จากข้อเท็จจริง สมบัติของวัตถุ หรือระบบนั้น เช่น การเปรียบเทียบโลกและดวงจันทร์โดยพิจารณาจากขนาด ความแข็ง รูปร่างทรงกลม การได้รับความร้อนกับแสงสว่างที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ แรงโน้มถ่วง ตัวอย่างแบบจำลอง เช่น แบบจำลองอะตอมของแก๊สแบบลูกบิลเลียต เป็นต้น

4) แบบจำลองปรากฏการณ์ (phenomenological models) เป็นแบบจำลองที่บ่งชี้ความแตกต่าง ความสัมพันธ์ ทิศทาง ทั้งสิ่งที่สังเกตได้ และกลไกภายใน แบบจำลองนี้ได้มาจากทฤษฎี หลักการ และกฎที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี เช่น แบบจำลองหยดน้ำของนิวเคลียสในอะตอม (liquid drop model of the atomic nucleus) นำเสนอภาพของนิวเคลียสในปรากฏการณ์ของหยดน้ำ และรายละเอียดต่างๆ เช่น แรงตึงผิว และประจุ เป็นต้น รวมไปถึงทฤษฎีอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อุทกพลศาสตร์ และ พลศาสตร์ไฟฟ้า

2. แบบจำลองของข้อมูล (models of data)

เป็นแบบจำลองแสดงข้อมูลดิบที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้องและได้รับการแก้ไข โดยลากเส้นปรับเรียบ (smooth curve) กะประมาณความคลาดเคลื่อนผ่านจุดที่บันทึก (set of points) ปรับลดขนาดของข้อมูลเพื่อให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสม (data reduction) และ การปรับเส้นโค้ง (curve fitting) แบบจำลองข้อมูลมีบทบาทในการยืนยันทฤษฎี เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาจะสามารถทำนายเปรียบเทียบกับทฤษฎีได้

นอกจากนี้ Frigg และ Hartmann (2006: online) ยังได้จำแนกประเภทของแบบจำลองตามรูปแบบที่นำเสนอออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. แบบจำลองวัตถุ (physical objects) เป็นแบบจำลองหรือสื่อที่เป็นวัสดุ หรือเรียกอีกอย่างว่า material models ตัวอย่างเช่น แบบจำลองสะพานไม้ แบบจำลองเรือ แบบจำลองวงจรไฟฟ้าของระบบประสาท แบบจำลองดีเอ็นเอ (DNA)

2. แบบจำลองประดิษฐ์ (fictional objects) เป็นแบบจำลองภายในใจของนักวิทยาศาสตร์ (scientist's mind) มากกว่าการศึกษาจากห้องปฏิบัติการ และเห็นรูปร่าง และการทำการทดลองขึ้นอยู่กับหน้าที่การทำงานที่แสดงให้เห็นการนำเสนอหน้าที่ เป็นลักษณะของแบบจำลองกลไก (mechanical models) เช่น แบบจำลองอะตอมของ Bohr แบบจำลองความหลากหลายทางพันธุกรรม เป็นต้น

3. แบบจำลองโครงสร้างทฤษฎี (set-theoretic structures) เป็นแบบจำลองแสดงภาพความสัมพันธ์ (semantic view) ของทฤษฎี เช่น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical models) เป็นต้น

4. แบบจำลองพรรณนา (descriptions) เป็นแบบจำลองที่แสดงในรูปของการพรรณนารูปร่างลักษณะที่แสดงในหนังสือหรือตำรา เพื่อนำเสนอรายละเอียดความสัมพันธ์กันในระบบ ดังนั้นภาษาที่ใช้จึงมีผลต่อการอธิบายแบบจำลอง เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ อธิบายได้ว่าประกอบด้วยการโคจรเป็นรูปวงรีของดาวเคราะห์รอบวัตถุมวลขนาดใหญ่ (big mass) เป็นต้น

5. แบบจำลองสมการ (equations) เป็นแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ เป็นสมการในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สมการทางเศรษฐศาสตร์ เช่น สมการการตลาด เป็นต้น

สมพงษ์ ศิริเจริญ และคณะ, 2505 (อ้างถึงใน นิภา สุโขธนัง, 2516: 81-85) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลอง ออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทรงภายนอก (solid model) แสดงรูปร่างหรือทรวดทรงภายนอกเท่านั้น เพื่อให้ได้ความเข้าใจโดยทั่วไป รายละเอียดต่างๆ ที่ไม่จำเป็นให้ตัดทิ้ง แบบจำลองนี้เน้นหนักในเรื่องน้ำหนัก ขนาด สี พื้นผิวลวดลาย มาตราส่วนอาจจะใช้ผิดไปจากของจริงได้

2. แบบจำลองเท่าของจริง (exact model) แสดงขนาด รูปร่าง รายละเอียดทุกอย่างเท่าของจริงทุกประการ แบบจำลองนี้ใช้แทนของจริงที่หายากหรือราคาแพง หรือเสียง่าย แตกง่าย แต่ว่ามีความจำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนเข้าใจรายละเอียดทุกอย่าง ให้เข้าใจว่าของจริงเป็นอย่างไร เช่น แบบจำลองของสมองมนุษย์ แบบจำลองเนื้อหมูชนิดต่างๆ เป็นต้น

3. แบบจำลองแบบขยายหรือแบบย่อ (enlarged or reduced model) หรือเรียกว่า แบบจำลองแบบมาตราส่วน แสดงโดยย่อหรือขยายให้เล็กหรือใหญ่เป็นสัดส่วนกับของจริงทุกส่วน พวกนี้เป็นประโยชน์ในการที่จะให้นักเรียนได้เข้าใจรายละเอียดและความสัมพันธ์ของของจริงได้ง่าย เช่น แบบจำลองของโครงบ้าน แบบจำลองของหู แบบจำลองของไต เป็นต้น

4. แบบจำลองแบบผ่าซีก (cut-away model) แสดงให้เห็นภายในโดยตัดพื้นผิวบางส่วนออกให้เห็น ส่วนมากมักแสดงลักษณะภายในให้เห็นว่าส่วนต่างๆ ประกอบกันอย่างไร จึงเกิดเป็นสิ่งนั้นๆ ขึ้น เช่น แบบจำลองผ่าให้เห็นส่วนต่างๆ ภายในฟัน เป็นต้น

5. แบบจำลองแบบแยกส่วน (building-up model) แสดงให้เห็นส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของสิ่งนั้น แต่ภายในสิ่งนั้นประกอบด้วยส่วนย่อยๆ สามารถจะถอดออกเป็นส่วนๆ และ

ประกอบกันได้ แบบจำลองแบบนี้ช่วยให้เข้าใจหน้าที่และความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ เช่น แบบจำลองแสดงปริมาตร แบบจำลองแสดงอวัยวะภายในของร่างกายมนุษย์ แบบจำลองหัวใจ ปอด ไต เป็นต้น

6. แบบจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ (working model) แสดงให้เห็นส่วนที่เคลื่อนไหว ทำงานของวัตถุหรือเครื่องจักร หรือเครื่องใช้ ส่วนสำคัญภายนอกยังคงไว้ แบบจำลองนี้เป็นประโยชน์ในการสาธิตการทำงานหรือหน้าที่ของสิ่งนั้น

7. แบบจำลองล้อแบบ (mock-ups model) แสดงให้เห็นส่วนที่สำคัญ โดยจะตัดส่วนไม่สำคัญออกหรือเป็นแบบจำลองที่ปฏิบัติงานได้ มักมีขนาดเท่ากับของจริงที่ออกแบบไว้ให้เหมาะสมแก่การฝึกหัดหรือการวิเคราะห์ ตัวอย่างเช่น ระบบการทำงานของไฟฟ้าในเครื่องบิน ห้องฝึกหัดขับรถยนต์ ระบบการจราจร การต่อแผงไฟฟ้าและฟิวส์ ของล้อแบบมักนิยมใช้ในโรงเรียนอนุบาล และในวงการฝึกหัดในทางอุตสาหกรรมและในวงการค้า ช่วยทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าเสมือนกับได้อยู่ในประสบการณ์ที่เป็นจริง เป็นเครื่องช่วยรวมความตั้งใจ ความสนใจของผู้เรียนเพื่อให้เกิดความเข้าใจบทเรียนได้โดยชัดเจนมากที่สุด

สาคร คันธโชติ (2546: 26-27) จำแนกแบบจำลองออกเป็น 4 ประเภท ตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

1. แบบจำลองสำหรับหารายละเอียดของรูปแบบ (clay studies) แบบจำลองชนิดนี้ที่ทำขึ้นโดยนักออกแบบ โดยขนาดสัดส่วนไม่จำกัดว่าจะใหญ่กว่า เล็กกว่า หรือเท่ากับขนาดของจริงก็ได้ ใช้ทดสอบหารายละเอียดของรูปแบบ เช่น หารายละเอียดเกี่ยวกับส่วนโค้ง ส่วนเว้า ขนาด เป็นต้น ซึ่งทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในการร่างแบบ ไม่จำเป็นต้องใช้ขนาดมาตราส่วน

2. แบบจำลองสำหรับทดสอบรูปร่างภายนอกของแบบ (scale models) แบบจำลองชนิดนี้ปกติจะทำขึ้นมีขนาดเล็กกว่าของจริง แต่ถ้าหากว่ารูปแบบมีขนาดเล็กอาจทำเท่าขนาดของจริงหรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ ในการทำแบบจำลองชนิดนี้ต้องทำให้มีขนาดสัดส่วนที่แน่นอน นักออกแบบจะทำแบบจำลองเองในระหว่างทำการร่างแบบเพื่อหารูปร่างภายนอก

3. แบบจำลองขนาดเท่าของจริง (mock up) แบบจำลองประเภทนี้มีขนาดเท่าของจริง เพื่อหาขนาดสัดส่วนและรูปร่างขั้นสุดท้าย หรือใช้แสดงประกอบกับแบบสุดท้าย โดยพยายามเลียนแบบรูปร่างและสีสันให้คล้ายของจริงที่จะทำการสร้างหรือผลิตมากที่สุด

4. แบบจำลองสำหรับการทดสอบ (prototype) แบบจำลองประเภทนี้ผู้สร้างต้องมีความชำนาญสูง การใช้วัสดุและขนาดสัดส่วนเหมือนของจริงทุกประการ สามารถใช้งานได้จริงตามแบบที่ได้ทำการออกแบบและเขียนแบบทุกประการ แบบจำลองนี้ทำขึ้นเพื่อหาจุดบกพร่องของแบบและทำการแก้ไขปรับปรุงให้สมบูรณ์ก่อนที่จะทำการสร้างหรือผลิตจริง

นอกจากการจำแนกตามลักษณะการใช้งานแล้ว สาคร คันธโชติ (2546: 32-34) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองออกเป็น 7 ประเภท ตามลักษณะที่ใช้นำเสนอและแสดง ดังนี้

1. แบบจำลองแสดงรูปทรงภายนอก เป็นแบบที่แสดงรูปทรงภายนอกเท่านั้น เช่น แบบจำลองแมลง แบบจำลองคน แบบจำลองผลไม้ แบบจำลองรถยนต์ แบบจำลองเครื่องเรือน แบบจำลองเครื่องปั้นดินเผา แบบจำลองประติมากรรม แบบจำลองอาคารสำนักงาน เป็นต้น

2. แบบจำลองเท่าของจริง เป็นแบบจำลองที่มีขนาดและรายละเอียดเท่าของจริงทุกประการ เช่นแบบจำลองผลไม้ แบบจำลองเก้าอี้ แบบจำลองการสตัฟฟ์นก แบบจำลองโทรศัพท์มือถือ แบบจำลองมนุษย์ แบบจำลองรถยนต์ เป็นต้น

3. แบบจำลองแบบย่อหรือขยาย เป็นแบบจำลองที่ย่อหรือขยายแบบจากสัดส่วนเท่าของจริงทุกประการ เช่น การย่อหรือขยายสัดส่วนของมนุษย์ การย่อหรือขยายรูปหัวใจ การย่อหรือขยายงานเครื่องเรือน เป็นต้น

4. แบบจำลองแบบผ่าซีก เป็นแบบจำลองที่แสดงให้เห็นภาพหรือรูปร่างภายใน โดยการตัดพื้นผิวบางส่วนออก เช่น ผ่าฝาผนังให้เป็นฉนวนกันความร้อนหรือท่อน้ำ เครื่องยนต์ผ่าซีกให้เห็นชิ้นส่วนภายใน ต้นไม้ผ่าซีกเพื่อศึกษาลักษณะของเนื้อไม้ ฟันผ่าซีกเพื่อศึกษาลักษณะภายในอุปกรณ์แยกชิ้นส่วนเพื่อให้เห็นรายละเอียด เป็นต้น

5. แบบจำลองแบบแยกส่วน เป็นแบบจำลองที่แสดงให้เห็นชิ้นส่วนบางส่วนหรือชิ้นส่วนของแบบทั้งหมด โดยแยกถอดประกอบได้ เช่น แบบจำลองส่วนประกอบของร่างกายมนุษย์ แบบจำลองเครื่องยนต์ ชิ้นส่วนประกอบของเรือ เป็นต้น

6. แบบจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ เป็นแบบจำลองที่แสดงให้เห็นส่วนที่เคลื่อนไหวในการทำงานของแบบนั้นๆ ได้ เช่น แบบจำลองเครื่องปั่นฝ้าย แบบจำลองเครื่องจักรไอน้ำ แบบจำลองการทำงานของกลไก แบบจำลองจักรเย็บผ้า เป็นต้น

7. แบบจำลองเลียนแบบของจริง เป็นแบบจำลองที่สร้างเลียนแบบของจริง ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองและแสดงส่วนประกอบต่างๆ เหมือนของจริง เช่น แบบจำลองรถยนต์ที่ใช้ขับอยู่กับที่ แบบจำลองเรือ แบบจำลองเครื่องบิน แบบจำลองรถจักรยาน เป็นต้น

4.4 การใช้แบบจำลองในการสอนวิทยาศาสตร์

แบบจำลองได้ถูกนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนของครู ซึ่งแบบจำลองที่นำมาใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์มีหลากหลายชนิด เช่น

1. แบบจำลองแบบทรงภายนอก ใช้แสดงแมลงต่างๆ สัตว์ขนาดเล็ก แสดงสมอง ลูกตา หู หัวใจ เป็นต้น

2. แบบจำลองเท่าของจริง ใช้แสดงทางกายวิภาควิทยา เช่น แสดงลูกตา หัวใจ เป็นต้น

3. แบบจำลองแบบย่อหรือขยาย ใช้สอนเรื่องสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เช่น พารามีเซียม ไฮดรา ใช้สอนการแบ่งเซลล์ การจัดรูปและการแบ่งปรมาณู เป็นต้น

4. แบบจำลองแบบผ่าซีก ทางกายวิภาควิทยา ใช้แสดงกระดูก ตา ฟัน ผิวหนัง กล้ามเนื้อ ทางชีววิทยาแสดงลำต้น รากไม้ ใบไม้ เมล็ดพืช ดอกไม้ ทางอื่นๆ เช่น ไฟฟ้า แสดงเซลล์แห้ง แสดงเครื่องยนต์ เป็นต้น

5. แบบจำลองแบบแยกถอดส่วนได้ ใช้แสดงส่วนต่างๆ ของดอกไม้ ตา หัวใจ เป็นต้น

6. แบบจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ ใช้แสดงเครื่องมือต่างๆ ทางความร้อน แสง เสียง ฟิสิกส์ โทรศัพท์ เครื่องยนต์ หูของมนุษย์ เป็นต้น

7. แบบจำลองแบบเลียนของจริง ใช้แสดงได้หลายอย่าง เช่น ระบบการย่อยอาหาร เครื่องกังหันไอพ่น เป็นต้น

4.5 ทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้แก่ ทฤษฎีสรรคนิยม (constructivism) สาระสำคัญของทฤษฎีดังกล่าว มีดังนี้

ทฤษฎีสรรคนิยมมีความเชื่อหรือสมมุติฐานสำคัญ คือ บุคคลสามารถสร้างความรู้ได้จากพื้นฐานของความรู้เดิม (Brandon and All, 2010: 90) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน โดยนักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม ขณะที่สังคมเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้น สร้างปฏิสัมพันธ์และกำหนดขอบเขตของสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ โดยทฤษฎีสรรคนิยมเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา ไม่เน้นพฤติกรรมการเรียนรู้ นักสรรคนิยมเชื่อว่าสมองของมนุษย์ไม่ใช่สิ่งที่ว่างเปล่า ดังนั้น ครูไม่สามารถให้หรือบรรจุข้อมูลลงในสมองของนักเรียนได้โดยตรง แต่แนวทางการเรียนรู้ คือ นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้อย่างกระตือรือร้น นักเรียนเข้ามาในห้องเรียนโดยมีความรู้และประสบการณ์เดิม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการตีความและสร้างความหมายเพื่อเชื่อมโยงกับเรื่องที่กำลังจะเรียน (Llewellyn, 2005: 28)

ทฤษฎีสรรคนิยมเป็นทฤษฎีทางสติปัญญา (theory of cognition) มีรากฐานจากปรัชญา สังคมวิทยา จิตวิทยาและการศึกษา (Hoover, 1996 อ้างถึงใน Brandon and All, 2010: 90) โดยรากฐานสำคัญของการพัฒนาทฤษฎีในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ที่อธิบายการเรียนรู้ว่าบุคคลแต่ละคนพยายามที่จะนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็น มาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) หรือเรียกว่า “schema” โครงสร้างทางปัญญานี้ประกอบด้วยความหมาย หรือความเข้าใจเกี่ยวกับประสบการณ์นั้น นักเรียนสร้างความหมายโดยใช้เครื่องมือทางปัญญา (cognitive apparatus) ของตน ความหมายเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งจะถูกสร้างขึ้นในสมองของนักเรียน จากความสัมพันธ์ระหว่างประสาทสัมผัสของนักเรียนกับโลกภายนอก โครงสร้างทางปัญญานี้เป็นผลมาจากความพยายามทางความคิด (mental effort) หากการใช้ความรู้เดิมของตนทำนายเหตุการณ์ได้ถูกต้อง จะทำให้โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลคงเดิมและมั่นคงมากยิ่งขึ้น แต่หากการคาดคะเนไม่ถูกต้อง จะทำให้โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลคงเดิมและมั่นคงมากยิ่งขึ้น แต่หากการคาดคะเนไม่ถูกต้อง นักเรียนจะสงสัย คับข้องใจ หรือที่ Piaget กล่าวว่าเกิดภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) เมื่อเกิดความขัดแย้ง

ขึ้น นักเรียนมีทางเลือก 3 ทาง คือ 1) ยึดติดกับความคิดเดิมในโครงสร้างทางปัญญาของตน ปฏิเสธข้อมูลจากประสาทสัมผัสหรือหาเหตุผลที่หักล้างข้อมูลจากประสาทสัมผัสออกไป 2) ปรับความคิดในโครงสร้างทางปัญญา โดยการพยายามที่จะเชื่อมโยงความคิดหรือประสบการณ์เดิมกับความคิดหรือประสบการณ์ใหม่ ในลักษณะดังกล่าวนี้จะทำให้การเรียนรู้มีความหมายขึ้น และ 3) ไม่สนใจที่จะทำความเข้าใจ โดยภาวะที่ไม่สมดุลเกิดขึ้นจากการเชื่อมโยงระหว่างโลกภายนอกกับโลกภายในของนักเรียนผ่านประสาทสัมผัส กลไกทางประสาท สรีรวิทยา ชีวเคมี การรับข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญา เรียกว่า “กระบวนการดูดซับ (assimilation)” เมื่อเกิดภาวะที่ไม่สมดุลขึ้น จะส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาโดยกระบวนการที่เรียกว่า “กระบวนการปรับให้เหมาะ (accommodation)” ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้มีความหมายต่อตนเอง (ศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544: 32-33)

ทฤษฎีสรรคนิยม ได้มีการนำมาใช้เป็นพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้อย่างกว้างขวาง นักการศึกษาและนักจิตวิทยาทางสติปัญญาจึงได้นำเสนอหลักการสำคัญหรือลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ถึงการเรียนรู้และการเรียนการสอนโดยใช้ทฤษฎีดังกล่าว ซึ่งนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

Hendry (1996 อ้างถึงใน McInerney and McInerney, 2002: 5-6) ได้สรุปลักษณะสำคัญของทฤษฎีสรรคนิยมไว้ 7 ประการ ดังนี้

1) ความรู้ปรากฏอยู่ในสมองของบุคคล ความรู้ไม่ได้อยู่บนกระดานหรืออยู่ในหนังสือ

2) การสร้างความหมายหรือตีความสิ่งต่างๆ ขึ้นอยู่กับความรู้ที่มีอยู่ของแต่ละบุคคล ดังนั้นความเข้าใจในสิ่งเดียวกันจะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล

3) ความรู้สร้างขึ้นภายในตัวบุคคล ซึ่งเชื่อมโยงความรู้เดิมกับโลกภายนอก นักเรียนไม่สามารถซึมซับความรู้ที่ผู้อื่นถ่ายทอดได้ แต่เป็นการสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

4) ความรู้ไม่คงที่ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิดเพียงประการเดียว เพียงแต่ความรู้นั้นเหมาะสมหรือเป็นประโยชน์มากหรือน้อย ดังนั้นความรู้ทั้งหลายสามารถสร้างใหม่และเปลี่ยนแปลงได้

5) การสร้างความรู้เป็นผลมาจากพัฒนาการทางชีวภาพและประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

6) ความรู้สร้างขึ้นได้ด้วยการรับรู้และการปฏิบัติ

7) การสร้างความรู้ต้องอาศัยพลังและระยะเวลา โดยที่บุคคลส่วนใหญ่ต้องการแรงจูงใจ การสนับสนุนและสภาพแวดล้อมที่ท้าทายต่อการเรียนรู้

Taber (2006 อ้างถึงใน Sjoberg, 2007: 3) สรุปลักษณะสำคัญของทฤษฎีสรรคนิยมไว้ 7 ประการ ดังนี้

1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้อย่างกระตือรือร้น การเรียนรู้เกิดจากการปฏิบัติของนักเรียนเอง ไม่ได้เกิดจากการกำหนดหรือถ่ายทอดจากผู้อื่น

2) ความรู้จะถูกสร้างขึ้นโดยนักเรียนที่อยู่ในสถานการณ์แห่งการเรียนรู้ (learning situation)

3) นักเรียนมีความรู้ความคิดเป็นของตนเอง และความรู้ความคิดของตนเองนั้นถูกใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ

4) ความรู้หรือความคิดของบุคคลอาจเปลี่ยนแปลงได้ยาก

5) ความรู้อยู่ภายในสมอง โดยมีลักษณะเป็นโครงสร้างทางปัญญา

6) หากต้องการที่จะเปลี่ยนแปลงความรู้หรือความคิดของนักเรียน จำเป็นต้องดึงเอาความรู้หรือความคิดเดิมของนักเรียนออกมา

7) แม้ว่าความรู้จะเป็นของนักเรียนแต่ละคน แต่นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์กับโลกภายนอก สังคม วัฒนธรรมและการใช้ภาษา

Jia (2010: 197-198) ได้สรุปหลักการสำคัญของทฤษฎีสรรคนิยมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1) ความรู้ คือ คำอธิบายและสมมติฐาน ไม่ใช่คำตอบสุดท้ายของคำถาม ความรู้ไม่สามารถสรุปเป็นกฎของธรรมชาติที่ถูกต้องที่สุด นอกจากนี้ ความรู้ไม่ได้อยู่ในรูปแบบทางภาษาหรือมีอยู่อย่างจำเพาะ แต่ภาษาและสัญลักษณ์ต่างๆ เป็นสิ่งที่สนับสนุนความรู้ ดังนั้น บุคคลจึงอาจมีความเข้าใจในเรื่องเดียวกันไม่ตรงกัน โดยความเข้าใจดังกล่าวเกิดจากพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล

2) การเรียนรู้ คือ กระบวนการที่เกิดขึ้นในระดับบุคคล สร้างขึ้นเป็นโครงสร้างทางปัญญา โดยเริ่มต้นจากการรับข้อมูลแล้วสร้างความหมายโดยการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับข้อมูลที่ได้รับ หรือกล่าวได้ว่า สิ่งเร้าภายนอกที่กระตุ้นประสาทสัมผัสเพียงอย่างเดียว ไม่ได้มีความหมายต่อการเรียนรู้ หากแต่การเรียนรู้ที่แท้จริงคือ การสร้างความรู้ด้วยพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิมที่เชื่อมโยงกับสิ่งเร้าภายนอก

3) ทฤษฎีสรรคนิยม มีความเชื่อว่านักเรียนเข้ามาในห้องเรียนโดยมีความรู้และประสบการณ์เดิม โดยนักเรียนเข้ามาเรียนเพื่อสร้างคำอธิบายและสมมติฐานของเรื่องที่เรียนโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม ดังนั้น การสอนจึงควรเป็นกระบวนการที่ดึงเอาความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนออกมาเพื่อใช้ในการเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์ใหม่

4) ทฤษฎีสรรคนิยม เน้นว่าบทบาทของครูเปลี่ยนแปลงจากการเป็นผู้ริเริ่มและผู้สั่งสอน มาเป็นผู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ เป็นผู้แนะนำและเป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียน ซึ่งบทบาทดังกล่าวนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงแนวคิดการยึดครูเป็นศูนย์กลางมาสู่แนวคิดการยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ภายใต้การกำกับดูแลของครูตลอดระยะเวลาของกระบวนการจัดการเรียนรู้

ศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 33) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรรคนิยม 4 ประการ ดังนี้

1) การเรียนรู้เป็น “active process” ที่เกิดขึ้นเฉพาะตัวบุคคล

2) กระบวนการสร้างความรู้เกิดขึ้นได้โดยบุคคลใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูลหรือความรู้ที่มีอยู่แล้วจากแหล่งต่างๆ เช่น สังคม สิ่งแวดล้อม รวมทั้งประสบการณ์เดิม เป็นต้น มาเป็นเกณฑ์ช่วยการตัดสินใจ

3) ความรู้และความเชื่อของบุคคลจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม ขนบธรรมเนียม ประเพณี และสิ่งที่บุคคลได้พบเห็น ข้อมูลทั้งหลายเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจและสร้างแนวคิดใหม่

4) ความเข้าใจมีความแตกต่างจากความเชื่อ และความเชื่อเป็นผลโดยตรงต่อการสร้างแนวคิดหรือการเรียนรู้

โดยสรุป ทฤษฎีสรรคนิยมเป็นทฤษฎีทางสติปัญญาที่มีรากฐานจากปรัชญา จิตวิทยา สังคมวิทยา และการศึกษา สาระสำคัญของทฤษฎีนี้กล่าวไว้ว่า “บุคคลเมื่อพบกับปัญหาที่ขัดแย้งกับความรู้เดิม จะก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา บุคคลนั้นจะพยายามแสวงหาคำตอบ ได้ประสบการณ์ใหม่ หรือข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปปรับโครงสร้างทางปัญญา และจะเชื่อมโยงความรู้เดิม กับข้อมูลใหม่ จนกระทั่งสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมา”

สำหรับหลักการและลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ถึงการเรียนรู้และการเรียนการสอนโดยใช้ทฤษฎีสรรคนิยม สรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

2) การสร้างความรู้เป็นผลมาจากพัฒนาความรู้และประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคล โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมเชื่อมโยงกับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ

3) ความรู้และความเชื่อของบุคคลจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม ขนบธรรมเนียม ประเพณี และสิ่งที่บุคคลได้พบเห็น ดังนั้นความเข้าใจในสิ่งเดียวกันอาจจะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล

4) กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้นในระดับบุคคล เกิดขึ้นด้วยการรับรู้ การปฏิบัติอย่างกระตือรือร้น และต้องอาศัยระยะเวลา

4.6 แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แบบจำลองเป็นเครื่องมือสำคัญในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น ครูจะต้องจัดลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝนการคิดอย่างเป็นระบบ สามารถแสดงความคิดให้ผู้อื่นเข้าใจ ทดสอบความคิดของตนเอง และประเมินความคิดของตนเองได้ รวมทั้งปรับปรุง แก้ไข และขยายความคิด ให้สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด Gobert และ Buckley (2000) อธิบายการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ดังนี้

1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจ

2. ครูประเมินและทบทวนแนวคิดหรือเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูอาจยังไม่สามารถเข้าถึงความคิดของนักเรียนได้ ครูจึงทำได้เพียงการสรุปอ้างอิงจากเหตุผลที่นักเรียนอธิบาย

3. นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ทั้งที่เกี่ยวกับโครงสร้าง ลักษณะ และสาเหตุของการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ นำมาเขียนเป็นแผนผังแนวคิด แล้วเปรียบเทียบปรากฏการณ์นั้นกับสิ่งที่คล้ายคลึงกับที่นักเรียนทราบ (metaphor analogy) เพื่อหาแนวทางการสร้างแบบจำลอง ตรวจสอบข้อมูล แล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

4. นักเรียนนำแบบจำลองไปใช้และประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนอาจพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีพอ

5. นักเรียนปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

6. นักเรียนนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองของผู้อื่นเพื่อขยายแนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นๆ ให้ดีขึ้น

5. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนมีประเด็นที่นำเสนอ 5 ประเด็น ได้แก่ 5.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน 5.2 ลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอน 5.3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน 5.4 ประเภทของรูปแบบการเรียนการสอน 5.5 กระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน ในแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน (teaching model) ไว้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทิศนา แขมมณี (2551: 475) กล่าวไว้ว่า “รูปแบบการเรียนการสอนเป็นแบบแผนการดำเนินการสอนที่ได้รับการจัดเป็นระบบอย่างสัมพันธ์สอดคล้องกับทฤษฎี/ หลักการเรียนรู้หรือการสอนที่รูปแบบนั้นยึดถือ มีกระบวนการสอนที่มีลักษณะเฉพาะที่ได้รับการพิสูจน์ ทดสอบว่ามีประสิทธิภาพสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายเฉพาะของรูปแบบนั้นๆ ในขณะที่ Saylor และ Alexander (1956: 271) สรุปความหมายของรูปแบบการเรียนการสอนว่า หมายถึงแบบหรือแผน (pattern) ของการสอนที่มีการจัดกระทำพฤติกรรมขึ้นจำนวนหนึ่ง ซึ่งมีความแตกต่างกัน เพื่อจุดหมายหรือจุดเน้นเฉพาะเจาะจงอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับที่ Joyce และ Weil (2000: 6-7) ได้กล่าวถึงความหมายของรูปแบบการเรียนการสอนสรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนการสอน

เป็นแบบแผนในการจัดการเรียนการสอนที่บรรยายให้เห็นถึงสิ่งแวดล้อมทางการเรียน ซึ่งเป็นแนวทางในการออกแบบการเรียนการสอนที่มีเป้าหมายให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน

กล่าวโดยสรุป รูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง แบบแผนการดำเนินการสอนที่ได้รับการจัดอย่างเป็นระบบ ที่สอดคล้องกับทฤษฎี/ หลักการเรียนรู้หรือการสอนที่รูปแบบนั้นยึดถือและได้รับการพิสูจน์ทดสอบว่ามีประสิทธิภาพสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายเฉพาะของรูปแบบนั้นๆ ได้

5.2 ลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอน

การศึกษาลักษณะสำคัญรูปแบบการเรียนการสอนของ ทิศนา แขมมณี (2551) Stern (1984) Joyce และ Weil (2000) สรุปได้ดังนี้

1) มีแนวคิดหรือหลักการพื้นฐาน ซึ่งอาจมาจากแนวคิดทางการศึกษา ทฤษฎีการเรียนรู้ หรือทฤษฎีทางจิตวิทยา แนวคิดพื้นฐานเหล่านี้จะเป็นหลักหรือแนวทางในการเลือกกำหนดและจัดระเบียบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบให้สอดคล้องสัมพันธ์กัน

2) มีองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่มีความเป็นเหตุเป็นผลและสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานของรูปแบบ การกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนจะขึ้นอยู่กับความรู้ ประสบการณ์และความละเอียดรอบคอบของผู้พัฒนาที่จะต้องคิดวิเคราะห์จนมองเห็นความสัมพันธ์ได้อย่างสมเหตุสมผล โดยจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบให้มีความสัมพันธ์และส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนี้ รูปแบบการเรียนการสอนควรให้ความสำคัญกับองค์ประกอบทั้งหมดร่วมกัน กล่าวคือ แต่ละองค์ประกอบในรูปแบบการเรียนการสอนควรมีความสัมพันธ์ทัดเทียมกัน และจะต้องมีบทบาทร่วมกัน จึงจะทำให้รูปแบบการเรียนการสอนนั้นๆ บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ต้องการได้

3) มีการพัฒนาหรือออกแบบอย่างเป็นระบบ รูปแบบการเรียนการสอนเป็นผลการออกแบบจัดองค์ประกอบอย่างมีขั้นตอนและเป็นระบบ เริ่มตั้งแต่การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลและองค์ประกอบการสอนที่เกี่ยวข้อง การกำหนดองค์ประกอบที่สำคัญและจำเป็น การจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบให้สอดคล้องสัมพันธ์กัน การนำแผนการจัดองค์ประกอบไปทดลองใช้สอนจริงเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและยืนยัน ผลที่เกิดขึ้นว่าสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในสิ่งที่ต้องการได้จริง

4) มีผลต่อพัฒนาการของผู้เรียนในด้านต่างๆ รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นจะส่งผลต่อพัฒนาการในด้านต่างๆ ของผู้เรียน ดังที่ Joyce และ Weil (2000) กล่าวไว้ว่า “รูปแบบการเรียนการสอนแต่ละแบบจะส่งผลต่อผู้เรียนต่างกันออกไปตามแนวคิดและหลักการของรูปแบบนั้น”

กล่าวโดยสรุปรูปแบบการเรียนการสอนต้องมีหลักการหรือแนวคิดพื้นฐานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบอย่างเป็นระบบ โดยรูปแบบที่พัฒนาขึ้นต้องมีผลต่อการพัฒนาผู้เรียนในด้านต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบ

5.3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน

นักการศึกษาได้อธิบายองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนไว้ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2551: 219-220) ได้อธิบายองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนไว้ว่าประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน 2) การบรรยายและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการ 3) การจัดระบบ คือ การจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมาย และ 4) การอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ อันจะช่วยให้การสอนนั้นเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในขณะที่ Joyce และ Weil (2000: 13-14) ได้สรุปองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนไว้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) เป้าหมายของรูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งอธิบายถึงสิ่งที่มุ่งพัฒนาหรือคุณลักษณะที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน 2) หลักการหรือแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบ 3) รายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการสอน 4) การประเมินผลที่จะชี้ให้เห็นถึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบนั้น

กล่าวโดยสรุป รูปแบบการเรียนการสอนประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ 1) ทฤษฎีหรือแนวคิดซึ่งเป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบ 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนการสอน และ 4) การวัดและประเมินผล

5.4 ประเภทของรูปแบบการเรียนการสอน

นักการศึกษาได้กล่าวถึงประเภทของรูปแบบการเรียนการสอน ไว้ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2551: 223-269) แบ่งรูปแบบการเรียนการสอนเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านพุทธิพิสัยเป็นรูปแบบที่มุ่งให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระต่างๆ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อมูล ข้อเท็จจริง มโนทัศน์หรือความคิดรวบยอด 2) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านจิตพิสัย เป็นรูปแบบที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความรู้สึก เจตคติ ค่านิยม คุณธรรมและจริยธรรมที่พึงประสงค์ 3) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านทักษะพิสัยเป็นรูปแบบที่มุ่งพัฒนาความสามารถของผู้เรียนด้านการปฏิบัติ การกระทำหรือการแสดงออก 4) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการ เป็นรูปแบบที่มุ่งพัฒนาทักษะที่เกี่ยวข้องกับวิธีการดำเนินการต่างๆ อาจเป็นกระบวนการทางสติปัญญา กระบวนการคิด กระบวนการทางสังคม และ 5) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นบูรณาการ เป็นรูปแบบที่พัฒนาการเรียนรู้ด้านต่างๆ ของผู้เรียนไปพร้อมๆ กัน โดยใช้การบูรณาการทั้งทางด้านเนื้อหาสาระและวิธีการ ในขณะที่ Saylor และคณะ (1981: 272) ได้จำแนกรูปแบบการเรียนการสอนตามแบบของหลักสูตร 5 ประเภท โดยพิจารณาความเกี่ยวข้องเหมาะสมของรูปแบบการเรียน

การสอนกับหลักสูตรแต่ละประเภท ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักพัฒนาหลักสูตร ที่จะสามารถเลือกรูปแบบการสอนได้เหมาะกับจุดเน้นของหลักสูตรแต่ละประเภท รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดนี้ จึงจัดเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) รูปแบบการเรียนการสอนที่เหมาะกับหลักสูตรเน้นเนื้อหาวิชา (subject matter/ discipline) 2) รูปแบบการสอนที่เหมาะกับหลักสูตรเน้นสมรรถภาพ (specific competencies/ technology) 3) รูปแบบการเรียนการสอนที่เหมาะกับหลักสูตรเน้นคุณลักษณะ (human traits/ processes) 4) รูปแบบการเรียนการสอนที่เหมาะกับหลักสูตรเน้นกิจกรรม และปัญหาสังคม (social functions/ activities) และ 5) รูปแบบการเรียนการสอนที่เหมาะกับหลักสูตรเน้นความต้องการ และความสนใจของผู้เรียน (interests and needs)

ต่อมา Joyce และ Weil (2000: 5-14) ได้จัดรูปแบบการสอนออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการคิด (the information-processing family) จะเน้นการพัฒนาด้านเนื้อหาวิชา และทักษะกระบวนการทางสติปัญญาเป็นหลัก 2) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาตน (the personal family) เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นกระบสนการพัฒนาผู้เรียนตามความต้องการและความสนใจของแต่ละบุคคล และการพัฒนาผู้เรียนทางด้านจิตพิสัย 3) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (the social family) จะเน้นการพัฒนากระบวนการกลุ่ม และการพัฒนาด้านจิตพิสัยเพื่อปลูกฝังจิตสำนึกในการอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคม และ 4) รูปแบบการสอนที่เน้นการปรับพฤติกรรม (the behavioral systems family) เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นการนำทฤษฎีการเรียนรู้เชิงพฤติกรรมมาใช้ในการพัฒนาความรู้ความสามารถของผู้เรียน ทั้งทางด้านเนื้อหาวิชาและทักษะต่างๆ นอกจากนี้ Joyce และ Weil ยังได้เสนอว่า ผู้สอนสามารถนำรูปแบบการสอนแต่ละรูปแบบจาก 4 กลุ่มนี้มาใช้ร่วมกันได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิผลในการใช้รูปแบบ และประสิทธิภาพในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนได้อย่างสูงสุด

กล่าวโดยสรุป รูปแบบการเรียนการสอนสามารถแบ่งได้หลากหลายประเภท ตามแนวคิดหรือเกณฑ์ที่นักการศึกษาใช้ในการจัดกลุ่ม ไม่ว่าจะเป็นแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ ทฤษฎีทางจิตวิทยา และประเภทของหลักสูตร โดยรูปแบบการเรียนการสอนแต่ละประเภทจะมีจุดมุ่งหมาย และลักษณะการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างกันออกไปตามจุดเน้นของรูปแบบการเรียนการสอนแต่ละกลุ่ม อย่างไรก็ตาม ผู้สอนสามารถประยุกต์รูปแบบการเรียนการสอนแต่ละประเภทมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนร่วมกันได้ เพื่อให้สามารถพัฒนาการเรียนของผู้เรียนได้อย่างสูงสุด

5.5 กระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผู้เรียนได้อย่างสูงสุดนั้น จะต้องผ่านกระบวนการพัฒนาและจัดองค์ประกอบต่างๆ อย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนนั้นๆ ได้มี นักการศึกษากล่าวถึงกระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนไว้ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2551: 199-201) กล่าวถึงขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนไว้ว่ามีขั้นตอนสำคัญ 10 ขั้นตอน ต่อไปนี้ 1) การกำหนดจุดมุ่งหมายในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 2) การศึกษาหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดองค์ประกอบและเห็นแนวทางในการจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบ 3) การศึกษาสภาพการณ์และปัญหาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ค้นพบองค์ประกอบที่สำคัญที่จะช่วยให้รูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้จริง 4) การกำหนดองค์ประกอบสำคัญของรูปแบบ 5) การจัดกลุ่มองค์ประกอบ 6) การจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ 7) การจัดผังรูปแบบ โดยแสดงลำดับขั้นตอนของรูปแบบและแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ 8) การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนเพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้น 9) การประเมินผลรูปแบบการเรียนการสอน และ 10) การปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอน ในขณะที่ Joyce และ Weil (2000) ได้กล่าวถึงกระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน สรุปได้ว่า การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนอาจออกแบบให้ใช้ได้อย่างกว้างขวาง หรือเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะก็ได้ โดยต้องมีทฤษฎีรองรับ และจะต้องมีการวิจัยเพื่อทดสอบทฤษฎีและตรวจสอบคุณภาพในเชิงการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง และนำข้อค้นพบมาปรับปรุงก่อนการนำไปใช้ นอกจากนี้ ยังให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้สรุปได้ว่าการนำรูปแบบไปใช้ให้ตรงกับจุดมุ่งหมายหลักจะทำให้เกิดผลสูงสุด แต่ก็สามารถนำรูปแบบนั้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ที่เหมาะสมได้

กล่าวโดยสรุป กระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสามารถสรุปขั้นตอนสำคัญได้ดังนี้

1) การศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และข้อค้นพบจากการวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน หรือปัญหาจากเอกสาร ผลการวิจัยหรือการสังเกต สอบถามผู้ที่เกี่ยวข้อง

2) การกำหนดหลักการ เป้าหมายและองค์ประกอบอื่นๆ ของรูปแบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐานและสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบระเบียบ

3) การกำหนดแนวทางในการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ ประกอบด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการและเงื่อนไขต่างๆ เช่น กลุ่มผู้เรียน การเตรียมการของผู้สอน การจัดสภาพการเรียนการสอน เป็นต้น เพื่อให้การใช้รูปแบบการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

4) การประเมินรูปแบบการเรียนการสอนเป็นการทดสอบความมีประสิทธิภาพของรูปแบบที่สร้างขึ้น โดยอาจใช้การประเมินความเป็นไปได้ในเชิงทฤษฎีโดยคณะผู้เชี่ยวชาญ หรือประเมินความเป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติการ โดยการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปทดลองใช้จริง

5) การปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนซึ่ง มี 2 ระยะ คือ 1) ระยะก่อนนำรูปแบบการเรียนการสอนไปทดลองใช้โดยใช้ผลจากการประเมินในเชิงทฤษฎีเป็นข้อมูลในการปรับปรุง และ 2) ระยะหลังนำรูปแบบไปทดลองใช้ โดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองใช้เป็นตัวชี้นำในการปรับปรุงและอาจมีการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปทดลองใช้และปรับปรุงซ้ำจนกว่าจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล มีดังนี้

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล

George T. Ladd, and Hans O. Anderson (1970 อ้างถึงใน ชไมพร คณุวัฒนา, 2529: 33) ได้สังเกตการสอนของครูซึ่งสอนวิชาวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลกในระดับเกรด 9 จำนวน 400 คน และศึกษาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนจำนวน 1,000 คน ที่เรียนกับครูเหล่านี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือของ Smith and Meux Classification System จำแนกพฤติกรรมการใช้คำถามของครูจากการอภิปรายก่อนการทดลองสามครั้ง แล้วแบ่งครูออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีการถามคำถามแบบสืบสอบระดับสูง และกลุ่มที่มีการถามคำถามแบบสืบสอบระดับต่ำ จากนั้น ใช้แบบสอบสองฉบับกับนักเรียนทั้งหมด ฉบับ ก ประกอบด้วยคำถาม 25 ข้อ ซึ่งถามคำถามแบบสืบสอบระดับสูง ฉบับ ข ประกอบด้วยคำถามแบบสืบสอบระดับต่ำ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่สอนโดยครูที่ใช้คำถามแบบสืบสอบระดับสูงมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่านักเรียนที่สอนโดยครูที่ใช้คำถามแบบสืบสอบระดับต่ำ อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งแบบทดสอบฉบับ ก ฉบับ ข และรวมทั้งสองฉบับ ผลการวิจัยสรุปว่า พฤติกรรมการใช้คำถามของครูมีผลอย่างมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

Lawson และ Worsnop (1992: 89) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาการเกิดมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างจำนวน 107 คน ในวิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการและการคัดเลือกโดยธรรมชาติ พบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลกับการเกิดมโนทัศน์ของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

Santine Cuccio – Schirripa, H. Edwin Steiner (1999) ได้วิจัยเพื่อศึกษาผลของการสอนและผลสัมฤทธิ์ของการใช้ระดับคำถามทางวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อที่สนใจมากและสนใจน้อยเป็นเครื่องชี้วัด กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนเกรด 7-8 ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่สอนด้วยการให้นักเรียนตั้งคำถามแบบสืบสอบและกลุ่มที่ไม่ได้สอนด้วยการให้นักเรียนตั้งคำถามตามแนว สืบสอบ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะเลือกหัวข้อ 2 หัวข้อที่เขาสนใจมากที่สุดและอีก 2 หัวข้อที่เขาสนใจน้อยที่สุด จาก Middle School Students' Science Topic Interest Rating Scale แล้วเขียนคำถามในแต่ละหัวข้อ ซึ่งคำถามแบ่งเป็นมาตร 4 ระดับที่ใช้อธิบายโดย The Middle School Student' Science Question Rating Scale โดยคะแนนในแต่ละคำถามจะเป็นค่าเฉลี่ย 2 ตัววัด ซึ่งรวมแต่ละระดับความสนใจของนักเรียนแต่ละคน และหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการตั้งคำถามของนักเรียนกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในวิชาการอ่าน การคำนวณและวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนด้วยการให้นักเรียนตั้งคำถามตามแนวสืบสอบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา

คณิตศาสตร์ วิชาการอ่าน วิชาวิทยาศาสตร์และคะแนนการตั้งคำถามสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการสอนด้วยการฝึกตั้งคำถามตามแนวสืบสอบ

Niaz et al. (2002) ได้ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโครงสร้างอะตอมของ Thomson, Rutherford และ Bohr ที่เรียนโดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่เรียนวิชาเคมีทั่วไป จำนวน 160 คน แบ่งเป็น 6 ตอนเรียน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 ตอนเรียน และกลุ่มเปรียบเทียบ 3 ตอนเรียน โดยให้นักเรียนกลุ่มทดลองอภิปรายเพื่อโต้แย้งเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมจำนวน 6 หัวข้อ เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ แล้วทำการทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ผลการวิจัยสรุปว่า กลุ่มทดลองมีคะแนน มโนทัศน์เรื่องโครงสร้างอะตอมสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผู้วิจัยอภิปรายว่าเป็นผลมาจากการที่กลุ่มทดลองได้มีโอกาสในการโต้แย้งและอภิปราย ทำให้เกิดความเข้าใจในมโนทัศน์นอกเหนือไปจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และยังช่วยปรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยการพิสูจน์และการคิดพิจารณาภายในกลุ่ม

Sandoval and Millwood (2005) ทำวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาโครงสร้างของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในเรื่องการคัดเลือกโดยธรรมชาติของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสืบสอบร่วมกับโปรแกรม Explanation Constructor กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาชีววิทยา จำนวน 87 คน แบ่งเป็น 4 ห้องเรียน ทดลองสอนโดยครูจำนวน 2 คน ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์ โดยให้นักเรียนเรียนร่วมกันเป็นกลุ่ม 3-4 คน เพื่อสืบสอบหาความรู้แล้วสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องนกฟินซ์ในเกาะกาลาปากอส และสาเหตุการดื้อยารักษาวัณโรคของแบคทีเรีย เก็บข้อมูลจากคำอธิบายทั้งสองเรื่องที่สมบูรณ์ได้จำนวน 58 ผลงาน ผลการวิจัยสรุปว่า 1) จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ค่าเฉลี่ยคุณภาพมโนทัศน์ของคำอธิบายเรื่องนกฟินซ์ในเกาะกาลาปากอสและสาเหตุการดื้อยารักษาวัณโรคของแบคทีเรียเท่ากับ 6.83 และ 6.90 ตามลำดับ 2) จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ค่าเฉลี่ยความเพียงพอของมโนทัศน์ที่ปรากฏในคำอธิบายเรื่องนกฟินซ์ในเกาะกาลาปากอส และสาเหตุการดื้อยารักษาวัณโรคของแบคทีเรียเท่ากับ 1.61 และ 1.69 ตามลำดับ และความเพียงพอของมโนทัศน์ของทั้งสองเรื่องมีความสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และ 3) ลักษณะการอ้างหลักฐานที่มีการใช้มากที่สุดคือ การอ้างแบบ Inclusion คือ ปรากฏหลักฐานในคำอธิบายแต่ไม่ได้อ้างอิงหรือเชื่อมโยงไปสู่ข้อกล่าวอ้างทั้งหมด

Sampson et al. (2010) ทำวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง (argument-driven inquiry instructional model) ที่มีต่อความสามารถในการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาวิชาเคมีจำนวน 18 คน จัดการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีด้วยรูปแบบดังกล่าวจำนวน 6 ครั้ง รวมระยะเวลาทดลอง 15 สัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) ผลการวิจัยสรุปว่า 1) คะแนนของรายงานปฏิบัติการเคมีหลังเรียนสูงกว่ารายงานแต่ละครั้งระหว่างเรียนจำนวน 5 เล่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 แสดงว่านักเรียนมีพัฒนาการในการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ 2) รายงานที่มีการ

ปรับปรุงแล้วเล่มสุดท้ายมีคะแนนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของรายงานที่มีการปรับปรุงแล้วจำนวน 4 เล่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการให้คะแนนรายงานของนักศึกษาด้วยกันเอง จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน (peer review) สรุปว่ามีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .001 และคะแนนรายงานของนักศึกษามีความสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนครั้งของการแก้ไขรายงาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

Walker et al. (2010) ทำวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้งที่มีต่อมโนทัศน์เคมี ความสามารถในการใช้หลักฐานและเหตุผลและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่เรียนวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไป จำนวน 699 คน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1) นักศึกษากลุ่มทดลองมีมโนทัศน์เคมีไม่แตกต่างกับนักศึกษาที่เรียนแบบปกติ 2) นักศึกษากลุ่มทดลองมีความสามารถในการใช้หลักฐานและเหตุผลสูงกว่านักศึกษาที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) มีความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับวิธีการจัดการเรียนการสอนที่มีต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักศึกษาเพศหญิงที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนนี้มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักศึกษาเพศหญิงที่เรียนด้วยวิธีปกติ ส่วนเพศชายมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ได้ทำวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 66 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 33 คน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 21.24 คะแนน จัดอยู่ในความสามารถระดับดี 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนทดลอง และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล

White and Frederiksen (1998) ได้ทำวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้การสืบสอบแบบเสริมศักยภาพ (scaffolded inquiry) ร่วมกับและใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีขั้นตอนในการเรียนการสอน 6 ขั้น ได้แก่ ขั้นตั้งคำถาม ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นสำรวจตรวจสอบ ขั้นวิเคราะห์ ขั้นแบบจำลอง และขั้นประเมิน ประเมินโดยการสะท้อนความคิด เพื่อประเมินการเรียนรู้ของตนเอง โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนเกรด 7-9 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ที่เรียนเรื่องกลศาสตร์ของนิวตัน พบว่า นักเรียนมีความสนใจในวิทยาศาสตร์ และเข้าใจการสืบสอบได้ง่ายกว่าแนวทางแบบประเพณีนิยม และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ มีสมรรถนะในการทำโครงงาน

และการสืบสอบเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบเท่ากับกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ White and Frederiken ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรให้ความสำคัญกับการสร้างแบบจำลองที่ใช้เพื่อตั้งสมมุติฐาน และการประเมินโดยการสะท้อนคิดเพื่อประเมินการเรียนรู้ของตนเอง ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อความหมายข้อมูลดีขึ้น

Brock (2000: 17) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนออกแบบ สร้างและนำเสนอการทำงานของหัวใจเทียม เพื่อใช้ในการศึกษาการทำงานของหัวใจ โดยแบบจำลองที่สร้าง ไม่จำเป็นต้องเหมือนหัวใจจริง แต่นักเรียนต้องแสดงให้เห็นการทำงานของหัวใจห้องบนและห้องล่าง โดยอธิบายจากการไหลของของเหลวในทิศทางที่ถูกต้อง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจลักษณะการบีบตัวของหัวใจทิศทางเดียวในระบบปิด จากแบบจำลองหัวใจที่สร้างขึ้น

Pringle (2004: 30) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนเรื่อง อะตอมหรือโครงสร้างอะตอมของ Bohr โดยการสร้างแบบจำลองในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ชัดเจนเกี่ยวกับส่วนประกอบของอะตอม แสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองแบบสามมิติ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในโครงสร้างอะตอม และเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรม ซึ่งเป็นมโนทัศน์ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ต่อไป

Pauline, Deidre และ Raymond (2005: 84) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองชีววิทยา เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจในเรื่องกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองคลอโรพลาสต์ ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้น

Schawrz and White (2005) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจในธรรมชาติและกระบวนการสร้างแบบจำลอง ทักษะการสืบสอบ มโนทัศน์ฟิสิกส์ และความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองกับการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการสืบสอบ โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่มีแบบจำลองเป็นฐาน (model-based inquiry) ร่วมกับการเรียนการสอนโดยใช้ความรู้ในการสร้างแบบจำลอง (matamodeling knowledge) โดยใช้แบบสอบข้อเขียน (paper-and-pencil) ได้แก่ แบบวัดความเข้าใจแบบจำลอง (modeling test) วัดก่อนและหลังเรียน และทำการสัมภาษณ์เพื่อประเมินความรู้เกี่ยวกับแบบจำลองหลังเรียน ทดลองกับนักเรียนจำนวน 12คน หลังจากจบการเรียนการสอนเป็นระยะเวลา 2.5 เดือน ผลปรากฏว่าความรู้ที่ใช้สร้างแบบจำลองกับทักษะการสืบสอบหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันที่ระดับ .05 และทักษะการสืบสอบและความรู้ที่ใช้สร้างแบบจำลองมีความสัมพันธ์กันกับคะแนนหลังเรียน

Littlejohn (2007: 22) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองใบไม้ แบบจำลองเซลล์พืช และแบบจำลองเซลล์สัตว์ เพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้มโนทัศน์เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และการหายใจระดับเซลล์ ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองนักเรียนได้คะแนนความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์ดังกล่าวสูงขึ้น รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และการหายใจระดับเซลล์ได้ชัดเจน เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง อีกทั้งยังช่วยให้ครูสามารถนำเสนอกระบวนการที่ซับซ้อนให้แก่นักเรียนให้เห็นเป็นรูปธรรมได้

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ทำวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ Model-centered Instruction Sequence (MCIS) ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และการเคลื่อนที่แบบต่างๆ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 102 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 52 คน และกลุ่มควบคุม 50 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และการเคลื่อนที่แบบต่างๆ หลังเรียนร้อยละ 70.45 ซึ่งอยู่ในระดับดีถึงดีมากตามเกณฑ์ที่กรมวิชาการกำหนดไว้ และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยและพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียน สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยวิเคราะห์เป็นลำดับขั้นได้ดังแผนภาพต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทฤษฎีสรรคนิยม

บุคคลเมื่อพบกับปัญหาที่ขัดแย้งกับความรู้เดิม (prior knowledge) จะก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) บุคคลนั้นจะพยายามแสวงหาคำตอบ ได้ประสบการณ์ใหม่ (new experience) หรือข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปปรับโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) และจะเชื่อมโยงความรู้เดิม กับข้อมูลใหม่ จนกระทั่งสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมา

ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสม์

บุคคลสร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับบุคคลอื่น ความรู้เกิดขึ้นในขณะที่บุคคลมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองานตามบริบทของสังคมและวัฒนธรรม (sociocultural context) โดยอาศัยเครื่องมือ (tools) เครื่องหมาย (sign) โครงสร้างทางสังคม (social structure) และระบบภาษา (language system)

หลักการเรียนรู้ของทฤษฎีสรรคนิยม

1. ความรู้เดิมส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้
2. การเรียนรู้เกิดจากการลงมือปฏิบัติ
3. การเรียนรู้ควรเกิดขึ้นในสภาพจริง

หลักการเรียนรู้ของทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสม์

1. ผู้เรียนใช้เครื่องมือในการเรียนรู้ ได้แก่ อุปกรณ์การทดลอง ระบบสัญลักษณ์
2. ผู้เรียนใช้เครื่องหมายแทนสิ่งที่ได้เรียนรู้ ได้แก่ **แบบจำลอง**
3. ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้น ถ้าได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น ได้แก่ ครู และเพื่อน
4. ระบบภาษาและการสื่อสาร ทำให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลเพิ่มเติม จนเกิดเป็นความรู้ใหม่ ได้แก่ **การโต้แย้ง**

หลักการเรียนรู้ของการใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น
2. การสร้างแบบจำลองช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ค้นพบข้อความรู้ และเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง

1. การสืบสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการในการแสวงหาความรู้ คำถามที่เหมาะสม สามารถนำผู้เรียนไปสู่การค้นพบข้อความรู้ใหม่ๆ ได้
2. การโต้แย้งช่วยให้ผู้เรียนได้คำอธิบายปรากฏการณ์ที่ดีที่สุด เป็นที่ยอมรับมากที่สุด โดยการใช้หลักฐานและเหตุผล

หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และ ความมีเหตุผล

แผนภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

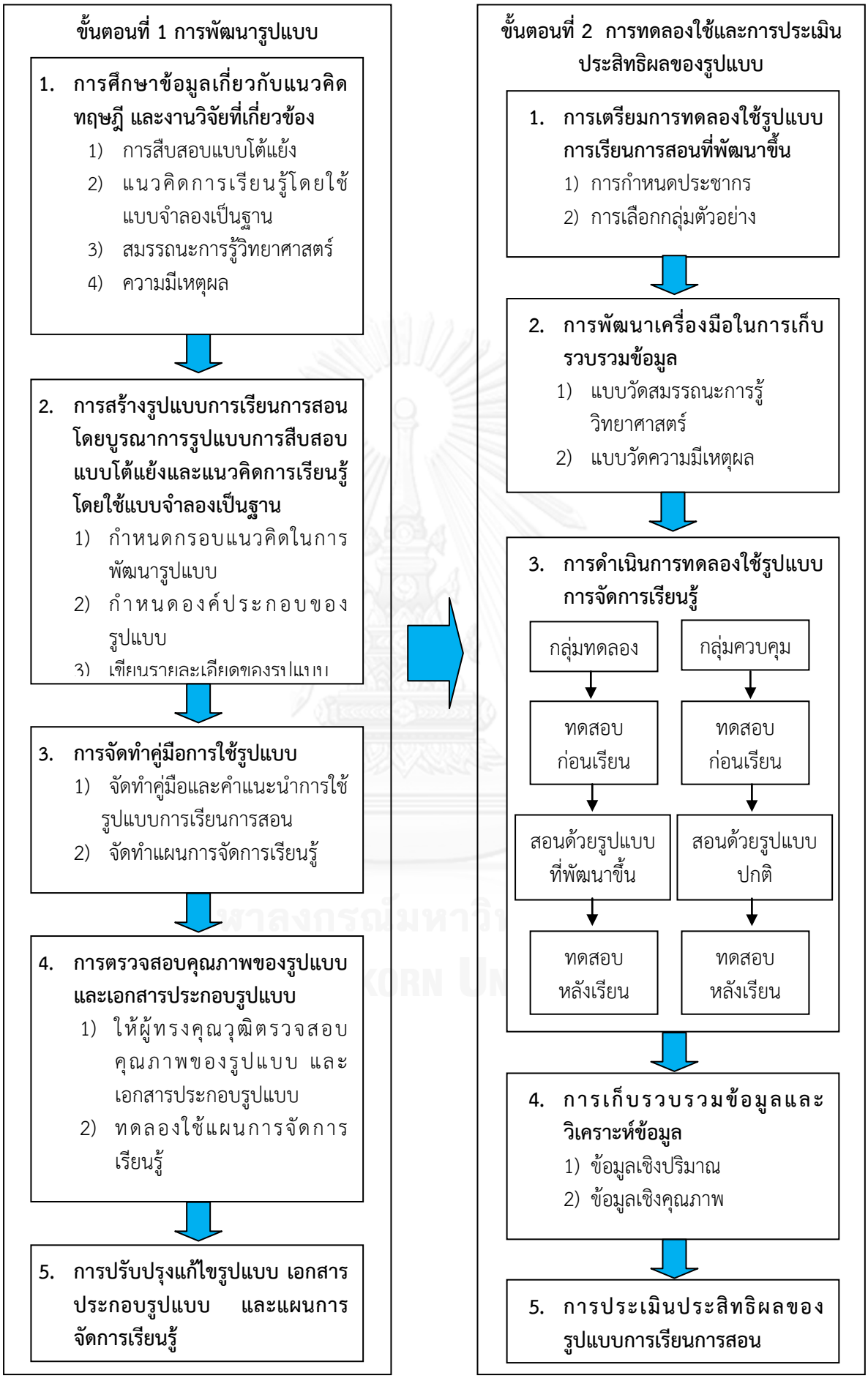
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน โดยการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่นำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน การจัดทำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน และการตรวจสอบคุณภาพ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน โดยการพัฒนาเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน การดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีรายละเอียดดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. การจัดทำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน
4. การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอน และเอกสารประกอบรูปแบบ
5. การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอน และเอกสารประกอบรูปแบบ

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีรายละเอียดดังนี้

1. การเตรียมการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน
2. การพัฒนาเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน
4. เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
5. การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน



แผนภาพที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

แผนภาพที่ 4 แสดงลำดับขั้นตอนหลักของการดำเนินการวิจัย เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีรายละเอียดดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยศึกษาข้อมูลด้านต่างๆ ดังนี้

1.1 ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวกับรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล โดยรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร แล้วนำผลการศึกษามาใช้ในการกำหนดแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผลการศึกษาข้อมูลมีดังนี้

1) รูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง

ทฤษฎีที่สนับสนุนรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง คือ ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ โดยผู้วิจัยศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยของศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 33); สุรางค์ โค้วตระกูล (2544: 61); ทิศนา แขมมณี (2551: 91); บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์, (2551: 9); Gallimore and Trap (1990); Kozulin and Presseisen (1995); Crowl et al. (1997: 69) และ (McInerney and McInerney (2002: 45) นักการศึกษาบางท่านนำเสนอในลักษณะของแนวคิด บางท่านนำเสนอในลักษณะของทฤษฎี ซึ่งมีสาระสำคัญดังนี้ ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ กล่าวว่า “บุคคลสร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับบุคคลอื่น ความรู้เกิดขึ้นในขณะที่บุคคลมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองานตามบริบทของสังคมและวัฒนธรรม (sociocultural context) โดยอาศัยเครื่องมือ (tools) เครื่องหมาย (sign) โครงสร้างทางสังคม (social structure) และระบบภาษา (language system)”

การสืบสอบแบบโต้แย้ง เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ โดยมีกระบวนการที่แสดงถึงการสร้าง นำเสนอ ประเมิน ตรวจสอบ และปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง โดยใช้ข้อเท็จจริง กฎ ทฤษฎี และหลักฐาน

2) แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้แก่ ทฤษฎีสรรคนิยม (constructivism) โดยผู้วิจัยศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยของศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 32-33); McInerney and McInerney (2002: 5-6); Llewellyn (2005: 28); Sjoberg (2007: 3); Brandon and All (2010: 90) และ Jia (2010: 197-198) สาระสำคัญของทฤษฎีดังกล่าว มีดังนี้ “บุคคลเมื่อพบกับปัญหาที่ขัดแย้งกับความรู้เดิม (prior knowledge) จะก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) บุคคลนั้นจะพยายามแสวงหาคำตอบ ได้ประสบการณ์ใหม่ (new experience) หรือข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปปรับโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) และจะเชื่อมโยงความรู้เดิม กับข้อมูลใหม่ จนกระทั่งสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมา”

แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองทางความคิดเป็นตัวแทนเพื่อแสดงความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยมีกระบวนการที่แสดงถึงการทดสอบความคิดของตนเอง การประเมินความคิดของตนเอง รวมทั้งปรับปรุง แก้ไข และขยายความคิด

3) สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยศึกษาข้อมูลจากเอกสารของ OECD (2009: 138) ได้ให้ความหมายของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ว่าหมายถึง ความสามารถในการระบุประเด็นคำถามตลอดจนสรุปผลโดยใช้ประจักษ์พยาน ทำให้มีความเข้าใจและช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับธรรมชาติของโลก และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ โดยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์นี้ประกอบด้วยความสามารถ 3 ประการ คือ

3.1) ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการตั้งคำถาม การระบุคำสำคัญในการค้นคว้า และระบุลักษณะสำคัญของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ในบริบทที่กำหนดให้

3.2) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการอธิบาย บรรยายหรือตีความปรากฏการณ์และพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงอย่างสมเหตุสมผลและสอดคล้องกับหลักฐาน และระบุได้ว่าคำบอกเล่า บรรยาย คำอธิบาย และพยากรณ์ใดที่สมเหตุสมผล

3.3) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ตีความหลักฐานหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ลงข้อสรุปและสื่อสารข้อสรุป ที่แสดงให้เห็นว่าเข้าใจแนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์หรือบริบทต่างๆ และสะท้อนความสำคัญของการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม

4) ความมีเหตุผล โดยผู้วิจัยศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยของคณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525: 55-57);

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537: 26-27); ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 12-13); สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 134); พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548: 13) และ Billeh and Zakharides (1975: 155-156) สรุปสาระสำคัญของความมีเหตุผลว่าหมายถึง คุณลักษณะของนักเรียนที่แสดงถึงพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล 7 ประการ ได้แก่

4.1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล

4.2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

4.3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ

4.4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

4.5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย

4.6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ

4.7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้

1.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

2. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.1 ผู้วิจัยกำหนดกรอบแนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน โดยนำทฤษฎีสรรคนิยม ซึ่งเป็นทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสม์ ซึ่งเป็นทฤษฎีที่สนับสนุนรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง มาวิเคราะห์หลักการเรียนรู้ของแต่ละทฤษฎี และหลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนการรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

หลักการเรียนรู้ของทฤษฎีสรรคนิยม มีดังนี้

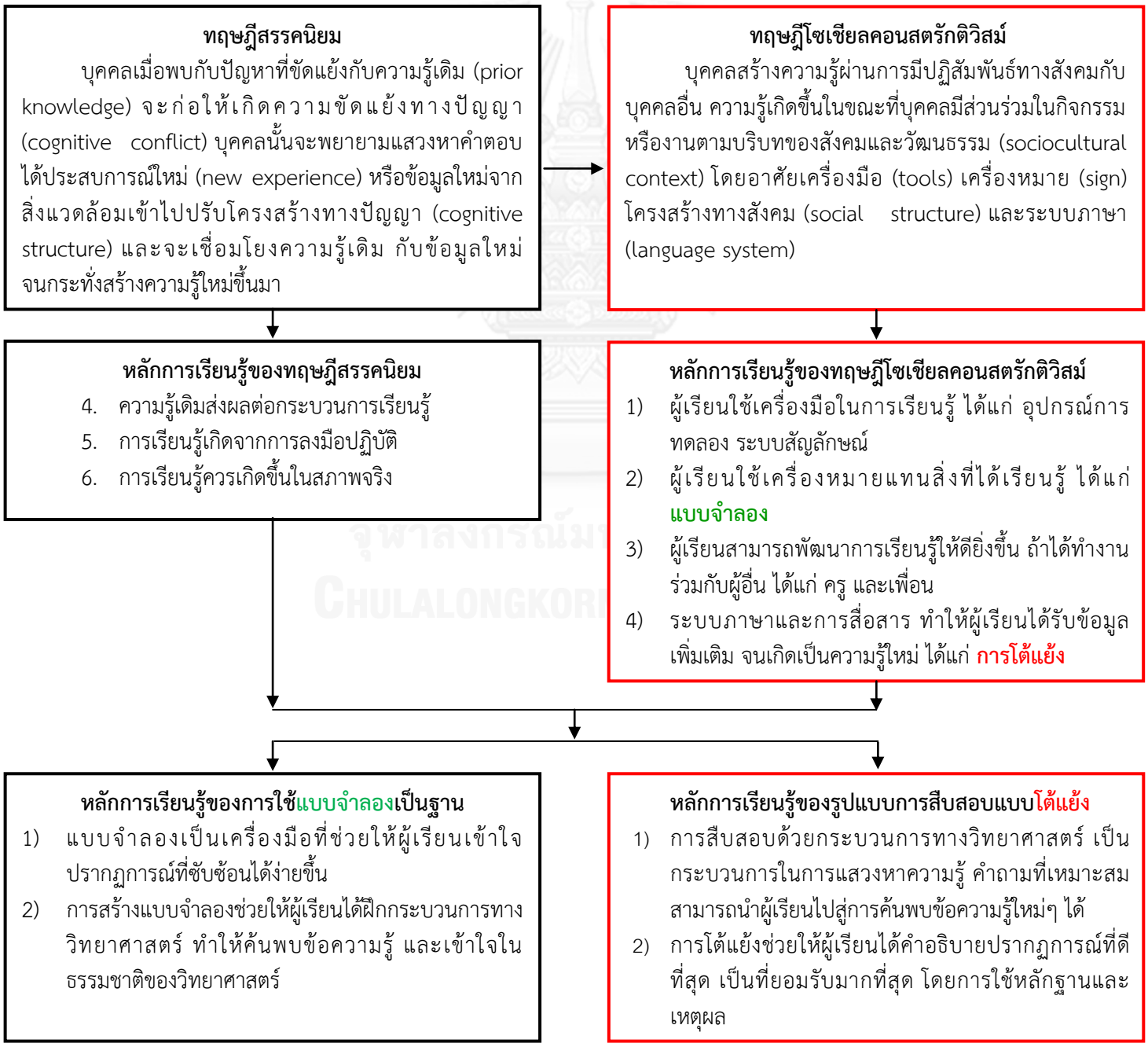
1) ความรู้เดิมส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ 2) การเรียนรู้เกิดจากการลงมือปฏิบัติ และ 3) การเรียนรู้ควรเกิดขึ้นในสภาพจริง

หลักการเรียนรู้ของทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสม์ มีดังนี้ 1) ผู้เรียนใช้เครื่องมือในการเรียนรู้ ได้แก่ อุปกรณ์การทดลอง ระบบสัญลักษณ์ 2) ผู้เรียนใช้เครื่องหมายแทนสิ่งที่ได้เรียนรู้ ได้แก่ แบบจำลอง 3) ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้น ถ้าได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น ได้แก่ ครูและเพื่อน และ 4) ระบบภาษาและการสื่อสาร ทำให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลเพิ่มเติม จนเกิดเป็นความรู้ใหม่ ได้แก่ การโต้แย้ง

หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง มีดังนี้ 1) การสืบสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการในการแสวงหาความรู้ คำถามที่เหมาะสมสามารถนำผู้เรียนไปสู่การค้นพบข้อความรู้ใหม่ๆ ได้ และ 2) การโต้แย้งช่วยให้ผู้เรียนได้คำอธิบายปรากฏการณ์ที่ดีที่สุด เป็นที่ยอมรับมากที่สุด โดยการใช้หลักฐานและเหตุผล

หลักการเรียนรู้ของการใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีดังนี้ 1) แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น และ 2) การสร้างแบบจำลองช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ค้นพบข้อความรู้ และเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี หลักการเรียนรู้ของทฤษฎี รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนการรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังภาพต่อไปนี้



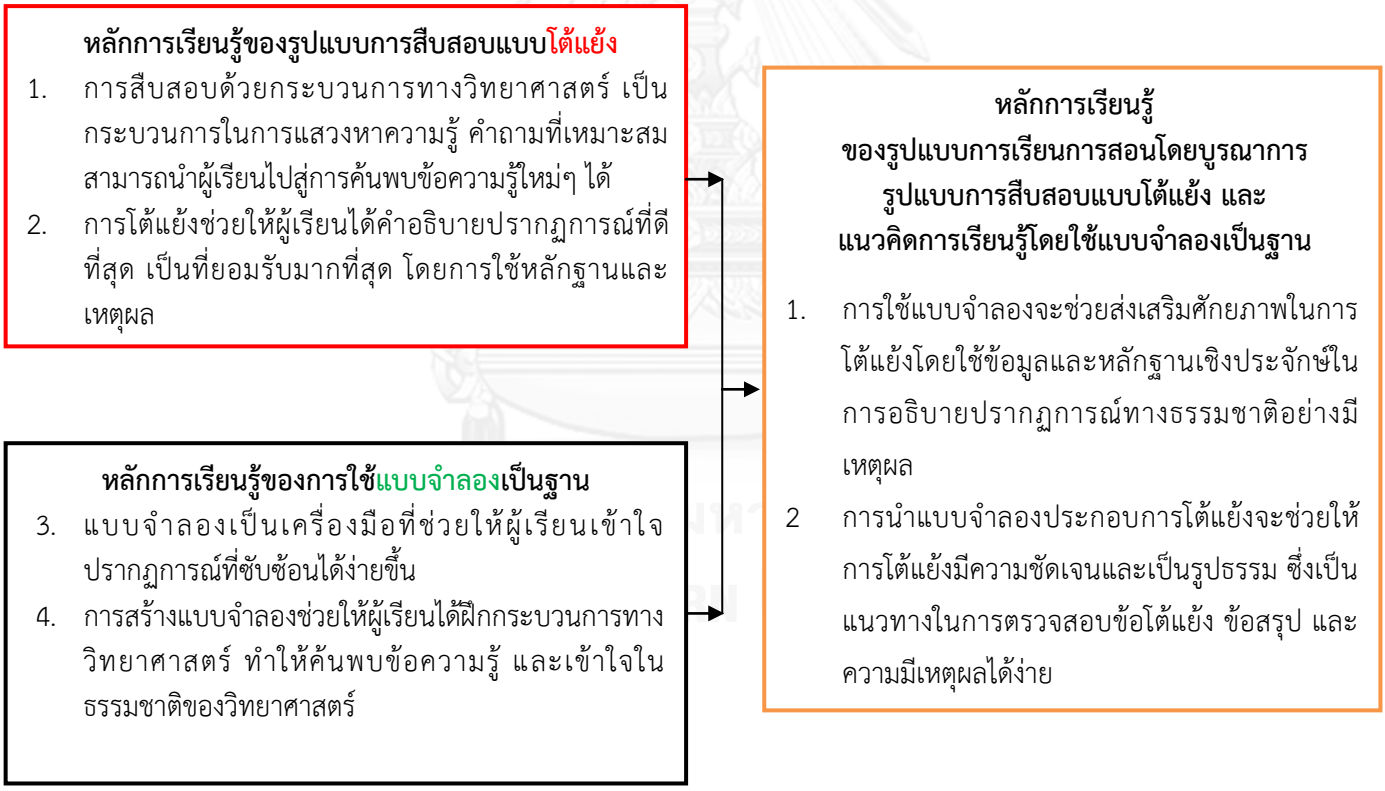
แผนภาพที่ 5 หลักการเรียนรู้ของการใช้แบบจำลองเป็นฐาน และรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง

2.2 ผู้วิจัยนำหลักการเรียนรู้ของรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง และหลักการเรียนรู้ของการใช้แบบจำลองเป็นฐานมาบูรณาการ แล้วสังเคราะห์เป็นหลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้ดังนี้

1) การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมศักยภาพในการโต้แย้งโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล

2) การนำแบบจำลองประกอบการโต้แย้งจะช่วยให้การโต้แย้งมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นแนวทางในการตรวจสอบข้อโต้แย้ง ข้อสรุป และความมีเหตุผลได้ง่าย

การสังเคราะห์หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



แผนภาพที่ 6 หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.3 ผู้วิจัยวิเคราะห์และเชื่อมโยงหลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนไปสู่ผลที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มากำหนดวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน แล้วนำมาสังเคราะห์เป็นขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นทบทวนความรู้เดิม

เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน

2) ขั้นตั้งประเด็นคำถาม

เป็นขั้นที่ครูเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนกับหัวข้อที่จะศึกษา ด้วยปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย และตั้งประเด็นคำถาม ซึ่งนำไปสู่การตั้งสมมุติฐานและค้นหาคำตอบ

3) ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

เป็นขั้นที่นักเรียนตั้งสมมุติฐานหรือสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วเลือกวิธีการที่ดีที่สุดอย่างมีเหตุผล

4) ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง

เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน โดยการสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้น หรือทดลอง

5) ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง

เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ จัดกระทำ และปรับปรุงแบบจำลอง

6) ขั้นกิจกรรมโต้แย้ง

เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง โดยจัดให้มีการโต้แย้งระหว่างกลุ่มนักเรียนเพื่อนำลักษณะสำคัญของแบบจำลองที่อาจแตกต่างกัน มาพิจารณาเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียน

7) ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย

เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลการอภิปราย ข้อคิดเห็นหรือข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของเพื่อนมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้ง แล้วลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล

8) ขั้นขยายความรู้

เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์เพื่ออธิบาย ทำนายเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่างๆ หรือในสถานการณ์ใหม่

แผนภาพที่ 7

ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน
โดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง
และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.4 ผู้วิจัยนำแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนมาวิเคราะห์แนวทางในการวัดและประเมิน แล้วกำหนดวิธีการวัดและประเมินทั้งในระหว่างและหลังการจัดการเรียนการสอน

3. การจัดทำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

การจัดทำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

3.1 การสร้างคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนเพื่อช่วยให้การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดำเนินไปได้ตรงตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ และเพื่อให้ผู้สอนที่ต้องการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ไปทดลองใช้มีความเข้าใจความเป็นมาและองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน และสามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน รวมทั้งวัดและประเมินตามรูปแบบได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ คู่มือดังกล่าวประกอบด้วย

1) ทฤษฎี และแนวคิดพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน
2) หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน
3) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน
4) ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน
5) การวัดและประเมินการจัดการเรียนการสอน
6) แนวทางในการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้
7) เงื่อนไขในการใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอน

3.2 การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น จำนวน 3 แผน แต่ละแผนประกอบด้วยวัตถุประสงค์ เนื้อหา/สาระ กิจกรรมการจัดการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน และการวัดและประเมิน

4. การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอน และเอกสารประกอบรูปแบบ

การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอน และเอกสารประกอบรูปแบบ ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

4.1 ผู้วิจัยนำเอกสารรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เอกสารประกอบรูปแบบ และแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 4 ท่าน (รายชื่อในภาคผนวก ก) พิจารณา

ตรวจสอบแก้ไขและให้ข้อเสนอแนะ จากนั้นนำผลการประเมินและข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอน เอกสารประกอบรูปแบบ และแผนการจัดการเรียนรู้

4.2 ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ไปทดลองสอนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม และ โรงเรียนยานนาเวศวิทยาคม ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในสภาพการเรียนการสอนจริง ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน 2 ครั้ง ดังนี้

4.2.1 ผลการทดลองสอนครั้งที่ 1 พบว่า ขั้นที่ 1 ขั้นทบทวนความรู้เดิม ใช้เวลาเพียงเล็กน้อยประมาณ 1-2 นาที จากที่กำหนดไว้ 5 นาที แล้วจึงเชื่อมโยงไปสู่ขั้นที่ 2 ขั้นตั้งประเด็นคำถาม ส่วนในขั้นตอนอื่นๆ นักเรียนใช้เวลาในแต่ละขั้นตอนเกินเวลาที่กำหนด โดยเฉพาะขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและการปรับปรุงแบบจำลอง นอกจากนี้พบว่า การสร้างแบบจำลองเบื้องต้นทำให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะค้นหาความรู้เพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการ นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่แสดงการโต้แย้งมากนัก

หลังการทดลองสอนครั้งที่ 1 ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลองสอนไปปรับปรุงแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยนำขั้นที่ 1 ขั้นทบทวนความรู้เดิม รวมเข้ากับขั้นที่ 2 ขั้นตั้งประเด็นคำถาม และการโต้แย้งเกิดขึ้นได้ในทุกๆ ขั้น ดังนั้นขั้นตอนการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมี 6 ขั้น ดังนี้ (1) ขั้นตั้งประเด็นคำถาม (2) ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (3) ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง (4) ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (5) ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย และ (6) ขั้นขยายความรู้ โดยมีการอภิปรายโต้แย้งอยู่ในทุกๆ ขั้น รวมทั้งปรับปรุงเอกสารประกอบรูปแบบการเรียนการสอน และปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปใช้ในการทดลองสอนครั้งที่ 2

4.2.2 ผลการทดลองสอนครั้งที่ 2 พบว่า นักเรียนใช้เวลาในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองเป็นไปตามเวลาที่กำหนดมากขึ้น โดยครูแจ้งนักเรียนก่อนให้ทำกิจกรรมว่าครูจะเก็บแบบจำลองทันทีหลังหมดเวลา สำหรับกิจกรรมการโต้แย้ง ครูได้แจ้งเกณฑ์การให้คะแนน และให้นักเรียนช่วยกันตรวจสอบความถูกต้อง ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการให้คะแนน นักเรียนจึงแสดงการโต้แย้งมากขึ้น มีการเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มตนเองกลุ่มเพื่อนมากขึ้น

เมื่อได้ผลจากการทดลองสอนครั้งที่ 2 แล้ว ผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนยิ่งขึ้น เพื่อนำไปทดลองและประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนต่อไป

5. การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอนและเอกสารประกอบรูปแบบ

ผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอน โดยนำข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการตรวจแก้ไขและแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิ และผลจากการทดลองสอนทั้ง 2 ครั้ง มาพิจารณาปรับปรุงเพื่อให้ได้รูปแบบการเรียนการสอน และแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความสมบูรณ์ พร้อมที่จะนำไปใช้ในการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. การเตรียมการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

1.1 การกำหนดประชากร

การศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยกำหนดประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในกรุงเทพมหานคร

1.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 2 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม และโรงเรียนยานนาเวศวิทยาคม โดยดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1) การเลือกโรงเรียน ผู้วิจัยนำข้อมูลคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ ตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment: PISA) ปี 2012 (พ.ศ.2555) มาพิจารณาโดยเลือกโรงเรียนจากกลุ่มโรงเรียนที่นักเรียนมีคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าค่าเฉลี่ย OECD ได้แก่ กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา จำนวน 1 โรงเรียน และจากกลุ่มโรงเรียนที่นักเรียนมีคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ได้แก่ กลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1 โรงเรียน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกโรงเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1.1) เป็นโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.2) กลุ่มตัวอย่างมีทั้งนักเรียนเพศชายและเพศหญิงในห้องเรียนเดียวกัน

1.3) ผู้บริหารและครูในโรงเรียนให้การสนับสนุนและให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2) เลือกระดับชั้นโดยผู้วิจัยพิจารณาเลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งเป็นตัวแทนนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

3) การสุ่มห้องทดลอง โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ด้วยวิธีจับสลาก ผลปรากฏว่าโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม สุ่มได้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 จำนวน 36 คน และ 2/3 จำนวน 35 คน สำหรับโรงเรียนยานนาเวศวิทยาคม สุ่มได้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/4 จำนวน 39 คน และ 2/6 จำนวน 31 คน จากนั้นจึงดำเนินการทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลองด้วยการทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

3.1) นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ซึ่งมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน ของนักเรียนทั้ง 2 ห้อง ในกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานมาทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ด้วยสถิติทดสอบที (t-test) ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ระหว่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 และ 2/3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

ห้องเรียน	$\bar{x}$	S.D.	t	p
ม.2/2	75.37	10.87	1.365	.176
ม.2/3	72.21	9.35		

ตารางที่ 3 แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 และ 2/3 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ระหว่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/4 และ 2/6 โรงเรียนยานนาเวศวิทยาคม

ห้องเรียน	$\bar{x}$	S.D.	t	p
ม.2/4	72.21	9.35	1.081	.283
ม.2/6	70.10	6.54		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 แสดงว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/4 และ 2/6 โรงเรียนยานนาเวศวิทยาคมไม่แตกต่างกัน

3.2) เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ด้วยวิธีจับสลากในแต่ละโรงเรียน ผลปรากฏว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/3 และ 2/4 เป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 และ 2/6 เป็นกลุ่มควบคุม

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ เครื่องมือที่ใช้ศึกษาสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล เครื่องมือที่จะใช้ในการวิจัย มีดังนี้คือ

1. แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน
2. แบบวัดความมีเหตุผล เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียน และหลังเรียน
3. แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเรียน

1. แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ คือ แบบวัดที่ใช้วัดความสามารถ 3 ประการ คือ (1) ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (2) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และ (3) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ใช้เป็นแบบวัดก่อนเรียนและหลังเรียน (pretest–posttest) ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.1 ศึกษาเอกสาร หนังสือ ตำรา งานวิจัยทั้งภาษาไทย และต่างประเทศเกี่ยวกับสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์

1.2 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และการประเมินผล

1.3 กำหนดโครงสร้างของแบบวัดโดยอ้างอิงกรอบแนวคิดของ OECD ซึ่งแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบคือ (1) บริบท (2) ความรู้วิทยาศาสตร์ และ (3) สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ แต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียด ดังนี้

(1) บริบทของวิทยาศาสตร์ สถานการณ์ที่ใช้ในแบบวัดจะเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(2) ความรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

(2.1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับระบบกายภาพ ระบบการดำรงชีวิต ระบบโลกและอวกาศ และระบบเทคโนโลยี

(2.2) ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ร้อยละของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในข้อสอบ PISA 2006 PISA 2012 และค่าเฉลี่ยดังตาราง (OECD, 2013: 112)

ตารางที่ 5 ร้อยละของคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในข้อสอบ PISA 2006 PISA 2012 และค่าเฉลี่ย

ความรู้วิทยาศาสตร์		ร้อยละของคะแนน		
		PISA 2006	PISA 2012	ค่าเฉลี่ย
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ระบบกายภาพ	17	13	15.00
	ระบบการดำรงชีวิต	20	16	18.00
	ระบบโลกและอวกาศ	10	12	11.00
	ระบบเทคโนโลยี	8	9	8.50
ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์	23	23	23.00
	การอธิบายทางวิทยาศาสตร์	22	27	24.50
รวม		100	100	100.00

จากตารางที่ 5 พบว่า คะแนนความรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 50 และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 50

(3) สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์

ร้อยละของคะแนนในแต่ละสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ในข้อสอบ PISA 2006 PISA 2012 และค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 5 (OECD, 2013: 112)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ร้อยละของคะแนนในแต่ละสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ในข้อสอบ PISA 2006 PISA 2012 และค่าเฉลี่ย

สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	ร้อยละของคะแนน		
	PISA 2006	PISA 2012	ค่าเฉลี่ย
การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์	22	23	22.50
การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์	46	41	43.50
การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์	32	37	34.50
รวม	100	100	100.00

ตารางที่ 6 แสดงว่าร้อยละของคะแนนการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เป็น 22.50 43.50 และ 34.50 ตามลำดับ

1.4 สร้างตารางวิเคราะห์แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์จำแนกตามความรู้วิทยาศาสตร์และองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ดังตาราง

ตารางที่ 7 จำนวนข้อในแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์จำแนกตามความรู้วิทยาศาสตร์และองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ / ความรู้วิทยาศาสตร์		การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์	การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์	การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์	รวม
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ระบบกายภาพ	-	4	1	5
	ระบบการดำรงชีวิต	-	5	-	5
	ระบบโลกและอวกาศ	-	2	1	3
	ระบบเทคโนโลยี	-	2	-	2
ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์	การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์	7	-	-	7
	การอธิบายทางวิทยาศาสตร์	-	-	8	8
รวมจำนวนข้อ		7	13	10	30
รวมร้อยละ		22.50	43.50	34.50	100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7 แสดงว่า แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีจำนวน 30 ข้อ แบ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 15 ข้อ และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ 15 ข้อ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยระบบกายภาพ 5 ข้อ ระบบการดำรงชีวิต 5 ข้อ ระบบโลกและอวกาศ 3 ข้อ และระบบเทคโนโลยี 2 ข้อ ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ 7 ข้อ และการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 8 ข้อ

1.5 กำหนดชนิดของแบบวัดโดยอ้างอิงกรอบแนวคิดของ OECD ซึ่งชนิดของแบบวัดมีด้วยกัน 4 ชนิด คือ (1) แบบเลือกตอบ (simple multiple-choice) (2) แบบเลือกตอบเชิงซ้อน (complex multiple-choice) (3) แบบเขียนตอบปลายปิด (closed constructed-response) และ (4) แบบเขียนตอบปลายเปิด (open constructed-response)

ร้อยละของชนิดของแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ในข้อสอบ PISA 2006 PISA 2012 และค่าเฉลี่ย ดังตาราง (OECD, 2013: 112)

ตารางที่ 8 ร้อยละของชนิดของแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ในข้อสอบ PISA 2006 PISA 2012 และค่าเฉลี่ย

ชนิดของแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	ร้อยละของคะแนน		
	PISA 2006	PISA 2012	เฉลี่ย
แบบเลือกตอบ	35	32	33.50
แบบเลือกตอบเชิงซ้อน	27	34	30.50
แบบเขียนตอบปลายปิด	4	2	3.00
แบบเขียนตอบปลายเปิด	34	32	33.00
รวม	100	100	100.00

ตารางที่ 8 แสดงว่าแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วยแบบเลือกตอบร้อยละ 33.50 แบบเลือกตอบเชิงซ้อนร้อยละ 30.50 แบบเขียนตอบปลายปิดร้อยละ 3.00 และแบบเขียนตอบปลายเปิดร้อยละ 33.00

1.6 สร้างตารางวิเคราะห์แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์จำแนกตามชนิดของแบบวัดและองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ดังตาราง

ตารางที่ 9 จำนวนข้อในแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์จำแนกตามชนิดของแบบวัดและองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ / ชนิดของแบบวัด	การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์	การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์	การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์	รวม
แบบเลือกตอบ	1	5	4	10
แบบเลือกตอบเชิงซ้อน	3	4	2	9
แบบเขียนตอบปลายปิด	-	1	-	1
แบบเขียนตอบปลายเปิด	3	3	4	10
รวมจำนวนข้อ	7	13	10	30
รวมร้อยละ	22.50	43.50	34.50	100

ตารางที่ 9 แสดงว่า แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์มีจำนวน 30 ข้อ ประกอบด้วยการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ 7 ข้อ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ 13 ข้อ และการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ 10 ข้อ แบบเลือกตอบ 10 ข้อ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน 9 ข้อ แบบเขียนตอบปลายปิด 1 ข้อ และแบบเขียนตอบปลายเปิด 10 ข้อ

1.7 ดำเนินการสร้างแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์จำแนกตามความรู้วิทยาศาสตร์และองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และตารางวิเคราะห์แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์จำแนกตามชนิดของแบบวัดและองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ เกณฑ์การให้คะแนนเป็นดังนี้

1.7.1 แบบเลือกตอบ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก ให้ 0 คะแนน

1.7.2 แบบเลือกตอบเชิงซ้อน ถ้าตอบถูกทั้งหมดให้ 1 คะแนน ถ้าตอบถูกบางส่วน หรือไม่ตอบ หรือตอบไม่ครบ ให้ 0 คะแนน

1.7.3 แบบเขียนตอบปลายปิด ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน

1.7.4 แบบเขียนตอบปลายเปิด ถ้าตอบถูกทั้งหมดให้ 2 คะแนน ถ้าตอบถูกบางส่วนให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน

1.8 นำแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์และปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

1.9 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น มีรายละเอียด ดังนี้

1.9.1 ควรปรับคำชี้แจง ให้เพิ่มรายละเอียดตัวอย่างการเปลี่ยนคำตอบ ต่อจากวิธีการเลือกคำตอบ

1.9.2 ควรปรับแผนภาพเรื่อง “การแยกเกลือ ทราย ผงเหล็ก และเศษไม้ชิ้นเล็กๆ ที่ผสมอยู่ด้วยกัน” โดยให้ชื่อวิธีการแยกสารตรงกับลูกศรชี้ และชื่อสาร ก ข ค และ ง ควรใช้เป็น (ก) (ข) (ค) และ (ง) เพื่อความชัดเจน

1.9.3 ควรปรับคำถามข้อ 8 จาก “มวลเท่าเดิม” เปลี่ยนเป็น “มวลเท่ากัน” เพราะถ้าใช้คำว่า “เดิม” อาจสับสนว่าเป็นชิ้นเดิม

1.9.4 ควรปรับข้อความเรื่อง “การผ่าตัดใหญ่” ให้อ่านแล้วเข้าใจง่าย ครอบคลุมและสัมพันธ์กับข้อคำถาม

1.9.5 ควรปรับคำถามข้อ 18 โดยเพิ่มคำว่า “มากที่สุด” ต่อท้ายคำถาม

1.9.6 ควรปรับข้อความเรื่อง “ปรากฏการณ์เรือนกระจก” ให้ชัดเจนและถูกต้อง

1.9.7 ควรปรับคำถามข้อ 22 ให้สั้นกระชับ

1.9.8 ควรปรับข้อความเรื่อง “วนอุทยานแพะเมืองผี” จาก “ความต้านทานต่อการกร่อนสูง” เป็น “ความทนทานต่อการกร่อนสูง”

1.10 นำแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 35 คน แล้วนำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทำการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์รายข้อด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากอยู่ในช่วง 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยง ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค รวมถึงสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษา และความเข้าใจเกี่ยวกับการทำแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ พบว่ามีค่าความยากอยู่ในระดับ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในระดับ 0.21-0.64 มีค่าความเที่ยง 0.85 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

Chulalongkorn University

2 แบบวัดความมีเหตุผล

แบบวัดความมีเหตุผล คือ แบบประเมินที่ใช้สำหรับวัดความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้ชื่อแบบประเมินฉบับนี้ว่า “แบบวัดความมีเหตุผล” มีลักษณะเป็นการทดสอบด้วยสถานการณ์ (situational testing) รายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความมีเหตุผล มีขั้นตอนดังนี้

2.1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและประเมินความมีเหตุผลจากแนวทางการวัดจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์

และการประเมินจิตพิสัยทางการศึกษา เพื่อกำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล ซึ่งสรุปพฤติกรรมบ่งชี้ได้ 7 ประการ คือ (คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525: 55-57); พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537: 26-27); ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 12-13); สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 134); พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548: 13) และ Billeh and Zakharides (1975: 155-156)) (1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล (2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ (4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย (6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ และ (7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้

2.2) สร้างแบบประเมินที่มีลักษณะเป็นการทดสอบด้วยสถานการณ์ ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ (1) สถานการณ์ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล (2) ข้อคำถาม และ (3) ตัวเลือก โดยใช้แนวคิดการสร้างข้อสอบจากแนวคิดการประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการใช้แบบประเมินด้วยสถานการณ์ของ Haney (1969) และ แนวทางการสร้างแบบประเมินด้วยสถานการณ์ของ โชติ เพชรชื่น (2526) ดังมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

(1) สถานการณ์ กำหนดสถานการณ์ที่สะท้อนพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล 7 ประการ ดังนั้นแบบวัดความมีเหตุผลฉบับนี้ประกอบด้วยสถานการณ์ทั้งหมด 7 สถานการณ์

(2) ข้อคำถาม ในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ ได้แก่

ข้อที่ 1 ถามเกี่ยวกับความรู้สึกของบุคคลในสถานการณ์ที่กำหนด

ข้อที่ 2 ถามการปฏิบัติ เมื่อสมมติผู้ตอบเป็นบุคคลในสถานการณ์ที่กำหนด

ข้อที่ 3 ถามการเลือกปฏิบัติของผู้ตอบในแนวทางต่างๆ กัน

(3) ตัวเลือกในแต่ละข้อคำถาม กำหนดไว้ 3 ตัวเลือก ตามระดับความเข้มของเจตคติตามแนวคิดของ Shaw and Wright (1967) ที่กล่าวว่า “ความเข้มของเจตคติของบุคคลแปรค่าได้ทั้งทางบวก ทางลบ และกลางๆ” ดังนั้นการกำหนดตัวเลือกในข้อสอบแต่ละข้อจึงกำหนดได้ดังนี้

ข้อที่ 1 ประกอบด้วยตัวเลือกที่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยและยังตัดสินใจไม่ได้

ข้อที่ 2 ประกอบด้วยตัวเลือกที่แสดงว่ากระทำ ไม่กระทำ และไม่แน่ใจ

ข้อที่ 3 ประกอบด้วยตัวเลือกที่มีพฤติกรรมที่ตรงกับความมีเหตุผล พฤติกรรมที่ตรงข้ามกับความมีเหตุผล และพฤติกรรมที่เป็นกลาง

2.3) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบในแต่ละข้อ ดังนี้

ถ้าตอบพฤติกรรมที่แสดงถึงความมีเหตุผลให้ 1 คะแนน ถ้าตอบพฤติกรรมที่ตรงข้ามกับความมีเหตุผลหรือพฤติกรรมที่เป็นกลางให้ 0 คะแนน

2.4) ดำเนินการสร้างแบบวัดความมีเหตุผล จากนั้นนำแบบประเมินที่สร้างเสร็จ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ ความมีเหตุผล กับสถานการณ์ที่กำหนด รวมทั้งความชัดเจนของภาษาในข้อคำถามและตัวเลือก แล้วจึงปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.5) นำแบบประเมินที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลกับสถานการณ์ที่กำหนด รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษาที่ใช้ในสถานการณ์ ข้อคำถาม และตัวเลือก จากนั้นปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) ควรปรับข้อคำถามและตัวเลือก เพราะยังไม่สะท้อนถึงพฤติกรรมบ่งชี้ในข้อ 2, 3, 16, 17 และ 18

2) ควรให้เขียนตอบแบบปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนได้แสดงเหตุผลของตนเอง

3) แบบประเมินจำกัดเวลาในการตอบ อาจทำให้ตอบคำถามได้ไม่สมบูรณ์

2.6 นำแบบประเมินที่แก้ไขปรับปรุงตามผู้ทรงคุณวุฒิ โดยการตอบคำถามข้อที่ 3 ของแต่ละสถานการณ์ปรับให้เป็นแบบเขียนตอบปลายเปิด แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 35 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินรายข้อ ด้วยการหาค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทั้งฉบับ โดยการหาค่าความเที่ยง ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของ ครอนบาค รวมถึงมีการสอบถามนักเรียนที่ทำแบบประเมินเพิ่มเติมเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษาและความเข้าใจในสถานการณ์ ข้อคำถาม และตัวเลือก

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินพบว่า มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.91 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.89 ส่วนผลการสอบถามนักเรียนพบว่า นักเรียนทุกคนเห็นว่าข้อสอบแต่ละข้อมีความชัดเจนทั้งสถานการณ์ ข้อคำถามและตัวเลือก

3. แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล คือ แบบสังเกตที่ใช้สำหรับวัดพฤติกรรมความมีเหตุผล ใช้ชื่อแบบสังเกตฉบับนี้ว่า “แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล” มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการที่ประกอบด้วยรายการพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล รายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพ มีขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและประเมินพฤติกรรมความมีเหตุผลจากแนวทางการวัดจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และการประเมินจิตพิสัยทางการศึกษา เพื่อกำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล ซึ่งสรุปได้พฤติกรรมบ่งชี้ 7 ประการ (คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525: 55-57); พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537: 26-27); ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 12-13); สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 134); พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548: 13) และ Billeh and Zakharides (1975: 155-156)) ได้แก่ 1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล 2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ 4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น 5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย 6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ และ 7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้

3.2 กำหนดพฤติกรรมที่ใช้สังเกตระหว่างเรียน โดยวิเคราะห์จากพฤติกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอนในชั้นเรียนและพฤติกรรมดังกล่าวสะท้อนถึงพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลที่กำหนด ผลการกำหนดพฤติกรรมที่ใช้สังเกตแสดงดังตาราง

ตารางที่ 10 พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลและพฤติกรรมที่ใช้สังเกตระหว่างเรียน

พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล	พฤติกรรมที่ใช้สังเกตระหว่างเรียน
1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล	1.1) อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ
	1.2) เขียนหรือพูดในเรื่องต่างๆ โดยแสดงเหตุผลประกอบ
2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	2.1) ตั้งคำถามที่มีวัตถุประสงค์เพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา
	2.2) ออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ	3.1) ซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น
	3.2) ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น

ตารางที่ 10 (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล	พฤติกรรมที่ใช้สังเกตระหว่างเรียน
4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น	4.1) ปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์
	4.2) เขียนอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา
5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย	5.1) บันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ
	5.2) สืบค้นหรือซักถามข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ
6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ	6.1) ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนสรุปผล
	6.2) อภิปรายหรือโต้แย้งด้วยการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ
7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้	7.1) อภิปรายและซักถามกับเพื่อนหรือครูเกี่ยวกับผลการสำรวจตรวจสอบ
	7.2) ใช้หนังสือแบบเรียน คู่มือปฏิบัติการหรือสื่อที่ครูใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในการตรวจสอบผลการสำรวจตรวจสอบ

3.3 กำหนดลักษณะของมาตรวัดสำหรับการสังเกตพฤติกรรมแบบตรวจสอบรายการ (checklist) เนื่องจากสามารถบันทึกการสังเกตได้ง่ายและมีความแม่นยำของการตรวจสอบพฤติกรรม โดยกำหนดการตรวจสอบพฤติกรรม ดังนี้

ปฏิบัติ หมายถึง นักเรียนมีพฤติกรรมการแสดงออก

ไม่ปฏิบัติ หมายถึง นักเรียนไม่มีพฤติกรรมการแสดงออก

3.4 จัดกลุ่มพฤติกรรมที่ใช้สังเกตออกเป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะการสังเกต คือ กลุ่มที่ 1 การสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน มีจำนวน 9 พฤติกรรม และกลุ่มที่ 2 การสังเกตร่องรอยพฤติกรรม มีจำนวน 5 พฤติกรรม จากนั้น เรียงลำดับของพฤติกรรมที่ใช้สังเกตให้เป็นไปตามขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกต ซึ่งสรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 11 กลุ่มพฤติกรรมและลำดับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต

กลุ่มพฤติกรรม	ลำดับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต
กลุ่มที่ 1 การสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน จำนวน 9 พฤติกรรม	1) ปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์
	2) สืบค้นหรือซักถามข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ
	3) อภิปรายหรือโต้แย้งด้วยการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ
	4) ซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น
	5) ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น
	6) อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ
	7) เขียนหรือพูดในเรื่องต่างๆ โดยแสดงเหตุผลประกอบ
	8) อภิปรายและซักถามกับเพื่อนที่ครูเกี่ยวกับผลการสำรวจตรวจสอบ
	9) ใช้หนังสือแบบเรียน คู่มือปฏิบัติการหรือสื่อที่ครูใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในการตรวจสอบผลการสำรวจตรวจสอบ
กลุ่มที่ 2 การสังเกตร่องรอยพฤติกรรม จำนวน 5 พฤติกรรม	1) ตั้งคำถามที่มีวัตถุประสงค์เพื่อแสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ที่ศึกษา
	2) ออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
	3) บันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ
	4) ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนสรุปผล
	5) เขียนอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

3.4.1 กำหนดเกณฑ์การแปลผลที่ได้จากการตรวจสอบรายการ ให้เป็นคะแนน ดังนี้

ผลการตรวจสอบรายการพบว่านักเรียนมีพฤติกรรมแสดงออกให้ 1 คะแนน
ผลการตรวจสอบรายการพบว่านักเรียนไม่มีพฤติกรรมแสดงออกให้ 0 คะแนน

3.4.2 ดำเนินการสร้างแบบสังเกต จากนั้นนำแบบสังเกตที่สร้างเสร็จให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความสอดคล้องของพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตกับพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล ตลอดจนวิธีการสังเกตและความชัดเจนของภาษา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.4.3 นำแบบสังเกตที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตกับพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษา ความเหมาะสมของวิธีการและพฤติกรรมที่ใช้สังเกต และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) ควรปรับภาษาพฤติกรรมที่สังเกตข้อ 7 จาก “เขียนหรือพูดในเรื่องต่างๆ โดยแสดงเหตุผลประกอบ” เป็น “แสดงเหตุผลประกอบเขียนหรือพูดในเรื่องต่างๆ”

2) ควรปรับภาษาพฤติกรรมที่สังเกตข้อ 9 จาก “ใช้หนังสือแบบเรียน เอกสารหรือสื่ออื่นๆ ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ในการตรวจสอบผลการสำรวจตรวจสอบ” เป็น “ตรวจสอบผลการทดลองหรือผลการสำรวจกับหนังสือแบบเรียน แบบปฏิบัติการ เอกสารหรือสื่ออื่นๆ”

3) ควรตัดคำว่า “ที่มีวัตถุประสงค์” ออกจากพฤติกรรมที่สังเกตข้อ 10 เพราะไม่สามารถสังเกตได้ชัด

4) ควรปรับภาษาพฤติกรรมที่สังเกตข้อ 11 จาก “ออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์” เป็น “ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและดำเนินการทดลองหรือสำรวจ”

5) ควรปรับภาษาพฤติกรรมที่สังเกตข้อ 14 จาก “เขียนอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา” เป็น “ระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยเขียนอภิปรายผลการทดลองหรือการสำรวจ”

6) พฤติกรรมที่สังเกตในข้อ 3 4 และ 7 มีความซ้ำซ้อนกัน

7) พฤติกรรมที่สังเกตในข้อ 5 และ 8 มีความซ้ำซ้อนกัน

3.4.4 นำแบบสังเกตที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยตัดพฤติกรรมที่สังเกตที่มีความซ้ำซ้อนกัน กลุ่มที่ 1 การสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน มีจำนวน 5 พฤติกรรม และกลุ่มที่ 2 การสังเกตร่องรอยพฤติกรรม มีจำนวน 5 พฤติกรรม จากนั้นผู้วิจัยนำแบบสังเกตไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในระหว่างเรียน เพื่อนำคะแนนที่ได้จากการสังเกตมาตรวจสอบค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (inter-rater reliability) โดยนำคะแนนที่ได้จากการสังเกตของผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนทั้งสองโรงเรียน โรงเรียนละ 1 ท่าน มาหาค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 ผลการตรวจสอบสรุปว่าคะแนนที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลมีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ประเมินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .93

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่จะใช้ในการทดลองในครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนในการเขียนแผนและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน รวมถึงการศึกษาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดชั้นปี และขอบข่ายเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ จากหนังสือหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2. ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จากคู่มือครู และแบบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน แล้วนำมาจัดสาระเพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 30 คาบ คาบละ 50 นาที สรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 12 หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ
1. ระบบต่างๆ ในร่างกายมนุษย์และสัตว์	1.1 ระบบย่อยอาหาร	3
	1.2 ระบบหมุนเวียนเลือด	3
	1.3 ระบบหายใจ	2
	1.4 ระบบขับถ่าย	2
	1.5 ระบบประสาทและการแสดงพฤติกรรม	2
	1.6 ระบบสืบพันธุ์	3
2. แสง	2.1 นัยน์ตากับการมองเห็น	2
	2.2 การสะท้อนของแสงและภาพที่เกิดจากการสะท้อน	4
	2.3 การหักเหของแสงและการใช้ประโยชน์	3
	2.4 การมองเห็น	2
	2.5 สีของวัตถุ	2
	2.6 การดูดกลืนแสงของวัตถุสีต่างๆ	2
	รวม	30

3. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครอบคลุมเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ โดยในขั้นดำเนินการสอนจะมีการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนปกติ กิจกรรมการเรียนการสอนมีความแตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนสรุปได้ดังตาราง

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับการเรียนการสอนแบบปกติ

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	**รูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติ**
1) **ขั้นตั้งประเด็นคำถาม** เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน แล้วเชื่อมโยงกับหัวข้อที่จะศึกษาด้วยปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย และตั้งประเด็นคำถาม ซึ่งนำไปสู่การตั้งสมมุติฐานและค้นหาคำตอบ	1) **ขั้นนำ** ครูกระตุ้นหรือเร้าความสนใจของนักเรียนให้เกิดความสนใจในการเรียน และเกิดปัญหาที่ทำให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น ด้วยการสนทนา ตั้งคำถาม ใช้สื่อประกอบ
2) **ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น** เป็นขั้นที่นักเรียนตั้งสมมุติฐานหรือสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วเลือกวิธีการที่ดีที่สุดอย่างมีเหตุผล	2) **ขั้นกิจกรรม** ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นหาความรู้และคำตอบด้วยตนเอง ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองที่ได้จากการปฏิบัติการทดลอง จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ด้วยตนเอง
3) **ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง** เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานโดยการสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้น หรือทดลอง	
4) **ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง** เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ จัดกระทำ และปรับปรุงแบบจำลอง	
5) **ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย** เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลการอภิปราย ข้อคิดเห็นหรือข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของเพื่อนมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้ง แล้วลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล	3) **ขั้นสรุป** ครูนำนักเรียนสรุปความรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด
6) **ขั้นขยายความรู้** เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์เพื่ออธิบาย ทำนายเหตุการณ์ปรากฏการณ์ต่างๆ หรือในสถานการณ์ใหม่	

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาตรวจสอบเพื่อให้ข้อเสนอแนะแล้วจะนำมาปรับปรุงแก้ไข

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจพิจารณาในด้านความตรงตามจุดประสงค์และเนื้อหา แล้วแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้อีกครั้ง

3. การดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ช่วยเสริมสร้างสรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยในการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนเป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi–experimental research) ที่มีรูปแบบการวิจัยเป็นแบบ two group pretest-posttest design มีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยการเรียนการสอนแบบปกติ มีการเก็บข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม ก่อนและหลังการทดลองเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน โดยการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการทดลองในโรงเรียน 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ได้แก่ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม และ 2) กลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้แก่ โรงเรียนยานนาเวศวิทยาคม เพื่อทดลองว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้ทั้งนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังแผนภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา	กลุ่มทดลอง	O_1----------X----------O_2
	กลุ่มควบคุม	O_1--------~X----------O_2
กลุ่มโรงเรียนสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน	กลุ่มทดลอง	O_1----------X----------O_2
	กลุ่มควบคุม	O_1--------~X----------O_2

แผนภาพที่ 8 รูปแบบการวิจัยที่ใช้ในการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนแบบ two group pretest-posttest design

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง ได้แก่ 1) แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และ 2) แบบวัดความมีเหตุผล

X หมายถึง การเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

~X หมายถึง การเรียนการสอนแบบปกติ เก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการทดลอง ได้แก่ 1) แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และ 2) แบบวัดความมีเหตุผล

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งในกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน รวมทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งทั้งสองโรงเรียนจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการเดียวกันตามขั้นตอนดังนี้

4.1 ขั้นเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

4.1.1 แนะนำการจัดการเรียนการสอนโดยบูรณารูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและการใช้แบบจำลองเป็นฐาน และสาธิตขั้นตอนต่างๆ ในการเรียน พร้อมทั้งแจ้งวัตถุประสงค์ในการเรียนและเงื่อนไขในการเรียนให้กลุ่มทดลองทราบ

4.1.2 ทำการทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และแบบวัดความมีเหตุผลทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

4.2 ขั้นดำเนินการทดลองสอนและการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

ผู้วิจัยจะดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ที่พัฒนาขึ้นตามรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยในแต่ละห้องและแต่ละโรงเรียนใช้เวลาในการเรียนทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ รวม 30 คาบ คาบละ 50 นาที โดยทดลองสอนตั้งแต่วันจันทร์ที่ 16 ธันวาคม 2556 ถึงวันศุกร์ที่ 28 กุมภาพันธ์ 2557 ระหว่างดำเนินการสอนผู้วิจัยจะสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจำนวน 12 ครั้ง ตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 12 แผน แผนละ 1 ครั้ง

4.3 ขั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

4.3.1 เมื่อดำเนินการสอนครบตามที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบนักเรียนโดยใช้แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และแบบวัดความมีเหตุผลฉบับเดิมที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

4.3.2 นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และแบบวัดความมีเหตุผลมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยจะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

5.1.1 หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S.D.*) ของคะแนนที่ได้จากแบบสอบสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ก่อนทดลอง แล้ววิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.1.2 หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S.D.*) ของคะแนนที่ได้จากแบบสอบสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม หลังทดลอง แล้ววิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) โดยนำคะแนนสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้จากแบบสอบสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวัดความมีเหตุผล วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

5.2.1 หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S.D.*) ของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความมีเหตุผล ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ก่อนทดลอง แล้ว

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.2.2 หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*S.D.*) ของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความมีเหตุผล ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม หลังทดลอง แล้ววิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) โดยนำคะแนนความมีเหตุผลที่ได้จากแบบวัดความมีเหตุผลก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์

5.2.3 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลระหว่างการทดลอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการอภิปรายผล ทำการทดสอบด้วยสถิติไคสแควร์ (χ^2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น และตอนที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การนำเสนอผลการวิจัยในตอนนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น และ 2. ผลการตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

1. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

การนำเสนอสาระสำคัญขององค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น แบ่งเป็น 5 ส่วน ได้แก่ 1.1 หลักการ 1.2 วัตถุประสงค์ 1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 1.4 แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และ 1.5 เงื่อนไขในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ดังนี้

1.1 หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยหลักการสำคัญ 2 ประการ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ทฤษฎีพื้นฐาน 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีสรรคนิยม และทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสม์ หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน มีดังนี้

1) การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมศักยภาพในการโต้แย้งโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล

2) การนำแบบจำลองประกอบการโต้แย้งจะช่วยให้การโต้แย้งมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นแนวทางในการตรวจสอบข้อโต้แย้ง ข้อสรุป และความมีเหตุผลได้ง่าย

ผลการสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น แสดงดังแผนภาพต่อไปนี้

ทฤษฎีสรรคนิยม

บุคคลเมื่อพบกับปัญหาที่ขัดแย้งกับความรู้เดิม (prior knowledge) จะก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) บุคคลนั้นจะพยายามแสวงหาคำตอบได้ประสบการณ์ใหม่ (new experience) หรือข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปปรับโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) และจะเชื่อมโยงความรู้เดิม กับข้อมูลใหม่จนกระทั่งสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมา

ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสม์

บุคคลสร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับบุคคลอื่น ความรู้เกิดขึ้นในขณะที่บุคคลมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองานตามบริบทของสังคมและวัฒนธรรม (sociocultural context) โดยอาศัยเครื่องมือ (tools) เครื่องหมาย (sign) โครงสร้างทางสังคม (social structure) และระบบภาษา (language system)

หลักการเรียนรู้ของทฤษฎีสรรคนิยม

1. ความรู้เดิมส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้
2. การเรียนรู้เกิดจากการลงมือปฏิบัติ
3. การเรียนรู้ควรเกิดขึ้นในสภาพจริง

หลักการเรียนรู้ของทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสม์

1. ผู้เรียนใช้เครื่องมือในการเรียนรู้ ได้แก่ อุปกรณ์การทดลอง ระบบสัญลักษณ์
2. ผู้เรียนใช้เครื่องหมายแทนสิ่งที่ได้เรียนรู้ ได้แก่ **แบบจำลอง**
3. ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้น ถ้าได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น ได้แก่ ครู และเพื่อน
4. ระบบภาษาและการสื่อสาร ทำให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลเพิ่มเติม จนเกิดเป็นความรู้ใหม่ ได้แก่ **การโต้แย้ง**

หลักการเรียนรู้ของการใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น
2. การสร้างแบบจำลองช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ค้นพบข้อความรู้ และเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง

1. การสืบสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการในการแสวงหาความรู้ คำถามที่เหมาะสมสามารถนำผู้เรียนไปสู่การค้นพบข้อความรู้ใหม่ๆ ได้
2. การโต้แย้งช่วยให้ผู้เรียนได้คำอธิบายปรากฏการณ์ที่ดีที่สุด เป็นที่ยอมรับมากที่สุด โดยการใช้หลักฐานและเหตุผล

หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมศักยภาพในการโต้แย้งโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล
2. การนำแบบจำลองประกอบการโต้แย้งจะช่วยให้การโต้แย้งมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นแนวทางในการตรวจสอบข้อโต้แย้ง ข้อสรุป และความมีเหตุผลได้ง่าย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนภาพที่ 9 หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมี 2 ประการ ดังนี้

1) เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยความสามารถ 3 ประการ คือ

(1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์

(2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์

(3) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์

2) เพื่อเสริมสร้างความมีเหตุผล โดยเน้นให้ผู้เรียนแสดงถึงพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล 7 ประการ ได้แก่

(1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล

(2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

(3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ

(4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

(5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย

(6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ

(7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้

ผลการวิเคราะห์หลักการเพื่อเชื่อมโยงไปสู่วัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นแสดงดังตารางต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 หลักการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อการเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล

หลักการเรียนรู้ของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น	วัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน	
	สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	ความมีเหตุผล
1. การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมศักยภาพในการโต้แย้งโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล	(1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (1.1) กำหนดประเด็นปัญหาหรือคำถามที่สามารถตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์ (1.2) ตั้งสมมุติฐาน การกำหนดตัวแปร การออกแบบวิธีการทดลอง/การสำรวจ การทดลอง/ การสำรวจ และการสรุปผลการทดลอง/การสำรวจ (2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (2.1) สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลสอดคล้องกับหลักฐาน (2.2) บรรยายหรือแปลความปรากฏการณ์ การพยากรณ์ และการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (2.3) ระบุคำบรรยาย คำอธิบาย และคำพยากรณ์ที่สมเหตุสมผล (3) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (3.1) รู้ว่าต้องใช้หลักฐานใดในการสร้างข้อโต้แย้ง (3.2) สร้างข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล (3.3) สื่อสารข้อสรุปได้อย่างมีคุณภาพ (3.4) นำแนวคิดไปใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	(1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล (1.1) อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นถึงเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ (2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (2.1) ตั้งคำถามและใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและดำเนินการทดลองหรือการสำรวจ (3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ (3.1) ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปราย (4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (4.1) ปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจเพื่อแสวงหาสาเหตุ (5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย (5.1) บันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการทดลองหรือการสำรวจ (6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ (6.1) อภิปราย โต้แย้ง หรือซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปราย (7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้ (7.1) ตรวจสอบผลการทดลองหรือผลการสำรวจกับหนังสือแบบเรียน แบบปฏิบัติการ เอกสารหรือสื่ออื่นๆ เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนสรุปผล

ตารางที่ 14 (ต่อ)

หลักการเรียนรู้ของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น	วัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน	
	สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	ความมีเหตุผล
2. การนำแบบจำลองประกอบการโต้แย้งจะช่วยให้การโต้แย้งมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นแนวทางในการตรวจสอบข้อโต้แย้ง ข้อสรุป และความมีเหตุผลได้ง่าย การจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบ	(1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (1.1) โต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุปผลการทดลอง/ การสำรวจ (2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (2.1) โต้แย้งเพื่อสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลสอดคล้องกับหลักฐาน (2.2) โต้แย้งเพื่อบรรยายหรือแปลความปรากฏการณ์ การพยากรณ์ และการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (2.3) โต้แย้งเพื่อระบุคำบรรยาย คำอธิบาย และคำพยากรณ์ที่สมเหตุสมผล (3) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (3.1) โต้แย้งโดยใช้หลักฐาน (3.2) โต้แย้งเพื่อสร้างข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล (3.3) โต้แย้งเพื่อพัฒนาการสื่อสารข้อสรุปได้อย่างมีคุณภาพ (3.4) โต้แย้งในการนำแนวคิดไปใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	(1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล (1.1) โต้แย้ง อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นถึงเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ (2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (2.1) โต้แย้งในการออกแบบและดำเนินการทดลองหรือการสำรวจ (3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ (3.1) โต้แย้งในการตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปราย (4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (4.1) โต้แย้งขณะปฏิบัติการทดลองหรือการสำรวจเพื่อแสวงหาสาเหตุ (5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย (5.1) โต้แย้งขณะบันทึกข้อมูลระหว่างการดำเนินการทดลองหรือการสำรวจ (6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ (6.1) โต้แย้ง อภิปรายหรือซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปราย (7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้ (7.1) โต้แย้งขณะตรวจสอบผลการทดลองหรือผลการสำรวจกับหนังสือแบบเรียน แบบปฏิบัติการ เอกสารหรือสื่ออื่นๆ เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนสรุปผล

1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน

ผู้วิจัยนำหลักการและวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนมาวิเคราะห์เพื่อเสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่เป็นไปตามหลักการและรูปแบบ แล้วสรุปเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมี 6 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นตั้งประเด็นคำถาม (2) ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (3) ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง (4) ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (5) ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย และ (6) ขั้นขยายความรู้ โดยมีการอภิปรายโต้แย้งอยู่ในทุกๆ ขั้น สำหรับในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

(1) ขั้นตั้งประเด็นคำถาม

เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน แล้วเชื่อมโยงกับหัวข้อที่จะศึกษา ด้วยปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย และตั้งประเด็นคำถาม ซึ่งนำไปสู่การตั้งสมมุติฐานและค้นหาคำตอบ

(2) ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

เป็นขั้นที่นักเรียนตั้งสมมุติฐานหรือสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วเลือกวิธีการที่ดีที่สุดอย่างมีเหตุผล

(3) ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง

เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน โดยการสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้น หรือทดลอง

(4) ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง

เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์จัดกระทำ และปรับปรุงแบบจำลอง

(5) ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย

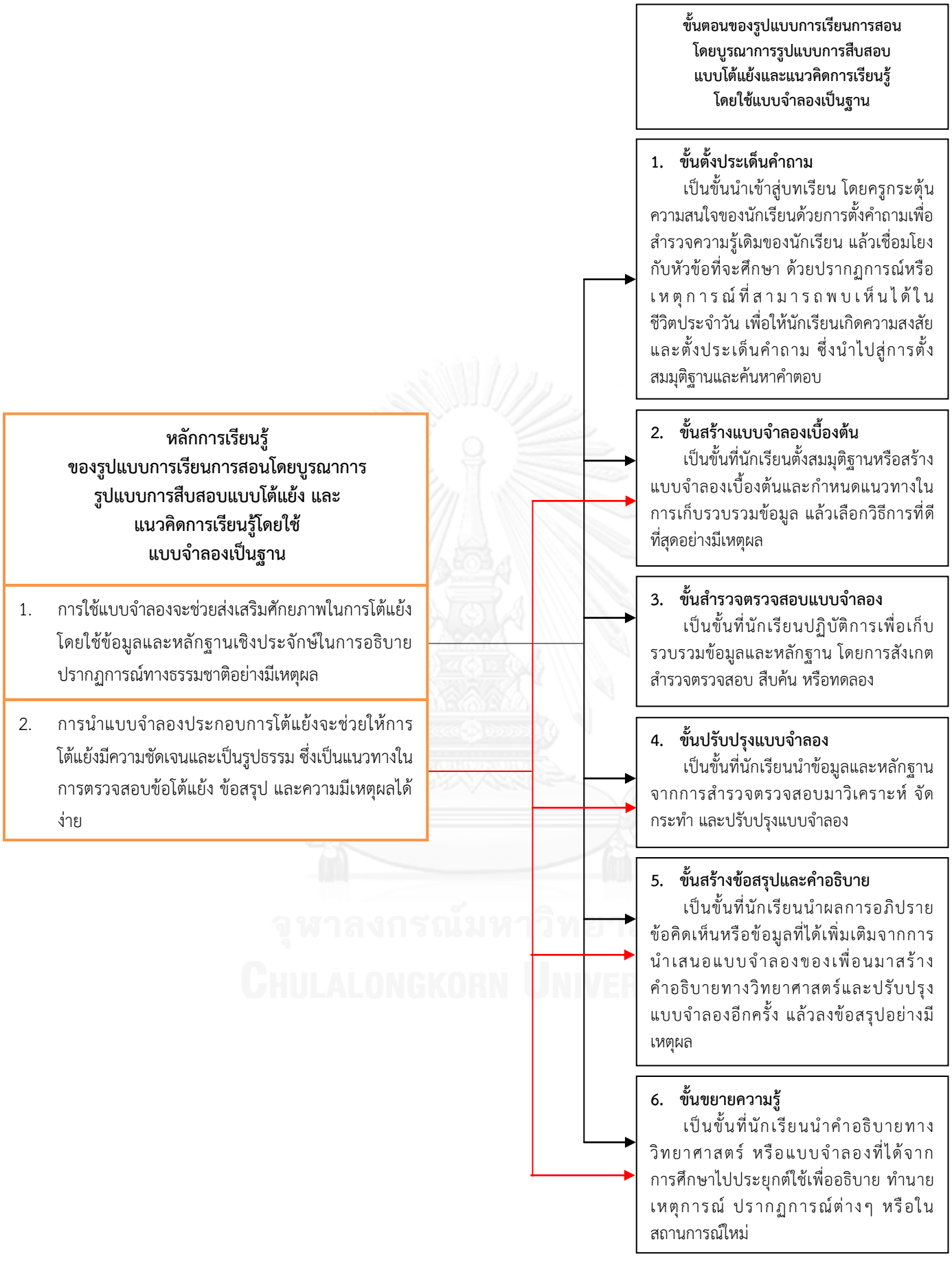
เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลการอภิปราย ข้อคิดเห็นหรือข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของเพื่อนมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้งแล้วลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล

(6) ขั้นขยายความรู้

เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์เพื่ออธิบาย ทำนายเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่างๆ หรือในสถานการณ์ใหม่

ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น และความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนกับการพัฒนาสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล แสดงดังแผนภาพที่ 10 และตารางที่ 14 ดังต่อไปนี้

Chulalongkorn University



แผนภาพที่ 10 ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 15 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นกับการพัฒนาสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น	สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	ความมีเหตุผล
1. **ขั้นตั้งประเด็นคำถาม** เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียน โดยครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน แล้วเชื่อมโยงกับหัวข้อที่จะศึกษา ด้วยปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย และตั้งประเด็นคำถามซึ่งนำไปสู่การตั้งสมมุติฐานและค้นหาคำตอบ	(1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์	(1) อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ (2) ตั้งคำถามเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา (3) ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและดำเนินการทดลองหรือการสำรวจ
2. **ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น** เป็นขั้นที่นักเรียนตั้งสมมุติฐานหรือสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วเลือกวิธีการที่ดีที่สุดอย่างมีเหตุผล	(1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์	(1) อภิปราย โต้แย้ง หรือซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น (2) อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ (3) ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและดำเนินการทดลองหรือการสำรวจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น	สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	ความมีเหตุผล
3. **ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง** เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน โดยการสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้น หรือทดลอง	(1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (2) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์	(1) ปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ (2) อภิปราย โต้แย้ง หรือซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น (3) ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น (4) บันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ
4. **ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง** เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ จัดกระทำ และปรับปรุงแบบจำลอง	(1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (3) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์	(1) อภิปราย โต้แย้ง หรือซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น (2) ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น (3) อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น	สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	ความมีเหตุผล
5. **ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย** เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลการอภิปรายข้อคิดเห็นหรือข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของเพื่อนมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้ง แล้วลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล	(1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (3) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์	(1) อภิปราย โต้แย้ง หรือซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น (2) ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น (3) อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ (4) ตรวจสอบผลการทดลองหรือผลการสำรวจกับหนังสือแบบเรียนแบบปฏิบัติการ เอกสารหรือสื่ออื่นๆ เพื่อใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนสรุปผล (5) ระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา
6. **ขั้นขยายความรู้** เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้เพื่ออธิบาย ทำนายเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่างๆ หรือในสถานการณ์ใหม่	(1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (3) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์	(1) อภิปราย โต้แย้ง หรือซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น (2) ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น

บทบาทครูและนักเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 6 ขั้นตอน โดยมีการอภิปรายโต้แย้งอยู่ในทุกๆ ขั้น ซึ่งมีรายละเอียดของบทบาทครูและบทบาทนักเรียนตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน ดังตารางต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 ขั้นตอนการเรียนการสอน บทบาทครู และบทบาทนักเรียน ตามรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. **ขั้นตั้งประเด็นคำถาม** เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน แล้วเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนกับหัวข้อที่จะศึกษา ด้วยปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย และตั้งประเด็นคำถาม ซึ่งนำไปสู่การตั้งสมมุติฐานและค้นหาคำตอบ	1) กระตุ้นความสนใจในเรื่อง หัวข้อ ประเด็นปัญหา หรือปรากฏการณ์ที่กำลังจะศึกษา 2) เชื่อมโยงประสบการณ์หรือความรู้เดิมกับเรื่องที่จะศึกษา 3) ใช้คำถามที่ก่อให้เกิดข้อสงสัย เกิดเป็นข้อคำถามสมมติฐาน หรือคำสำคัญในการค้นคว้า	1) แสดงความสนใจต่อเรื่อง หัวข้อ ประเด็นปัญหา หรือปรากฏการณ์ที่กำลังจะศึกษา 2) เชื่อมโยงความรู้โดยพิจารณาความรู้ หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่กับเรื่องที่จะศึกษา 3) ตั้งคำถาม สมมติฐาน หรือระบุคำสำคัญในการค้นคว้า
2. **ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น** เป็นขั้นที่นักเรียนตั้งสมมุติฐานหรือสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วเลือกวิธีการที่ดีที่สุดอย่างมีเหตุผล	1) จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้ 2) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบสมมติฐานของตนเอง 3) ชี้ให้เห็นความสำคัญของการสร้างแบบจำลอง 4) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดพิจารณาในการสร้างแบบจำลองอย่างมีเหตุผล	1) คิด พิจารณา วางแผน และออกแบบวิธีดำเนิน การสำรวจตรวจสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
3. ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน โดยการสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้น หรือทดลอง	1) ชี้ให้เห็นความสำคัญของหลักฐานและเหตุผลในการสำรวจตรวจสอบ	1) ดำเนินการสำรวจตรวจสอบด้วยการทำงานเป็นกลุ่มขนาดเล็ก 2) จัดกระทำ และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ
4. ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ จัดกระทำ และปรับปรุงแบบจำลอง	1) จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้ 2) กระตุ้นและชี้ให้เห็นความสำคัญของการปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง 3) นำการอภิปราย ผลการศึกษาค้นคว้า ทดลอง จัดการและควบคุมเวลาสำหรับการโต้แย้ง 4) ให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอแบบจำลอง 5) กระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง โดยใช้เกณฑ์การประเมินที่ครูกำหนด 6) ให้คำชี้แนะในการปรับปรุงและแก้ไข แบบจำลอง	1) สร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับข้อมูล 2) นำเสนอแบบจำลอง และข้อโต้แย้งต่อเพื่อนร่วมชั้นเรียน 3) แสดงความเห็นด้วยหรือขัดแย้งต่อแบบจำลองและข้อโต้แย้งที่นำเสนอพร้อมให้เหตุผลประกอบ
5. ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลการอภิปราย ข้อคิดเห็นหรือข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของเพื่อนมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้ง แล้วลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล	1) กระตุ้นให้นักเรียนเขียนรายงานที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจ และกระบวนการที่ได้ปฏิบัติ	1) เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง เพื่อสื่อสารความคิดของตนเอง 2) นำผลที่ได้จากการอภิปรายและจากการศึกษาค้นคว้ามาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง 3) นำเสนอแบบจำลองของตนเองภายในกลุ่มย่อย 4) นำลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองแต่ละกลุ่มมาสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ของชั้นเรียน

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
6. ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์เพื่ออธิบาย ทำนายเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่างๆ หรือในสถานการณ์ใหม่	1) ใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน 2) แก้ไขมโนทัศน์ที่ผิดของนักเรียน	1) นำแบบจำลองที่มีความเห็นร่วมกันไปใช้เพื่อแก้ปัญหา อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่กำหนด

1.4 แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน

การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ประเมินผลรอบด้านทั้งด้านความรู้ กระบวนการ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามสภาพที่เป็นจริงของผู้เรียน ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย โดยเน้นการประเมินสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และการประเมินความมีเหตุผล โดยใช้แบบวัดความมีเหตุผลและแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

1.5 เงื่อนไขในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

การใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีเงื่อนไขในการใช้รูปแบบดังต่อไปนี้

1) เงื่อนไขด้านผู้สอน

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น นอกจากผู้สอนจะต้องมีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างดีแล้ว ยังควรเป็นผู้ที่สามารถกระตุ้นความสนใจในเรื่อง หัวข้อ ประเด็นปัญหา หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา เห็นความสำคัญของการสร้างแบบจำลอง และเห็นความสำคัญของหลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

2) เงื่อนไขด้านเวลา

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่เน้นให้ผู้เรียนค่อยๆ สืบสอบหาความรู้ ดังนั้น ผู้สอนที่จะนำรูปแบบนี้ไปใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอนจะต้องพิจารณาว่า

รายวิชาดังกล่าวนั้นมีระยะเวลาที่มีจำนวนชั่วโมงมากเพียงพอที่จะให้ผู้เรียนสืบสอบหาความรู้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถในการปฏิบัติสิ่งที่ได้เรียนรู้นั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) เงื่อนไขด้านผู้เรียน

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่นำไปทดลองใช้กับผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อย่างไรก็ตาม ผู้สอนสามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ไปใช้ในระดับการศึกษาอื่นๆ ได้ทั้งในระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา โดยผู้สอนต้องพิจารณาว่า เนื้อหาสาระในรายวิชาที่ตนสอนนั้นต้องการพัฒนาผู้เรียนในด้านใด หากรายวิชาที่สอนเน้นในด้านความสามารถในการระบุประเด็นปัญหา ความสามารถในการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบนี้ ผู้สอนสามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้โดยพิจารณาเงื่อนไขในด้านความสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระในรายวิชา และด้านเวลา ผู้สอนสามารถคัดเลือกเนื้อหาสาระที่เหมาะกับวัยของผู้เรียน ปรับเปลี่ยนกิจกรรม และใช้เทคนิคต่างๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับ

3. ผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

การนำเสนอผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 3.1 การตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ และ 3.2 การทดลองสอน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

3.1.1 การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

พบว่า องค์ประกอบแต่ละส่วนของรูปแบบมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน รายละเอียดข้อเสนอแนะในแต่ละด้านของผู้ทรงคุณวุฒิมีดังนี้

1) ด้านหลักการของรูปแบบการเรียนการสอน

1.1) สาระในหลักการของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดที่เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบ

1.2) หลักการเรียนรู้ของรูปแบบสืบสอบที่เขียน มีลักษณะเป็นกระบวนการ ไม่ใช่หลักการ

1.3) หลักการของแนวคิดหมายถึงอะไร หลักการและแนวคิดเป็นสิ่งเดียวกัน เพียงแต่ต่างกันที่ระดับ

2) ด้านกระบวนการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอน

2.1) กระบวนการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนมีความสอดคล้องกับหลักการ

2.2) หลักการเรียนรู้ในหัวข้อ “การนำความรู้ที่ได้ไปใช้เชื่อมโยงกับความรู้เดิม” แต่ในคำอธิบายเป็นการนำแนวคิดที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าไปอธิบายเหตุการณ์ทำนายเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่างๆ หรือในสถานการณ์ใหม่ จึงไม่สอดคล้องกัน

การปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมี 2 ประเด็น ได้แก่ 1) ปรับการเขียนหลักการเรียนรู้ให้ชัดเจน และ 2) ปรับคำอธิบายหลักการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหัวข้อ

3.1.2 การตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และหลักการของรูปแบบการเรียนการสอน แต่มีข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเพิ่มเติม ดังนี้

1) ขั้นตั้งประเด็นคำถาม ส่วนใหญ่ครูเป็นผู้ตั้งคำถาม ควรให้นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามที่เป็นข้อสงสัยของตน แล้วนำไปสู่การตั้งสมมุติฐาน

2) ควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองตามทฤษฎีสรรคนิยม และต้องแสดงให้เห็นชัด

3) ประเด็นที่ใช้ในการโต้แย้ง ส่วนใหญ่เป็นการโต้แย้งในประเด็นความรู้ที่นักเรียนมีและที่ศึกษามาแล้ว กิจกรรมเป็นเพียงการตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่สามารถพิสูจน์ได้ว่าข้อมูลใดผิดหรือถูก โดยดูจากหลักฐาน แต่เนื้อหาที่สอนมีคำตอบตายตัว เนื้อหาเช่นนี้เหมาะสมกับการโต้แย้งหรือไม่ การโต้แย้งน่าจะเหมาะกับสาระที่อิงความคิดเห็น หรือการประมวลและเชื่อมโยงข้อมูลหลายด้าน

4) ทบทวนการโต้แย้งว่ามีสาระสำคัญและองค์ประกอบสำคัญอะไรบ้าง

การปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมี 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ปรับกิจกรรมให้นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม 2) ปรับกิจกรรมให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองตามทฤษฎีสรรคนิยม 3) ปรับประเด็นที่ใช้ในการโต้แย้งให้เป็นประเด็นที่สามารถโต้แย้งได้

Chulalongkorn University

3.2 การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนโดยการทดลองสอน

ผลการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปทดลองสอนกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2556 จำนวน 25 คน ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง มีดังนี้

3.2.1 ผลการทดลองสอนครั้งที่ 1 พบว่า นักเรียนใช้เวลาในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนเกินเวลาที่ครูกำหนด โดยเฉพาะการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและการปรับปรุงแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองเบื้องต้นทำให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะค้นหาความรู้เพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการ นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่แสดงการโต้แย้งมากนัก

3.2.2 ผลการทดลองสอนครั้งที่ 2 พบว่า นักเรียนใช้เวลาในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและปรับปรุงแบบจำลองในเวลาที่กำหนดมากขึ้น โดยครูแจ้งนักเรียนก่อนให้ทำกิจกรรมว่าครูจะเก็บแบบจำลองทันทีหลังหมดเวลา สำหรับกิจกรรมการโต้แย้ง ครูได้แจ้งเกณฑ์การให้คะแนน และให้นักเรียนช่วยกันตรวจสอบความถูกต้อง ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการให้คะแนน นักเรียนจึงแสดงการโต้แย้งมากขึ้น มีการเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มตนเองกลุ่มเพื่อนมากขึ้น

ผลการทดลองสอน ได้นำไปใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มทดลอง (ตัวอย่างในภาคผนวก ง)

ตอนที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ในการประเมินประสิทธิผลรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยข้อมูล 2 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และ 2. ด้านความมีเหตุผล โดยนำเสนอผลตามลำดับดังต่อไปนี้

1. ด้านสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

การนำเสนอประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นในด้านสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์นั้น จะนำเสนอผลการเปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง โดยมีคะแนนเต็ม 40 คะแนน ดังตารางที่ 17, 18 และ 19 เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 20, 21 และ 22 และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังตารางที่ 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 17 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 75)	18.36	7.17	45.90	23.93	5.21	60.23	16.408	.000*

*p < .05

จากตารางที่ 17 พบว่าสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่มีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ร้อยละ 60.23 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70

ตารางที่ 18 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 36)	23.56	5.52	58.90	28.03	3.78	70.08	10.226	.000*

*p < .05

จากตารางที่ 18 พบว่าสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ร้อยละ 70.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70

ตารางที่ 19 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 39)	13.56	4.77	33.90	20.15	3.00	50.38	14.284	.000*

*p < .05

จากตารางที่ 19 พบว่าสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง กลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่มีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ร้อยละ 50.38 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70

ตารางที่ 20 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			t	p	หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$			$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 75)	18.36	7.17	45.90	.02	.98	23.93	5.21	60.23	6.08	.00*
กลุ่มควบคุม (n = 67)	18.39	7.03	45.98			17.69	6.99	44.23		

*p < .05

ตารางที่ 20 พบว่า นักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานก่อนการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตารางที่ 21 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			t	p	หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$			$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 36)	23.56	5.52	58.90	.59	.56	28.03	3.78	70.08	4.92	.00*
กลุ่มควบคุม (n = 36)	22.72	6.42	56.80			20.92	7.81	52.30		

*p < .05

จากตารางที่ 21 พบว่า นักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตารางที่ 22 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			t	p	หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$			$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 39)	13.56	4.77	33.90	.21	.83	20.15	3.00	50.38	8.52	.00*
กลุ่มควบคุม (n = 31)	13.35	3.44	33.38			13.94	3.05	34.85		

*p < .05

จากตารางที่ 22 พบว่า นักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

แหล่งความแปรปรวน	Df	SS	MS	F [a]	p
คะแนนก่อนทดลอง	1	637.155	637.155	221.732	.000*
ระหว่างกลุ่มโรงเรียน	1	43.311	43.311	15.072	.000*
ความคลาดเคลื่อน	72	206.894	2.874		
รวมทั้งหมด	75	44965.000			

*p < .05

[a] one-tailed independent F-test

(a) R Squared = .897 (Adjusted R Squared = .894)

จากตารางที่ 23 พบว่า เมื่อใช้คะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนทดลองเป็น ตัวแปรร่วม ภายหลังการทดลองคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของทั้งสองโรงเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนก่อนทดลองที่แตกต่างกันของทั้งสองโรงเรียนมีอิทธิพลต่อคะแนนหลังทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ด้านความมีเหตุผล

การนำเสนอประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นในด้านความมีเหตุผล จะนำเสนอผลการเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบวัดความมีเหตุผลระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งมีคะแนนเต็ม 21 คะแนน ดังตารางที่ 23, 24 และ 25 เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 26, 27 และ 28 และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังตารางที่ 29

ตารางที่ 24 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 75)	11.98	3.36	57.05	18.03	1.21	85.86	16.000	.000*

*p < .05

จากตารางที่ 24 พบว่าความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลอง กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 36)	13.06	2.98	62.19	18.11	1.51	86.24	10.804	.000*

*p < .05

จากตารางที่ 25 พบว่าความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลอง กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษามีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 26 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 39)	11.00	3.43	52.38	17.95	.857	85.47	12.640	.000*

*p < .05

จากตารางที่ 26 พบว่าความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลอง กลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 27 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			t	p	หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$			$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 75)	11.98	3.36	57.05	1.01	.316	18.03	1.21	85.86	2.19	.030*
กลุ่มควบคุม (n = 67)	12.61	4.03	60.05			17.48	1.75	83.24		

*p < .05

จากตารางที่ 27 พบว่า นักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานก่อนการทดลองนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตารางที่ 28 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			t	p	หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$			$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 36)	13.06	2.98	62.19	1.475	.145	18.11	1.51	86.24	.995	.343
กลุ่มควบคุม (n = 36)	14.33	4.26	68.24			17.75	1.70	84.52		

จากตารางที่ 28 พบว่า นักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับหลังการทดลองนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 29 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง			t	p	หลังทดลอง			t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$			$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$		
กลุ่มทดลอง (n = 39)	11.00	3.43	52.38	.534	.595	17.95	.857	85.47	2.422	.018*
กลุ่มควบคุม (n = 31)	10.61	2.63	50.52			17.16	1.791	81.71		

*p < .05

จากตารางที่ 29 พบว่า นักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F [a]	Sig.
คะแนนก่อนทดลอง	1	6.610	6.610	4.719	.033*
ระหว่างกลุ่มโรงเรียน	1	.015	.015	.011	.918
ความคลาดเคลื่อน	72	100.843	1.401		
รวมทั้งหมด	75	24480			

*p < .05

[a] one-tailed independent F-test

a R Squared = .066 (Adjusted R Squared = .040)

จากตารางที่ 30 พบว่า เมื่อใช้คะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วม ภายหลังการทดลองคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของทั้งสองโรงเรียนไม่มีความแตกต่างกัน

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการอภิปรายผล และข้อเสนอแนะการวิจัย ดังนี้ (1) ด้านสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบ (2) ด้านความมีเหตุผลจำแนกตามองค์ประกอบ และ (3) ด้านความมีเหตุผลจากการสังเกต

(1) ด้านสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบ

การนำเสนอผลคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง โดยใช้คะแนนเฉลี่ยหลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ประการคือ 1) ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ 2) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และ 3) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ได้ผลดังตารางที่ 31, 32 และ 33

ตารางที่ 31 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$
1) ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (10)	5.27	1.44	52.66
2) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (16)	11.09	2.33	69.13
3) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (14)	7.57	2.37	54.07
รวม 40 คะแนน	23.93	5.20	59.82

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 31 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำแนกตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ (1) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (2) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ

ตารางที่ 32 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$
1) ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (10)	6.19	1.33	61.90
2) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (16)	12.56	1.61	78.50
3) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (14)	9.28	2.24	66.29
รวม 40 คะแนน	28.03	3.78	70.08

จากตารางที่ 32 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา แยกตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ (1) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (2) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ

ตารางที่ 33 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$
1) ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (10)	4.41	0.91	44.10
2) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (16)	9.74	2.07	60.88
3) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (14)	6.00	1.00	42.86
รวม 40 คะแนน	20.15	3.01	50.38

จากตารางที่ 33 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน แยกตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ (1) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (3) ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ และ (2) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ

(2) ด้านความมีเหตุผลจำแนกตามองค์ประกอบ

การนำเสนอผลคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของกลุ่มทดลอง โดยใช้คะแนนเฉลี่ยหลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของความมีเหตุผลทั้ง 7 ประการคือ (1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล (2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ (4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย (6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ และ (7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้ ได้ผลดังตารางที่ 34, 35 และ 36

ตารางที่ 34 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ความมีเหตุผล	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$
(1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล	2.71	.458	90.00
(2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	2.71	.458	90.00
(3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ	2.16	.369	72.33
(4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น	2.37	.487	79.67
(5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย	2.32	.470	77.33
(6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ	2.81	.392	94.00
(7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้	2.95	.226	98.33

จากตารางที่ 34 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของความมีเหตุผลของนักเรียนของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน แยกตามองค์ประกอบของความมีเหตุผลเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ (1) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้ (2) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ (3) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล (4) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (5) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (6) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย และ (7) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 35 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ความมีเหตุผล	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$
(1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล	2.53	.506	84.33
(2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	2.61	.494	87.00
(3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ	2.33	.478	77.67
(4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น	2.64	.487	88.00
(5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย	2.28	.454	76.00
(6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ	2.78	.421	92.67
(7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้	2.94	.232	98.00

จากตารางที่ 35 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา แยกตามองค์ประกอบของความมีเหตุผลเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ (1) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้ (2) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ (3) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (4) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (5) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล (6) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ และ (7) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย ตามลำดับ

ตารางที่ 36 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง จำแนกตามองค์ประกอบของความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ความมีเหตุผล	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$
(1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล	2.87	.339	95.67
(2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	2.79	.409	93.00
(3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ	2.00	.000	66.67
(4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น	2.13	.339	71.00
(5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย	2.36	.486	78.67
(6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ	2.85	.366	95.00
(7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้	2.95	.223	98.33

จากตารางที่ 36 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน แยกตามองค์ประกอบของความมีเหตุผลเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ (1) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้ (2) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล (3) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ (4) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย (6) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และ (7) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ ตามลำดับ

(3) ด้านความมีเหตุผลจากการสังเกต

ความมีเหตุผลจากการสังเกต เป็นการสังเกตพฤติกรรมของตัวแทนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 10 คน ระหว่างเรียน จำนวน 12 ครั้ง สังเกตโดยใช้วิธีการตรวจสอบรายการ (checklist) จากรายการพฤติกรรมความมีเหตุผลที่กำหนดทั้งหมด 10 พฤติกรรม โดยนับจำนวนครั้งที่พบพฤติกรรมความมีเหตุผลในแต่ละด้าน จำนวน 12 ครั้ง แล้วนำจำนวนครั้งในแต่ละพฤติกรรมมารวมกัน ได้ผลดังตารางที่ 37, 38 และ 39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 37 เปรียบเทียบพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

พฤติกรรมที่สังเกต	กลุ่ม	จำนวนครั้งที่พบพฤติกรรม	ร้อยละจำนวนครั้งที่พบพฤติกรรม	χ^2	p
พฤติกรรมข้อที่ 1	กลุ่มควบคุม	222	97.4	3.893	0.053
	กลุ่มทดลอง	239	99.6		
พฤติกรรมข้อที่ 2	กลุ่มควบคุม	109	47.8	98.096	.000*
	กลุ่มทดลอง	216	90.0		
พฤติกรรมข้อที่ 3	กลุ่มควบคุม	85	37.3	112.727	.000*
	กลุ่มทดลอง	204	85.0		
พฤติกรรมข้อที่ 4	กลุ่มควบคุม	74	32.5	54.737	.000*
	กลุ่มทดลอง	160	66.7		
พฤติกรรมข้อที่ 5	กลุ่มควบคุม	105	46.1	49.169	.000*
	กลุ่มทดลอง	186	77.5		
พฤติกรรมข้อที่ 6	กลุ่มควบคุม	131	57.5	128.801	.000*
	กลุ่มทดลอง	240	100.0		
พฤติกรรมข้อที่ 7	กลุ่มควบคุม	157	68.9	88.103	.000*
	กลุ่มทดลอง	240	100.0		
พฤติกรรมข้อที่ 8	กลุ่มควบคุม	195	85.5	10.822	.001*
	กลุ่มทดลอง	227	94.6		
พฤติกรรมข้อที่ 9	กลุ่มควบคุม	145	63.6	12.372	.000*
	กลุ่มทดลอง	188	78.3		
พฤติกรรมข้อที่ 10	กลุ่มควบคุม	133	58.3	25.868	.000*
	กลุ่มทดลอง	192	80.0		

*p < .05

จากตารางที่ 37 พบว่าพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานมีสัดส่วนที่ต่างกันอย่างชัดเจน โดยพฤติกรรมข้อที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ของนักเรียนกลุ่มทดลองพบได้มากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 38 เปรียบเทียบพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

พฤติกรรมที่สังเกต	กลุ่ม	จำนวนครั้งที่พบพฤติกรรม	ร้อยละจำนวนครั้งที่พบพฤติกรรม	χ^2	p
พฤติกรรมข้อที่ 1	กลุ่มควบคุม	108	100.0	-	-
	กลุ่มทดลอง	120	100.0		
พฤติกรรมข้อที่ 2	กลุ่มควบคุม	64	59.3	45.065	.000*
	กลุ่มทดลอง	115	95.8		
พฤติกรรมข้อที่ 3	กลุ่มควบคุม	72	66.7	20.286	.000*
	กลุ่มทดลอง	109	90.8		
พฤติกรรมข้อที่ 4	กลุ่มควบคุม	32	29.6	34.059	.000*
	กลุ่มทดลอง	82	68.3		
พฤติกรรมข้อที่ 5	กลุ่มควบคุม	76	70.4	1.162	.281
	กลุ่มทดลอง	92	76.7		
พฤติกรรมข้อที่ 6	กลุ่มควบคุม	93	86.1	17.840	.000*
	กลุ่มทดลอง	120	100.0		
พฤติกรรมข้อที่ 7	กลุ่มควบคุม	89	82.4	23.030	.000*
	กลุ่มทดลอง	120	100.0		
พฤติกรรมข้อที่ 8	กลุ่มควบคุม	93	86.1	.823	.364
	กลุ่มทดลอง	108	90.0		
พฤติกรรมข้อที่ 9	กลุ่มควบคุม	81	75.0	.000	1.000
	กลุ่มทดลอง	90	75.0		
พฤติกรรมข้อที่ 10	กลุ่มควบคุม	80	74.1	.364	.546
	กลุ่มทดลอง	93	77.5		

*p < .05

จากตารางที่ 38 พบว่าพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษามีสัดส่วนที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ทั้งสิ้น 5 พฤติกรรม ได้แก่พฤติกรรมข้อที่ 2, 3, 4, 6 และ 7

นอกจากนี้ในพฤติกรรมข้อที่ 1 ไม่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของสัดส่วนได้ เนื่องจากนักเรียนทุกคนแสดงพฤติกรรมทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 39 เปรียบเทียบพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

พฤติกรรมที่สังเกต	กลุ่ม	จำนวนครั้งที่พบพฤติกรรม	จำนวนครั้งที่พบพฤติกรรม	χ^2	p
พฤติกรรมข้อที่ 1	กลุ่มควบคุม	114	95.0	3.679	.055
	กลุ่มทดลอง	119	99.2		
พฤติกรรมข้อที่ 2	กลุ่มควบคุม	45	37.5	54.841	.000*
	กลุ่มทดลอง	101	84.2		
พฤติกรรมข้อที่ 3	กลุ่มควบคุม	13	10.8	113.199	.000*
	กลุ่มทดลอง	95	79.2		
พฤติกรรมข้อที่ 4	กลุ่มควบคุม	42	35.0	21.600	.000*
	กลุ่มทดลอง	78	65.0		
พฤติกรรมข้อที่ 5	กลุ่มควบคุม	29	24.2	70.461	.000*
	กลุ่มทดลอง	94	78.3		
พฤติกรรมข้อที่ 6	กลุ่มควบคุม	38	31.7	124.557	.000*
	กลุ่มทดลอง	120	100.0		
พฤติกรรมข้อที่ 7	กลุ่มควบคุม	68	56.7	66.383	.000*
	กลุ่มทดลอง	120	100.0		
พฤติกรรมข้อที่ 8	กลุ่มควบคุม	102	85.0	16.518	.000*
	กลุ่มทดลอง	119	99.2		
พฤติกรรมข้อที่ 9	กลุ่มควบคุม	64	53.3	21.956	.000*
	กลุ่มทดลอง	98	81.7		
พฤติกรรมข้อที่ 10	กลุ่มควบคุม	53	44.2	37.967	.000*
	กลุ่มทดลอง	99	82.5		

*p < .05

จากตารางที่ 39 พบว่าพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีสัดส่วนที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งสิ้น 9 พฤติกรรม ได้แก่พฤติกรรมข้อที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และเพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ดังนั้น การดำเนินการวิจัยจึงแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ได้จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่สามารถนำมาใช้ในการเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล โดยกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนแล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ เมื่อปรับปรุงคุณภาพรูปแบบการเรียนการสอนแล้วจึงเข้าสู่ขั้นการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และโรงเรียนยานนาเวศวิทยาคม โรงเรียนละ 2 ห้องเรียน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ รวม 30 คาบ และนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และแบบวัดความมีเหตุผล มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สถิติการทดสอบค่าที (t-test) การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)) และการทดสอบด้วยสถิติไคสแควร์ (χ^2)

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยมี 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1. รูปแบบการเรียนการสอน และ 2. ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยนำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นแบบแผนในการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาจากหลักการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรรคนิยม และทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสม์ โดยทฤษฎีสรรคนิยมเชื่อว่าบุคคลเมื่อพบกับปัญหาที่ขัดแย้งกับความรู้เดิมจะก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา บุคคลนั้นจะพยายามแสวงหาคำตอบ ได้ประสบการณ์ใหม่ หรือข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปปรับโครงสร้างทางปัญญา และจะเชื่อมโยงความรู้เดิม กับข้อมูลใหม่ จนกระทั่งสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมา และทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวัสม์ เชื่อว่าบุคคลสร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับบุคคลอื่น ความรู้เกิดขึ้นในขณะที่บุคคลมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองานตามบริบทของสังคมและวัฒนธรรม โดยอาศัยเครื่องมือ เครื่องหมาย โครงสร้างทางสังคม และระบบภาษา

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 5 ประการ ได้แก่ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 4) แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน และ 5) เงื่อนไขในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียด ดังนี้

1) หลักการ

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วยหลักการสำคัญ 2 ประการ ดังนี้

1.1) การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมศักยภาพในการโต้แย้งโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล

1.2) การนำแบบจำลองประกอบการโต้แย้งจะช่วยให้การโต้แย้งมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นแนวทางในการตรวจสอบข้อโต้แย้ง ข้อสรุป และความมีเหตุผลได้ง่าย

2) วัตถุประสงค์

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีวัตถุประสงค์ 2 ประการ ดังนี้

2.1) เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยความสามารถ 3 ประการ คือ (1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และ (3) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์

2.2) เพื่อเสริมสร้างความมีเหตุผล โดยเน้นให้ผู้เรียนแสดงถึงพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล 7 ประการ ได้แก่ (1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล (2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ (4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย (6) แสดงความคิดเห็นหรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ และ (7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้

3) ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีขั้นตอนหลัก 6 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นตั้งประเด็นคำถาม (2) ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (3) ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง (4) ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (5) ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย และ (6) ขั้นขยายความรู้ โดยมีการอภิปรายโต้แย้งอยู่ในทุกๆ ขั้น ในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

(1) ขั้นตั้งประเด็นคำถาม เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน แล้วเชื่อมโยงกับหัวข้อที่จะศึกษาด้วยปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย และตั้งประเด็นคำถามซึ่งนำไปสู่การตั้งสมมุติฐานและค้นหาคำตอบ

(2) ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น เป็นขั้นที่นักเรียนตั้งสมมุติฐานหรือสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วเลือกวิธีการที่ดีที่สุดอย่างมีเหตุผล

(3) ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน โดยการสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้น หรือทดลอง

(4) ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ จัดกระทำ และปรับปรุงแบบจำลอง

(5) ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลการอภิปรายข้อคิดเห็นหรือข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของเพื่อนมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้ง แล้วลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล

(6) ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์เพื่ออธิบาย ทำนายเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่างๆ หรือในสถานการณ์ใหม่

4) แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน

การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ประเมินผลรอบด้านทั้งด้านความรู้ กระบวนการ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามสภาพที่เป็นจริงของผู้เรียน ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย โดยเน้นการประเมินสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และการประเมินความมีเหตุผล โดยใช้แบบวัดความมีเหตุผล และแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

5) เงื่อนไขในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

การใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีเงื่อนไขในการใช้รูปแบบดังต่อไปนี้

(1) เงื่อนไขด้านผู้สอน

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น นอกจากผู้สอนจะต้องมีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างดีแล้ว ยังควรเป็นผู้ที่สามารถกระตุ้นความสนใจในเรื่อง หัวข้อ ประเด็นปัญหา หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา เห็นความสำคัญของการสร้างแบบจำลอง และเห็นความสำคัญของหลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

(2) เงื่อนไขด้านเวลา

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่เน้นให้ผู้เรียนค่อยๆ สืบสอบหาความรู้ ดังนั้น ผู้สอนที่จะนำรูปแบบนี้ไปใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอนจะต้องพิจารณาว่ารายวิชาดังกล่าวนั้นมีระยะเวลาที่มีจำนวนชั่วโมงมากเพียงพอที่จะให้ผู้เรียนสืบสอบหาความรู้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถในการปฏิบัติสิ่งที่ได้เรียนรู้นั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(3) เงื่อนไขด้านผู้เรียน

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่นำไปทดลองใช้กับผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อย่างไรก็ตาม ผู้สอนสามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ไปใช้ในระดับการศึกษาอื่นๆ ได้ทั้งในระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา โดยผู้สอนต้องพิจารณาว่า เนื้อหาสาระในรายวิชาที่ตนสอนนั้นต้องการพัฒนาผู้เรียนในด้านใด หากรายวิชาที่สอนเน้นในด้านความสามารถในการระบุประเด็นปัญหา ความสามารถในการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบนี้ ผู้สอนสามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้โดยพิจารณาเงื่อนไขในด้านความสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระในรายวิชา และด้านเวลา ผู้สอนสามารถคัดเลือกเนื้อหาสาระที่เหมาะกับวัยของผู้เรียน ปรับเปลี่ยนกิจกรรม และใช้เทคนิคต่างๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับ

2. การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน

การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น แบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 2.1 สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และ 2.2 ความมีเหตุผล มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ด้านสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่มีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ร้อยละ 60.23 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70 เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาพบว่า สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ร้อยละ 70.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70 และเมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานพบว่า สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่มีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ร้อยละ 50.38 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70

นักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานก่อนการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เช่นเดียวกันกับเมื่อพิจารณาเฉพาะนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

เมื่อใช้คะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วม ภายหลังการทดลองคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของทั้งสองโรงเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนก่อนทดลองที่แตกต่างกันของทั้งสองโรงเรียนมีอิทธิพลต่อคะแนนหลังทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน

2.2 ด้านความมีเหตุผล

ความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลอง กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกันกับเมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และเฉพาะกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

นักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานก่อนการทดลอง นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเฉพาะนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาพบว่า ก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับหลังการทดลองนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาเฉพาะนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานพบว่า ก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

เมื่อใช้คะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วม ภายหลังการทดลองคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของทั้งสองโรงเรียนไม่มีความแตกต่างกัน

พฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานมีสัดส่วนที่ต่างกันอย่างชัดเจน โดยพฤติกรรมข้อที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ของนักเรียนกลุ่มทดลองพบได้มากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาพบว่า พฤติกรรมข้อที่ 2, 3, 4, 6 และ 7 ของนักเรียนกลุ่มทดลองพบได้มากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มโรงเรียน พบว่า

พฤติกรรมข้อที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ของนักเรียนกลุ่มทดลองพบได้มากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีประเด็นอภิปราย 2 ประเด็น ได้แก่ การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน และประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน โดยนำเสนอตามลำดับต่อไปนี้

1. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

การอภิปรายเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนมีประเด็นสำคัญ 3 ประเด็น ได้แก่ 1.1 จุดเด่น 1.2 ข้อจำกัด และ 1.3 โอกาสในการนำไปใช้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 จุดเด่นของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีจุดเด่น 2 ประการ ดังนี้

1) รูปแบบการเรียนการสอนที่ตอบสนองปัญหาที่เกิดขึ้นในสภาพจริง

จากผลการวิจัยได้สะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลได้ รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบที่เริ่มจากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจริง จากผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย ตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ตั้งแต่ปี 2000 เป็นต้นมา พบว่านักเรียนไทยมีผลการประเมินต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ และคะแนนเฉลี่ยมีแนวโน้มต่ำลง แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยยังอยู่ห่างไกลจากเป้าหมายความเข้มแข็งทางการศึกษา และไม่สามารถเตรียมเยาวชนให้มีศักยภาพในการแข่งขันในอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 16) รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ เน้นให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการสืบสอบ ซึ่งจะนำไปสู่คำตอบของคำถาม สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สามารถสื่อสารคำถาม คำตอบ ข้อมูลและสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ กระบวนการที่ส่งเสริมให้การสืบสอบมีประสิทธิภาพมากขึ้นได้แก่ การโต้แย้งและการใช้แบบจำลอง ซึ่งการนำแบบจำลองมาเป็นส่วนหนึ่งในการโต้แย้งจะช่วยให้ผู้เรียนได้คำอธิบายข้อความรู้ที่ดีที่สุด เป็นที่ยอมรับมากที่สุด โดยการใช้หลักฐานและเหตุผล อีกทั้งการโต้แย้งและการใช้แบบจำลองจะช่วยให้ผู้เรียนขยายขอบเขตความรู้และพัฒนาทักษะการใช้เหตุผล ผู้เรียนได้รับโอกาสในการแสดงความคิดเห็น และพัฒนาการทำงานร่วมกับผู้อื่นอีกด้วย

2) รูปแบบการเรียนก ารสอนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้ กระบวนการ และคุณลักษณะ

จากจุดเด่นที่กล่าวมาในข้อ 2) รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล ถ้าพิจารณาองค์ประกอบย่อยของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2009: 138) ซึ่งการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ เป็นการระบุว่าคำถามใดสามารถตอบได้ด้วยการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ หรือคำถามใดที่สำรวจตรวจสอบไม่ได้ด้วยการทดสอบทางวิทยาศาสตร์ และหลังการสำรวจตรวจสอบจะทำให้ผู้เรียนได้ความรู้ โดยที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบ โดยใช้กระบวนการสืบสอบ และการใช้หลักฐาน อย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นคุณลักษณะหนึ่งของนักวิทยาศาสตร์

1.2 ข้อจำกัดของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล แต่ยังมีจำกัดอยู่บ้าง เช่น นอกจากผู้สอนจะต้องมีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างดีแล้ว ยังควรเป็นผู้ที่สามารถกระตุ้นความสนใจในเรื่อง หัวข้อ ประเด็นปัญหา หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา เห็นความสำคัญของการสร้างแบบจำลอง และเห็นความสำคัญของหลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่เน้นให้ผู้เรียนค่อยๆ สืบสอบหาความรู้ ดังนั้น ผู้สอนที่จะนำรูปแบบนี้ไปใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอนจะต้องพิจารณาว่า รายวิชาดังกล่าวนั้นมีระยะเวลาที่มีจำนวนชั่วโมงมากเพียงพอที่จะให้ผู้เรียนสืบสอบหาความรู้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถในการปฏิบัติสิ่งที่ได้เรียนรู้นั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 โอกาสของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ผู้สอนสามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้ในระดับการศึกษาอื่นๆ ได้ทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา โดยผู้สอนต้องพิจารณาว่าเนื้อหาสาระในรายวิชาที่ตนสอนนั้นต้องการพัฒนาผู้เรียนในด้านใด หากรายวิชาที่สอนเน้นในด้านความสามารถในการระบุประเด็นปัญหา ความสามารถในการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบนี้ ผู้สอนสามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้โดยพิจารณาเงื่อนไขในด้านความสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระในรายวิชา และด้านเวลา ผู้สอนสามารถคัดเลือกเนื้อหาสาระที่เหมาะกับวัยของผู้เรียน ปรับเปลี่ยนกิจกรรม และใช้เทคนิคต่างๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน

การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นแบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 2.1 สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และ 2.2 ความมีเหตุผล ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปว่า สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่มีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ร้อยละ 60.23 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา พบว่า สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ร้อยละ 70.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70 และเมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานพบว่า สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่มีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ร้อยละ 50.38 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้เฉพาะกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

นักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานหลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เช่นเดียวกันกับเมื่อพิจารณาเฉพาะนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

Chulalongkorn University

เมื่อใช้คะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วม ภายหลังการทดลองคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของทั้งสองโรงเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนก่อนทดลองที่แตกต่างกันของทั้งสองโรงเรียนมีอิทธิพลต่อคะแนนหลังทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะเหตุผลดังนี้

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีหลักการเรียนรู้ 2 ประการ คือ การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมศักยภาพในการโต้แย้งโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล (2) การนำแบบจำลองประกอบการโต้แย้งจะช่วยให้การโต้แย้งมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นแนวทางในการตรวจสอบข้อโต้แย้ง ข้อสรุป และความมี

เหตุผลได้ง่าย หลักการเรียนรู้ทั้ง 2 ประการนี้จึงเป็นการส่งเสริมสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ทั้งทางด้านการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับทัศนะของ Walker et al (2010: 6) ได้กล่าวไว้ว่า “การเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้ง มีแนวโน้มในการช่วยพัฒนานักเรียนในเรื่องกระบวนการสืบสอบ เช่น วิธีการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ทักษะการใช้เหตุผล เช่น วิธีการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างด้วยหลักฐาน” เป็นต้น และการสืบสอบนั้นจะต้องมีการวิเคราะห์ การวางแผน การอกกแบบและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาสู่การหาคำตอบในปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบใดก็ได้ เช่น แบบจำลอง คำอธิบาย สิ่งประดิษฐ์ เป็นต้น ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่ากระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นสืบสอบจนกระทั่งได้คำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษาเป็นการส่งเสริมสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบย่อย สอดคล้องกับการประยุกต์ทฤษฎีสรรคนิยมมาใช้เป็นแนวปฏิบัติหรือวิธีสอน ดังที่ ศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 3) กล่าวสรุปไว้ว่า “นักการศึกษาโดยเฉพาะนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นนักการศึกษากลุ่มแรกที่นำแนวคิดของทฤษฎีสรรคนิยมมาใช้ พบว่าการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบเป็นหนึ่งวิธีการหรือแนวทางปฏิบัติที่ประสบความสำเร็จในการเรียนการสอน”

นอกจากนี้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นยังเน้นการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการสำรวจตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ได้ (Harrison and Treagust, 2000: 1011-1012) นักเรียนกลุ่มทดลองมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ การหารือเกี่ยวกับแบบจำลอง รวมถึงการโต้แย้งเพื่อลงมติสร้างแบบจำลอง และการให้เหตุผลด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จึงถือเป็นลักษณะที่สำคัญที่ส่งเสริมการเรียนรู้แก่นักเรียนตามทฤษฎีสรรคนิยมที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในการเรียนรู้หรือเป็นการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ

2.2 ความมีเหตุผล

ผลการวิจัยสรุปว่า ความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลอง กลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกันกับเมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และเฉพาะกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

นักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเฉพาะนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาพบว่า หลังการทดลอง

นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาเฉพาะนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานพบว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

เมื่อใช้คะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลก่อนทดลองเป็นตัวแปรร่วม ภายหลังการทดลองคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของทั้งสองกลุ่มโรงเรียนไม่มีความแตกต่างกัน

พฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานมีสัดส่วนที่ต่างกันอย่างชัดเจน โดยพฤติกรรมข้อที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ของนักเรียนกลุ่มทดลองพบได้มากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาพบว่า พฤติกรรมข้อที่ 2, 3, 4, 6 และ 7 ของนักเรียนกลุ่มทดลองพบได้มากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มโรงเรียน พบว่า พฤติกรรมข้อที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ของนักเรียนกลุ่มทดลองพบได้มากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยดังกล่าวอาจเป็นเพราะเหตุผลดังนี้ กิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลองเป็นการเรียนการสอนเน้นการสืบสอบ ทำให้นักเรียนได้สืบสอบความรู้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อฝึกกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล โดยทุกครั้งที่เรียน นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้ฝึกกระบวนการคิดและวิเคราะห์ ด้วยคำถามหรือปัญหาเพื่อให้นักเรียนสืบสอบหาคำตอบหรือสาเหตุของปัญหาที่กำหนด ดังนั้น จึงเป็นโอกาสของนักเรียนในการแสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น ซึ่งถือเป็นหนึ่งในพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้มีเหตุผล

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาขึ้นนี้ ยังเน้นให้นักเรียนได้มีการโต้แย้งซึ่งเป็นการพัฒนาและส่งเสริมคุณลักษณะความมีเหตุผล เนื่องจากการโต้แย้งเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นในลักษณะที่เห็นด้วยหรือขัดแย้งกับความคิดเห็นของผู้อื่นโดยมีการให้เหตุผลประกอบ จึงเสมือนว่านักเรียนได้รับการปลูกฝังลักษณะนิสัยในการแสดงเหตุผลประกอบการแสดงความคิดเห็นของตนเอง รวมทั้งเห็นคุณค่าในความสำคัญความเหตุผล เนื่องจากเหตุผลเป็นพื้นฐานสำคัญที่ใช้ในการตัดสินใจยอมรับความคิดเห็นต่างๆ สอดคล้องกับทัศนะของ Newton et al (1999 อ้างถึงใน Dawson and Venville, 2010: 134) ซึ่งได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้การโต้แย้งในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า “การโต้แย้งจะส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้เหตุผล คิดอย่างมีวิจารณญาณ เข้าใจและนำเสนอข้อโต้แย้งในเชิงตรรกะและมีความเชื่อมโยงต่อกัน”

เช่นเดียวกับ Jimnez-Aleixandre and Erduran (2007: 5) ที่กล่าวว่า “การโต้แย้งส่งเสริมพัฒนาการของการใช้เหตุผล โดยเฉพาะการใช้เหตุผลกับทฤษฎีหรือจุดยืนที่แตกต่างกัน”

การสร้างแบบจำลองยังเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีเหตุผลมากยิ่งขึ้น เนื่องจากนักเรียนได้แสดงความเข้าใจของตนเองที่มีอยู่ต่อปรากฏการณ์ที่จะศึกษา แสดงการคิดสมมุติฐานออกมาในลักษณะของภาพวาดที่แสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ แสดงความเข้าใจของตนเองที่มีอยู่ต่อปรากฏการณ์ที่จะศึกษา แสดงการคิดสมมุติฐานออกมาในลักษณะของภาพวาดและแบบจำลองประเภทต่างๆ ที่แสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ในปรากฏการณ์ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถกำหนดสมมุติฐานและแสวงหาความรู้โดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังที่ Gilbert (1995 อ้างถึงใน Gobert and Buckley, 2000: 891) ได้กล่าวไว้ว่าแบบจำลองมีส่วนสำคัญในการตั้งสมมุติฐานเพื่อทดสอบความคิด และการบรรยายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ Schwarz et al (2009) ได้กล่าวถึงประโยชน์ที่เกิดจากการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อีกประการหนึ่งว่า ใช้แบบจำลองยังเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้มีการใช้เหตุผลด้วย

นักเรียนกลุ่มควบคุมที่มีการเรียนการสอนแบบปกติ แม้ว่าไม่ได้เรียนด้วยรูปแบบรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แต่โดยธรรมชาติของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะเน้นการสืบสอบ จึงอาจส่งผลต่อการพัฒนาคุณลักษณะความมีเหตุผลในตัวนักเรียนเช่นเดียวกับกลุ่มทดลอง แต่จากการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลระหว่างการทดลอง พบว่าพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกตระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานมีสัดส่วนที่ต่างกันอย่างชัดเจน โดยพฤติกรรมข้อที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ของนักเรียนกลุ่มทดลองพบได้มากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 อาจเป็นเพราะว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเน้นการโต้แย้งจึงมีความแตกต่างกับการเรียนการสอนสืบสอบด้วยรูปแบบอื่นๆ คือใช้การโต้แย้งเป็นกลวิธีในการตรวจสอบผลสรุปที่ได้ศึกษา ซึ่งพื้นฐานสำคัญของผู้เข้าร่วมการโต้แย้งคือเป็นผู้มีเหตุผล รู้จักเลือกใช้หลักฐานและเหตุผลที่เหมาะสมในการสนับสนุนหรือปฏิเสธความคิดเห็นที่มีผู้นำเสนอ การโต้แย้งนี้จึงเป็นการปลูกฝังคุณลักษณะความมีเหตุผล ดังตัวอย่างพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต อาทิ พฤติกรรมการอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ ซึ่งจะปรากฏในกลุ่มทดลองมากกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม ซึ่งทั้งสองกลุ่มเรียนเรื่องเดียวกันและมีคำถามหรือปัญหาที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบเรื่องเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนกลุ่มทดลองได้เข้าร่วมกิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนจึงต้องใช้เหตุผลในการอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นเช่นเดียวกันกับพฤติกรรมการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนสรุปผล

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนได้นั้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ในเชิงนโยบาย การปฏิบัติการสอน และการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากผลการวิจัยที่พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น สามารถเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลได้นั้น ผู้บริหารสถาบันการศึกษา และหน่วยงานวิชาการต่างๆ จึงควรนำรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการพิจารณาในการพัฒนาสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลให้แก่นักเรียน และบุคลากรในหน่วยงานของตนเองเป็นรูปธรรมและต่อเนื่อง

2. ข้อเสนอแนะในการนำรูปแบบไปใช้สำหรับผู้ปฏิบัติการสอน

ครูวิทยาศาสตร์ควรนำรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับการศึกษาอื่นๆ ได้ทั้งในระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา โดยผู้สอนต้องพิจารณาว่า เนื้อหาสาระในรายวิชาที่ตนสอนนั้นต้องการพัฒนาผู้เรียนในด้านใด หากรายวิชาที่สอนเน้นในด้านความสามารถในการระบุประเด็นปัญหา ความสามารถในการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบนี้ ผู้สอนสามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้โดยพิจารณาเงื่อนไขในด้านความสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระในรายวิชา และด้านเวลา ผู้สอนสามารถคัดเลือกเนื้อหาสาระที่เหมาะกับวัยของผู้เรียน ปรับเปลี่ยนกิจกรรม และใช้เทคนิคต่างๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับ

3. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.1 การพัฒนาสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำแนกตามองค์ประกอบของสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์เรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ (1) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (2) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย ตามโครงการของ PISA พบว่าการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถที่อ่อนที่สุด อาจเนื่องมาจากการสอนวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปมักจะให้ความสำคัญกับการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ แต่นักเรียนควรต้องรู้ว่าประเด็นปัญหาใดเป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์และประเด็นใดไม่ใช่ และนักเรียนควรต้อง

รู้จักใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายการสรุปหรือการสื่อสารในสถานการณ์จำลองของชีวิตจริงจึงจะได้ชื่อว่ารู้เรื่องวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนไม่สามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่เรียนไปสังเคราะห์ และบูรณาการความรู้ต่างๆ เพื่อทำความเข้าใจธรรมชาติและสังคมรอบตัวที่เป็นวิทยาศาสตร์ได้ นักเรียนไม่สามารถคิดและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และไม่สามารถพัฒนาวิธีคิดและวิเคราะห์แบบมีเหตุผลได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551: 28; 2546: 2) ดังนั้นในการพัฒนาสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ควรให้ความสำคัญในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์มาเป็นอันดับแรก

3.2 การพัฒนาความมีเหตุผล จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของความมีเหตุผลของนักเรียนของนักเรียนกลุ่มโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและกลุ่มโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน แยกตามองค์ประกอบของความมีเหตุผลเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ (1) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้ (2) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ (3) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล (4) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (5) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (6) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย และ (7) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ ตามลำดับ ดังนั้นในการพัฒนาความมีเหตุผลควรให้ความสำคัญในด้านการยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอมาเป็นอันดับแรก

3.3 การศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนนี้ที่ส่งผลต่อตัวแปรด้านอื่นๆ จากการสังเกตขณะทดลองนักเรียนคนหนึ่งกล่าวขึ้นว่า “แค่เห็นอุปกรณ์ที่อาจารย์เตรียมมา ก็รู้สึกตื่นเต้นแล้วคะ” แสดงให้เห็นถึงความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ของนักเรียน หรืออีกกรณีหนึ่งคือ “วันนี้หนูขอเป็นคนนำเสนอนะคะ” แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นอาจส่งผลต่อการนำเสนอผลงานของนักเรียน นอกจากนี้อาจยังส่งผลต่อตัวแปรด้านอื่นๆ เช่น มโนทัศน์ ความสามารถในการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ในด้านอื่นๆ โดยเฉพาะในการโต้แย้งและการสร้างแบบจำลอง นักเรียนจะต้องยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และตัดสินใจเพื่อเลือกข้อโต้แย้งหรือแบบจำลองนั้นๆ ดังนั้นรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้อาจส่งผลด้านความมีใจกว้าง และความเพียรพยายาม เป็นต้น

การศึกษาประสิทธิผลของนักเรียนที่ได้เรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นในสาขาวิชาอื่นๆ เพื่อศึกษาความแตกต่างของผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนในสาขาวิชานั้นๆ และนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับผู้เรียนในสาขาวิชาอื่นๆ

รายการอ้างอิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์
2. แบบวัดความมีเหตุผล
3. แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

ภาคผนวก ค คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ภาคผนวก จ คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความกรุณาในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 11 ท่าน ดังนี้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจพิจารณารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

รองศาสตราจารย์ ดร.ทิศนา แขมมณี	อาจารย์พิเศษ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ทัศนีย์ บุญเติม	อาจารย์พิเศษ ภาควิชามัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบจิตร คำจัตุรัส	อาจารย์พิเศษ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี	ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ

รองศาสตราจารย์ พเยาว์ ยินดีสุข	อาจารย์พิเศษ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี	ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร.พิรุณ ศิริศักดิ์	ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ (วิจัยและพัฒนา) โรงเรียนราชินีบน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบสอบสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

ดร.ปรีชาญ เดชศรี	รองผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบจิตร คำจัตุรัส	อาจารย์พิเศษ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
รองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา วัฒนะคีรี	อาจารย์พิเศษ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดความมีเหตุผลและแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

รองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา วัฒนะคีรี	อาจารย์พิเศษ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.สุพัตรา ผาติวิสันติ์	รักษาการผู้ช่วยผู้อำนวยการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา สุรเศรษฐ	ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

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

1. คำชี้แจงในการทำแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1.1 การทำแบบวัดในครั้งนี้ไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน แต่จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาคุณภาพแบบวัดนี้ ดังนั้นขอให้นักเรียนทำแบบวัดอย่างเต็มความสามารถ อ่านคำถามทุกข้ออย่างละเอียดรอบคอบ แล้วตอบคำถามให้ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ และตอบให้ครบทุกข้อ

1.2 แบบวัดนี้มีจำนวน 30 ข้อ เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งหมด 60 นาที แบบวัดมีด้วยกัน 4 ลักษณะ คือ 1) แบบเลือกตอบ 2) แบบเลือกตอบเชิงซ้อน 3) แบบเขียนตอบปลายปิด และ 4) แบบเขียนตอบปลายเปิด

1) แบบเลือกตอบ

บางคำถามจะมีคำตอบให้เลือกสี่คำตอบ แต่ละคำตอบจะมีตัวอักษร ก. ข. ค. และ ง. แสดงอยู่ข้างหน้า คำถามประเภทนี้ ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวอักษรที่อยู่หน้าคำตอบที่นักเรียนคิดว่าถูกต้อง ดังแสดงในตัวอย่าง 1.1 และถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบให้นักเรียนลบคำตอบเดิมของนักเรียนให้สะอาด หรือทำเครื่องหมายขีดคู่ === ทับตัวเลือกแรกที่นักเรียนเลือกไว้ และวงกลมล้อมรอบคำตอบที่ถูกต้อง ดังแสดงในตัวอย่าง 1.2

2) แบบเลือกตอบเชิงซ้อน

บางข้อคำถามจะมีคำถามย่อยหลายคำถาม นักเรียนจึงต้องตอบหลายคำตอบ คำถามประเภทนี้ ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบคำตอบเดียวในแต่ละคำถามย่อย ดังตัวอย่าง 2

3) แบบเขียนตอบปลายปิด

บางข้อคำถามนักเรียนจะต้องเขียนคำตอบสั้นๆ ในที่ว่างที่เตรียมไว้ในแบบวัด คำถามเหล่านี้นักเรียนอาจต้องตอบโดยแสดงการคำนวณ เขียนเป็นตัวหนังสือ วาดภาพ หรือเขียนตัวเลข ดังตัวอย่าง 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) แบบเขียนตอบปลายเปิด

บางข้อคำถามนักเรียนจะต้องเขียนอธิบายคำตอบหรือให้เหตุผลประกอบคำตอบของนักเรียน คำถามเหล่านี้อาจมีคำตอบถูกได้หลายคำตอบ นักเรียนจะได้คะแนนจากวิธีที่นักเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนเข้าใจเรื่องราวเหล่านั้น และวิธีการคิดที่นักเรียนแสดงออกมา โดยเขียนคำตอบของนักเรียนบนเส้นบรรทัดที่กำหนดไว้ให้ จำนวนเส้นบรรทัดจะบอกความยาวของคำตอบที่นักเรียนควรเขียนตอบอย่างคร่าวๆ ดังตัวอย่าง 4

1.3 นักเรียนสามารถทดเลขลงในด้านหลังของแบบวัดแต่ละหน้า

2 ให้นักเรียนลองฝึกทำแบบวัดต่อไปนี้ เพื่อจะได้ทราบลักษณะของแบบวัด และวิธีการตอบคำถาม

นักวิ่งที่เร็วที่สุด

ตารางต่อไปนี้ แสดงเวลาในการวิ่งของนักวิ่งที่ได้เหรียญทองจากการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกปี ค.ศ. 2008 ในประเภทการวิ่ง 100 เมตร 200 เมตร 400 เมตร และ 800 เมตร

ประเภทการวิ่ง	เวลาที่ใช้ในการวิ่ง (นาที : วินาที)	
	ชาย	หญิง
100 เมตร	0:09.69	0:10.78
200 เมตร	0:19.30	0:21.74
400 เมตร	0:43.75	0:49.62
800 เมตร	1:44.65	?

1) แบบเลือกตอบ

ตัวอย่าง 1.1

ข้อใดต่อไปนี้ น่าจะเป็นเวลาวิ่งของนักวิ่งหญิงที่ได้เหรียญทองในการแข่งขันวิ่ง 800 เมตร มากที่สุด

ก. 1:00.18 ข. 1:20.43

ค. 1:48.02 (ง.) 1:54.87

เลือกวงกลมล้อมรอบตัวอักษร ง. เพราะในการวิ่งของนักวิ่งหญิง 800 เมตร ควรใช้เวลามากกว่านักวิ่งชาย 800 เมตร และในการวิ่ง 400 เมตร นักวิ่งหญิงใช้เวลามากกว่านักวิ่งชาย ประมาณ 6 วินาที ดังนั้นในการวิ่ง 800 เมตร เวลาน่าจะต่างกันมากกว่า 6 วินาที เพราะเป็นการวิ่งในระยะทางที่มากขึ้น

ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้นักเรียนลบคำตอบเดิมของนักเรียนให้สะอาด หรือทำเครื่องหมายขีดคู่ === ทับตัวเลือกแรกที่นักเรียนเลือกไว้ และวงกลมล้อมรอบคำตอบที่ถูกต้อง ดังแสดงในตัวอย่าง 1.2

ตัวอย่าง 1.2

ข้อใดต่อไปนี้ น่าจะเป็นเวลาวิ่งของนักวิ่งหญิงที่ได้เหรียญทองในการแข่งขันวิ่ง 800 เมตร มากที่สุด

~~ก.~~ 1:00.18 ข. 1:20.43

ค. 1:48.02 ง. 1:54.87

2) แบบเลือกตอบเชิงซ้อน

ตัวอย่าง 2

จากบทความข้างต้น จงพิจารณาในแต่ละข้อความ แล้วเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “จริง” หรือ “เท็จ”

ข้อความ	จริง หรือ เท็จ
2.1 สำหรับการวิ่งแข่งขันกีฬาโอลิมปิกในระยะทางที่เท่ากัน โดยปกติชายวิ่งได้เร็วกว่าหญิง	จริง / เท็จ
2.2 ผลต่างเวลาของนักวิ่งชายกับนักวิ่งหญิงมีค่าเท่ากัน ไม่ว่าระยะวิ่งแข่งจะเป็นเท่าใด	จริง / เท็จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) แบบเขียนตอบปลายปิด

ตัวอย่าง 3

ให้นักเรียนแปลงเวลาในการวิ่งของนักวิ่งชายที่ได้เหรียญทองประเภท 800 เมตร เป็นหน่วยวินาที จงแสดงวิธีทำ

.....

1:44.65 = 60 วินาที + 44.65 วินาที = 104.65 วินาที

.....

4) แบบเขียนตอบแบบอิสระ

ตัวอย่าง 4

ต่อไปนี้ แสดงเวลาของนักวิ่งที่ได้เหรียญทองจากการวิ่งแข่งประเภท 100 เมตร ในปี ค.ศ. 1896 1956 และ 2008

ปี ค.ศ.	เวลา (วินาที)
1896	12.0
1956	10.5
2008	9.69

จงบอกเหตุผลสองประการที่นักเรียนคิดว่า ทำไมเวลาในการวิ่งแข่งจึงลดลงทุกปี

- *คนมีสุขภาพดีกว่าสมัยก่อน อีกทั้งวิธีการฝึกซ้อมใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น*
- *มีการผลิตรองเท้าและเครื่องแต่งกายเป็นพิเศษที่ทำให้วิ่งได้ดีขึ้น*

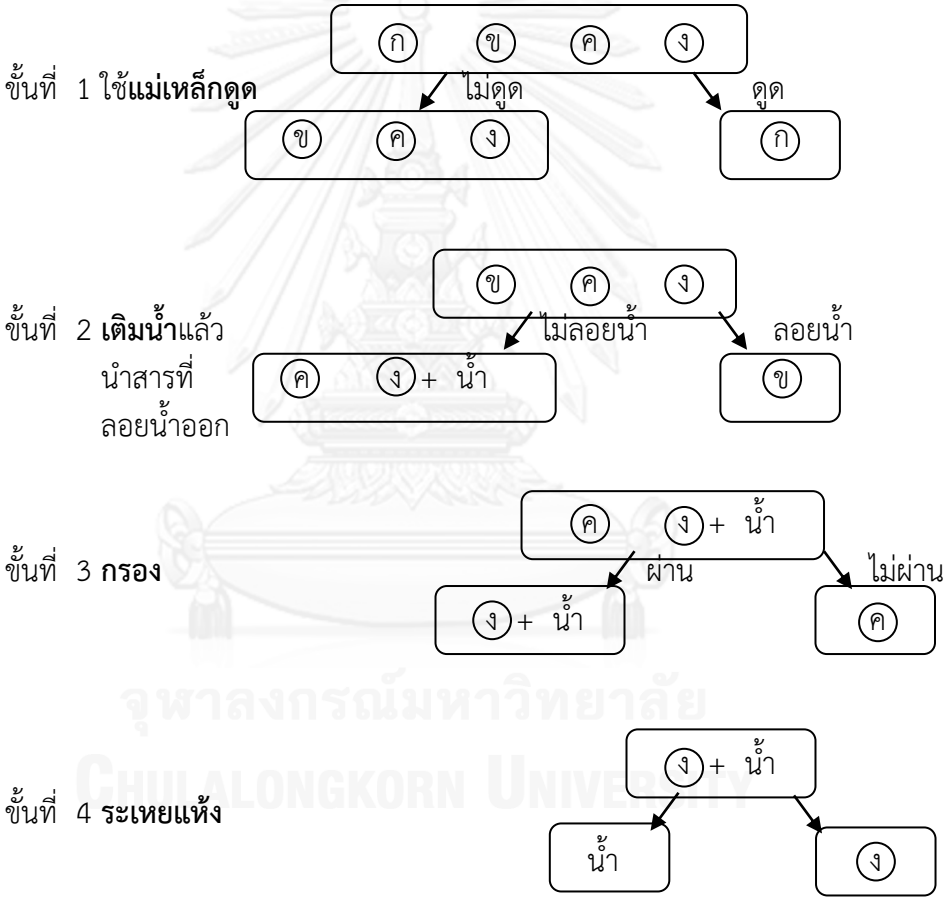
★★★★★★★

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อความเรื่อง “การแยกเกลือ ทราย ผงเหล็ก และเศษไม้ชิ้นเล็กๆ ที่ผสมอยู่ด้วยกัน” ใช้ตอบคำถามข้อ 1-3

การแยก เกลือ ทราย ผงเหล็ก และเศษไม้ชิ้นเล็กๆ ที่ผสมอยู่ด้วยกัน

เด็กหญิงจิราภรณ์มีของผสมระหว่างเกลือ ทราย ผงเหล็ก และเศษไม้ชิ้นเล็กๆ ถ้าต้องการแยกออกจากกัน ด้วยวิธีการแยกสาร 4 วิธี ดังที่แสดงในแผนภาพ ตัวอักษร ก ข ค และ ง แทนสาร 4 ชนิดที่ผสมกัน แต่ไม่ได้ระบุว่าตัวอักษรใดแทนสารชนิดใด



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. จากข้อความเรื่อง “การแยก เกลือ ทราย ผงเหล็ก และเศษไม้ชิ้นเล็กๆ ที่ผสมอยู่ด้วยกัน”ข้างต้น ตัวอักษร ก ข ค และ ง ควรแทนสารใดตามลำดับ (ระบบกายภาพ/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบ)

   ก. เกลือ ทราย ผงเหล็ก เศษไม้ชิ้นเล็กๆ
   ข. ผงเหล็ก เศษไม้ชิ้นเล็กๆ เกลือ ทราย
   ค. ผงเหล็ก เศษไม้ชิ้นเล็กๆ ทราย เกลือ
   ง. เศษไม้ชิ้นเล็กๆ ผงเหล็ก ทราย เกลือ

2. เด็กหญิงจิราภรณ์ ได้รับของผสมมาเพิ่มเติม ถ้าใช้วิธีการแยกสารข้างต้นทั้ง 4 วิธี โดยไม่เรียงลำดับ

   พิจารณาของผสมต่อไปนี้ ว่าสามารถแยกได้หรือไม่ แล้วเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ได้” หรือ “ไม่ได้” ที่อยู่ด้านท้ายในแต่ละของผสม (ระบบกายภาพ/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน)

ของผสมที่นำมาแยก	“แยกได้” หรือ “แยกไม่ได้”
2.1 ทรายกับน้ำ	ได้ / ไม่ได้
2.2 น้ำตาลทรายกับเกลือ	ได้ / ไม่ได้
2.3 สารละลายเกลือที่มีทรายและผงตะไบเหล็กปน	ได้ / ไม่ได้

3. ถ้าเด็กหญิงจิราภรณ์ต้องการแยกของผสมระหว่างน้ำตาลทรายกับทราย ควรจะออกแบบการทดลองอย่างไร (การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์/ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์/ แบบเขียนตอบปลายเปิด)

.....
นำของผสมระหว่างน้ำตาลทรายกับทรายมาละลายน้ำ นำไปกรอง แล้วระเหยน้ำออก
.....
.....

ข้อความเรื่อง “กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน” ใช้ตอบคำถามข้อ 4-5

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

ภาพ เซอร์ ไอแซก นิวตัน

เซอร์ ไอแซก นิวตัน เป็นบุคคลที่มีความสำคัญท่านหนึ่งในประวัติศาสตร์วิทยาศาสตร์ โดยได้กล่าวถึงการเคลื่อนที่และตั้งกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งมีด้วยกัน 3 ข้อ ดังนี้

ข้อที่ 1 วัตถุจะรักษาสภาพอยู่นิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ เมื่อผลรวมของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเท่ากับศูนย์

ข้อที่ 2 เมื่อมีแรงลัพธ์ที่มีค่าไม่เท่ากับศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จะทำให้วัตถุเกิดความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่มากระทำ

ข้อที่ 3 ทุกแรงกิริยาย่อมมีแรงปฏิกิริยาขนาดเท่ากันกระทำในทิศตรงกันข้ามเสมอ

4. เด็กชายนพคุณยืนอยู่บนรถไฟฟ้า ขณะรถไฟฟ้าชะลอความเร็วเพื่อเข้าจอดที่สถานี เด็กชายนพคุณเซไปข้างหน้า การที่เขาเซไปข้างหน้านั้น เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้อใด (ระบบกายภาพ/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเขียนตอบปลายปิด)

.....

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1

.....

5. จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันข้างต้น เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์ วัตถุจะมีสภาพอย่างไร

พิจารณาสภาพของวัตถุต่อไปนี้ แล้วเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ที่อยู่ด้านท้ายในแต่ละข้อความ (การอธิบายทางวิทยาศาสตร์/ การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน)

เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุมีค่าเท่ากับศูนย์ วัตถุจะมีสภาพอย่างไร	“ใช่” หรือ “ไม่ใช่”
5.1 วัตถุอยู่นิ่ง	ใช่ / ไม่ใช่
5.2 วัตถุเคลื่อนที่ช้าลงแล้วหยุดนิ่ง	ใช่ / ไม่ใช่
5.3 วัตถุเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วคงที่	ใช่ / ไม่ใช่

ข้อความเรื่อง “พระที่นั่งอนันตสมาคม” ใช้ตอบคำถามข้อ 6-8

พระที่นั่งอนันตสมาคม

พระที่นั่งอนันตสมาคม มีลักษณะสถาปัตยกรรมร่วมระหว่างนีโอเรอเนสซองส์ (Neo Renaissance) และนีโอคลาสิก (Neo Classic) โดยตกแต่งพระที่นั่งด้วยหินอ่อน ซึ่งสั่งมาจากเมืองคารารา ประเทศอิตาลี

น้ำฝนปกติมีความเป็นกรดเล็กน้อย เพราะดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศ ส่วนฝนกรดมีความเป็นกรดมากกว่าฝนปกติ เพราะฝนกรดดูดซับแก๊ส เช่น ออกไซด์ของซัลเฟอร์และออกไซด์ของไนโตรเจน ฝนกรดจะกัดกร่อนอาคารที่สร้างด้วยหิน โดยเฉพาะหินอ่อนและหินปูนทำให้ผุกร่อนเร็วกว่าปกติ ดังนั้นการที่พระที่นั่งสร้างด้วยหินอ่อน จึงทำให้ถูกกัดกร่อนโดยฝนกรดได้

6. แก๊สที่ทำให้เกิดฝนกรดมาจากแหล่งใดได้บ้าง ลองยกตัวอย่างมา 2 แหล่ง (ระบบกายภาพ/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเขียนตอบปลายเปิด)

.....

จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ไอเสียรถยนต์ การปล่อยแก๊สจากโรงงานอุตสาหกรรม

.....

.....

7. เด็กหญิงณัชชา ต้องการทราบว่าฝนกรดสามารถกัดกร่อนหินอ่อนได้จริงหรือไม่ เด็กหญิงณัชชาจึงนำหินอ่อนชิ้นเล็กๆ ซึ่งมีมวล 2.0 กรัม ใส่ลงในน้ำส้มสายชู แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 คืน ในวันรุ่งขึ้นนำหินอ่อนชิ้นนั้นขึ้นมาและทำให้แห้ง หินอ่อนชิ้นนี้ควรมีมวลประมาณเท่าใด (ระบบกายภาพ/ การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบ)

ก. น้อยกว่า 2.0 กรัม
ข. 2.0 กรัมเท่าเดิม
ค. ระหว่าง 2.0-4.0 กรัม
ง. มากกว่า 4.0 กรัม

8. ในวันถัดมาเด็กหญิงณัชชา ได้ทดลองเพิ่มเติมโดยนำหินอ่อนซึ่งมีมวลเท่ากันคือ 2.0 กรัม ใส่ลงในน้ำกลั่น แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 คืนเช่นกัน ทำไมเด็กหญิงณัชชาจึงทำการทดลองขั้นตอนนี้ด้วย พร้อมอธิบายผลที่จะเกิดขึ้น (การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์/ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์/ แบบเขียนตอบปลายเปิด)

เพื่อพิสูจน์ให้เห็นว่าถ้าไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีผลการทดลองจะเป็นเช่นไร ซึ่งหินอ่อนจะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำกลั่น เนื่องจากน้ำกลั่นมีสมบัติเป็นกลาง

ข้อความเรื่อง “บุหรี่ไฟฟ้า” ใช้ตอบคำถามข้อ 9-11

บุหรี่ไฟฟ้า

คนนำใบยาสูบมาใช้ในรูปของบุหรี่ ซิการ์ และกล้องสูบยา จากสถิติของสำนักควบคุมการบริโภคยาสูบ กรมควบคุมโรค พบว่า คนไทยสูบบุหรี่ประมาณ 13 ล้านคน และมีแนวโน้มสูงขึ้น คนไทยเสียชีวิตจากการสูบบุหรี่ปีละประมาณ 52,000 คน เฉลี่ยวันละ 142 คน หรือคิดเป็นชั่วโมงละ 6 คน

ควันของบุหรี่มีสารที่เป็นอันตรายอยู่หลายชนิด ส่วนที่เป็นอันตรายมากที่สุดคือ น้ำมันดิน นิโคติน และคาร์บอนมอนอกไซด์

ในปัจจุบันมีการผลิตบุหรี่ไฟฟ้า หรือยาสูบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำขึ้นจากอุปกรณ์ประจุแบตเตอรีที่จะส่งผ่านนิโคตินไปยังผู้สูบ และมีการอ้างว่าสามารถนำมาใช้ในการเลิกสูบบุหรี่ได้ สำหรับประเทศไทยได้มีมาตรการห้ามนำบุหรี่ไฟฟ้าเข้ามาจำหน่ายในประเทศ โดยกระทรวงสาธารณสุขกล่าวว่าบุหรี่ไฟฟ้าพบปริมาณนิโคตินสูงกว่าบุหรี่ทั่วไปหลายเท่า และมีผลเสียต่อผู้ที่สูบ หากนำไปใช้โดยปราศจากการดูแลของแพทย์

9. ควันของบุหรี่จะถูกสูดเข้าไปสู่ปอด น้ำมันดินจากควันจะเกาะอยู่ที่ปอดและทำให้ปอดทำงานไม่ได้อย่างเต็มที่ ข้อความใดต่อไปนี้เป็นหน้าที่ของปอด (ระบบการดำรงชีวิต/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบ)

   ก. สูบฉีดโลหิตไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย

   ข. แลกเปลี่ยนออกซิเจนจากอากาศที่หายใจเข้าไปกับคาร์บอนไดออกไซด์จากเลือด

   ค. ทำให้เลือดสะอาดและบริสุทธิ์โดยการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จนเป็นศูนย์

   ง. ช่วยเปลี่ยนโมเลกุลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นโมเลกุลของแก๊สออกซิเจน

10. การสูบบุหรี่เพิ่มความเสี่ยงของการเป็นมะเร็งปอดและโรคอื่นๆ ความเสี่ยงในการเกิดโรคต่อไปนี้เพิ่มขึ้นจากการสูบบุหรี่หรือไม่

    พิจารณาโรคต่อไปนี้ แล้วเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ที่อยู่ด้านท้ายในแต่ละคำถาม (ระบบการดำรงชีวิต/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน)

ความเสี่ยงในการเกิดโรคต่อไปนี้ เพิ่มขึ้นจากการสูบบุหรี่หรือไม่	“ใช่” หรือ “ไม่ใช่”
โรคอีสุกอีใส	ใช่ / ไม่ใช่
โรคถุงลมโป่งพอง	ใช่ / ไม่ใช่
โรคโปลิโอ แขนขาลีบ	ใช่ / ไม่ใช่

11. ถ้าเด็กชายคุณภาพต้องการศึกษาว่าบุหรี่ไฟฟ้าสามารถนำมาใช้ในการเลิกบุหรี่ได้หรือไม่ โดยให้ผู้ที่ต้องการเลิกสูบบุหรี่ 100 คน เป็นผู้ทดลอง เป็นเวลา 6 เดือน เขาควรออกแบบการทดลองอย่างไร (การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์/ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบ)

   ก. ทุกคนใช้บุหรี่ไฟฟ้า

   ข. แต่ละคนเลือกเองว่าจะใช้หรือไม่ใช้บุหรี่ไฟฟ้า

   ค. สุ่มคนครึ่งหนึ่งให้ใช้บุหรี่ไฟฟ้า และอีกครึ่งหนึ่งไม่ใช้

   ง. ทุกคนใช้บุหรี่ไฟฟ้า ยกเว้นหนึ่งคนไม่ต้องใช้บุหรี่ไฟฟ้า

ข้อความเรื่อง “ประวัติของการฉีดวัคซีน” ใช้ตอบคำถามข้อ 12-13

ประวัติของการฉีดวัคซีน

ภาพฝีดาษตามลำตัวของผู้ป่วย

ในสมัยโบราณ ฝีดาษ หรือไข้ทรพิษ เป็นโรคติดต่อที่ร้ายแรงที่สุดชนิดหนึ่ง ผู้ป่วยจะมีผื่นและตุ่มขึ้นตามตัว เป็นแผล และมีอาการป่วยด้วยโรคอื่นๆ อย่างรุนแรง เชื้อโรคชนิดนี้แพร่กระจายไปในอากาศจากสารคัดหลั่งของคนที่เป็นโรค

ในปี ค.ศ. 1796 เอ็ดเวิร์ด เจนเนอร์ แพทย์ชาวอังกฤษเป็นผู้คิดวัคซีนป้องกันโรคฝีดาษได้เป็นคนแรก โดยใช้เวลาศึกษาถึง 16 ปี โดยเขาสังเกตว่า หญิงที่รีดนมวัวมักมีแผลที่เกิดจากฝีดาษวัวที่ไม่รุนแรง และหญิงที่มีอาชีพนี้ไม่มีใครป่วยเป็นฝีดาษเลย เขาจึงคิดว่าฝีดาษในวัวสามารถป้องกันคนไม่ให้เป็นโรคฝีดาษได้

เอ็ดเวิร์ด เจนเนอร์ จึงทดสอบโดยนำหนองที่แผลของคนที่เกิดจากฝีดาษวัว ไปป้ายบนแผลที่เกิดจากการถูกมีดกรีดเล็กน้อยของเด็กชายอายุ 8 ปี พบว่า เด็กคนนี้ล้มป่วยเป็นโรคฝีดาษวัว แต่ต่อมาไม่นานก็หาย จากนั้นอีกหลายสัปดาห์ต่อมา เจนเนอร์ ได้เอาเชื้อฝีดาษป้ายบนแผลของเด็กชายคนเดิม ผลปรากฏว่าไม่แสดงอาการว่าเป็นฝีดาษเลย วิธีการดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการผลิตวัคซีนในปัจจุบัน

12. พิจารณาโรคต่อไปนี้ที่มนุษย์สามารถฉีดวัคซีนป้องกันได้ แล้วเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ได้” หรือ “ไม่ได้” ที่อยู่ด้านท้ายในแต่ละโรค (ระบบการดำรงชีวิต/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบ)

โรคชนิดใดบ้างที่มนุษย์สามารถฉีดวัคซีนป้องกันได้	“ได้” หรือ “ไม่ได้”
12.1 โรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส เช่น ไวรัสตับอักเสบ เป็นต้น	ได้ / ไม่ได้
12.2 โรคทางพันธุกรรม เช่น โรคเลือดไหลไม่หยุด เป็นต้น	ได้ / ไม่ได้
12.3 โรคที่เกิดจากการทำงานผิดปกติของร่างกาย เช่น เบาหวาน เป็นต้น	ได้ / ไม่ได้

13. ในปี ค.ศ.2009 ไวรัสไข้หวัดใหญ่ A ชนิด H1N1 ระบาดอย่างหนัก จงให้เหตุผลหนึ่งข้อว่า ทำไมจึงมีการแนะนำให้ฉีดวัคซีนป้องกันโรคนี้ในเด็กและคนชรามากกว่าคนในวัยอื่น (ระบบการดำรงชีวิต/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเขียนตอบปลายเปิด)

.....

เพราะเด็กและคนชรามีระบบภูมิคุ้มกันต่ำและอ่อนแอ เมื่อเทียบกับคนในวัยอื่น

.....

.....

ข้อความเรื่อง “การผ่าตัดใหญ่” ใช้ตอบคำถามข้อ 14-16

การผ่าตัดใหญ่

การผ่าตัดใหญ่เป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาโรคหลายชนิด การผ่าตัดใหญ่ คนไข้จะถูกวางยาสลบจึงไม่รู้สึกเจ็บปวดในขณะผ่าตัด เครื่องมือที่ใช้ในห้องผ่าตัดต้องทำให้ปลอดเชื้อ และภายในห้องผ่าตัดจำเป็นต้องให้มีความสว่าง 5,000-10,000 ลักซ์ เพราะบริเวณที่ผ่าตัดจะสว่างมาก เมื่อแพทย์เงยหน้าขึ้นมา ถ้าแสงสว่างไม่เพียงพอ นัยน์ตาจะพร่ามัวได้

14. เพราะเหตุใดเครื่องมือผ่าตัดที่ใช้ในห้องผ่าตัดจึงต้องทำให้ปลอดเชื้อ (ระบบการดำรงชีวิต/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเขียนตอบปลายเปิด)

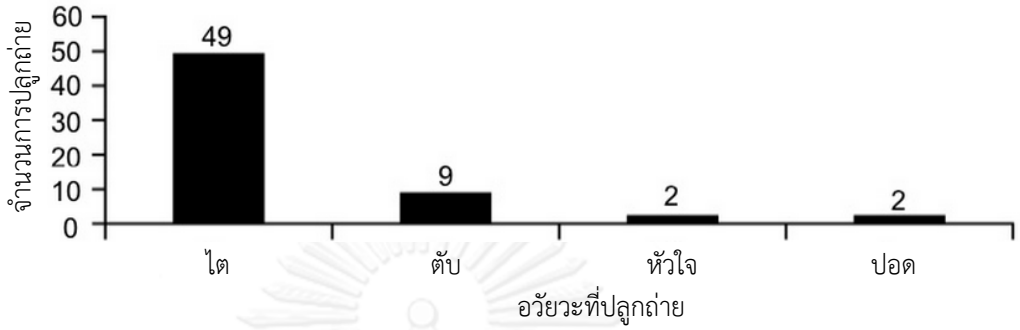
.....
เพื่อไม่ให้เชื้อโรคหรือจุลินทรีย์เข้าไปในร่างกายของผู้ป่วยที่เข้ารับการผ่าตัด
.....
.....

15. ในห้องผ่าตัดจำเป็นต้องให้มีความสว่างมาก ในการตรวจวัดความสว่างดังกล่าวสามารถใช้เครื่องมือชนิดใด (ระบบเทคโนโลยี/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบ)

ก. แอมมิเตอร์
ข. ลักซ์มิเตอร์
ค. โวลต์มิเตอร์
ง. ไมโครมิเตอร์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

16. การผ่าตัดใหญ่เพื่อการปลูกถ่ายอวัยวะ สามารถทำได้กับอวัยวะต่างๆ เช่น ไต ตับ หัวใจ และปอด เป็นต้น กราฟข้างล่างแสดงจำนวนของการปลูกถ่ายอวัยวะที่โรงพยาบาลแห่งหนึ่งในช่วงปี 2556



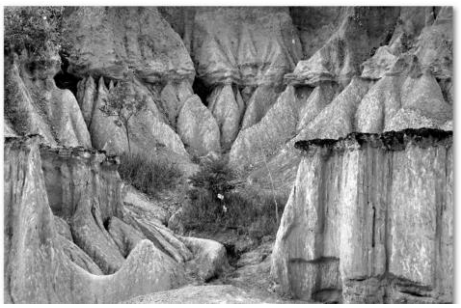
ข้อสรุปต่อไปนี้สามารถสรุปจากกราฟข้างบนได้หรือไม่ จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ที่อยู่ด้านท้ายในแต่ละข้อสรุป (การอธิบายทางวิทยาศาสตร์/ การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน)

ข้อสรุปต่อไปนี้สามารถสรุปจากกราฟข้างบนได้หรือไม่	“ใช่” หรือ “ไม่ใช่”
16.1 ไตเป็นอวัยวะที่มีการปลูกถ่ายมากที่สุด	ใช่ / ไม่ใช่
16.2 ไตเป็นอวัยวะที่สำคัญที่สุดในร่างกายมนุษย์	ใช่ / ไม่ใช่
16.3 ถ้าปอดได้รับการปลูกถ่าย หัวใจต้องปลูกถ่ายด้วย	ใช่ / ไม่ใช่

ข้อความเรื่อง “วนอุทยานแพะเมืองผี” ใช้ตอบคำถามข้อ 17-19

วนอุทยานแพะเมืองผี

วนอุทยานแพะเมืองผี ตั้งอยู่ในจังหวัดแพร่ มีลักษณะเป็นแท่งหินทรายที่มีรูปร่างแตกต่างกัน บางแท่งคล้ายจอมปลวก บางแท่งคล้ายดอกเห็ด ไม่มีผู้ใดทราบประวัติที่แน่นอนถึงที่มาของชื่อ เป็นเพียงเรื่องเล่าสืบต่อกัน สำหรับคำว่า “แพะ” เป็นภาษาพื้นเมืองทางภาคเหนือหมายถึงป่าละเมาะ ส่วนคำว่า “เมืองผี” น่าจะเป็นชื่อที่ชาวบ้านเรียกสืบต่อกันมา โดยอาจจะเห็นว่าเป็นบริเวณที่มีภูมิประเทศที่แปลกประหลาดก็เป็นได้



นักธรณีวิทยาประมาณค่าอายุของดินบริเวณนี้ว่า เกิดขึ้นมาประมาณไม่เกิน 2 ล้านปี เกิดจากเศษกรวด หิน ดิน และทราย เกาะตัวกันยังไม่แน่น กลายเป็นหินทรายละเอียดและหินทรายสลับกันเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นมีความทนทานต่อการกร่อนไม่เท่ากัน ชั้นหินที่มีความทนทานต่อการกร่อนน้อยกว่า จะถูกกัดกร่อนโดยง่าย จึงเหลือชั้นที่มีความทนทานต่อการกร่อนสูง ซึ่งทำหน้าที่เสมือนแผ่นเกราะวางอยู่ข้างบนที่ไม่สามารถกร่อนต่อไปได้ ส่วนที่เหลือจึงเกิดเป็นแท่ง เป็นหย่อม มีรูปร่างแตกต่างกัน

17. พิจารณาแต่ละคำถามต่อไปนี้ว่าสามารถตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ แล้วเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ได้” หรือ “ไม่ได้” ที่อยู่ด้านท้ายในแต่ละคำถาม (การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์/ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน)

คำถามสามารถตอบโดยการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่		“ได้” หรือ ไม่ได้”
17.1	แท่งหินที่มีรูปร่างแปลกประหลาดที่พบในวนอุทยานมีลักษณะเหมือนเมื่อ 100 ปีก่อนหรือไม่	ได้ / ไม่ได้
17.2	การกร่อนที่เกิดขึ้นจากการใช้เป็นเส้นทางเดินมีมากน้อยเพียงใด	ได้ / ไม่ได้

18. ลักษณะภูมิประเทศของ “แพะเมืองผี” เกิดจากความทนทานต่อการกร่อนไม่เท่ากัน ชั้นหินที่มีความทนทานต่อการกร่อนน้อยกว่า จะถูกกัดกร่อนโดยง่าย เหลือชั้นที่มีความทนทานต่อการกร่อนมากกว่า การกร่อนดังกล่าวเกิดจากสาเหตุใดมากที่สุด (ระบบโลกและอวกาศ/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบ)

ก. แรงโน้มถ่วง
ข. กระแสน้ำ
ค. ปฏิกิริยาเคมี
ง. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

19. ถ้าพบฟอสซิลของสัตว์ทะเลขนาดเล็กบางชนิดอยู่ในชั้นหินทรายบริเวณวนอุทยานแพะเมืองผี แสดงว่าเมื่อล้านกว่าปีก่อนบริเวณนี้ควรเป็นอย่างไร (ระบบโลกและอวกาศ/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบ)

ก. สัตว์บกบางชนิดนำสัตว์ทะเลขนาดเล็กดังกล่าวขึ้นมากินเป็นอาหาร
ข. สัตว์ทะเลบางชนิดครั้งหนึ่งมีชีวิตอยู่บนบกก่อนที่จะอพยพลงสู่ทะเล
ค. บริเวณนั้นเคยเป็นทะเลมาก่อน และน้ำทะเลได้เหือดแห้งไปในภายหลัง
ง. ครั้งหนึ่งทะเลมีคลื่นรุนแรงมากและคลื่นพัดพาสิ่งมีชีวิตในทะเลขึ้นมาบนบก

ข้อความเรื่อง “ปรากฏการณ์เรือนกระจก” ใช้ตอบคำถามข้อ 20-22

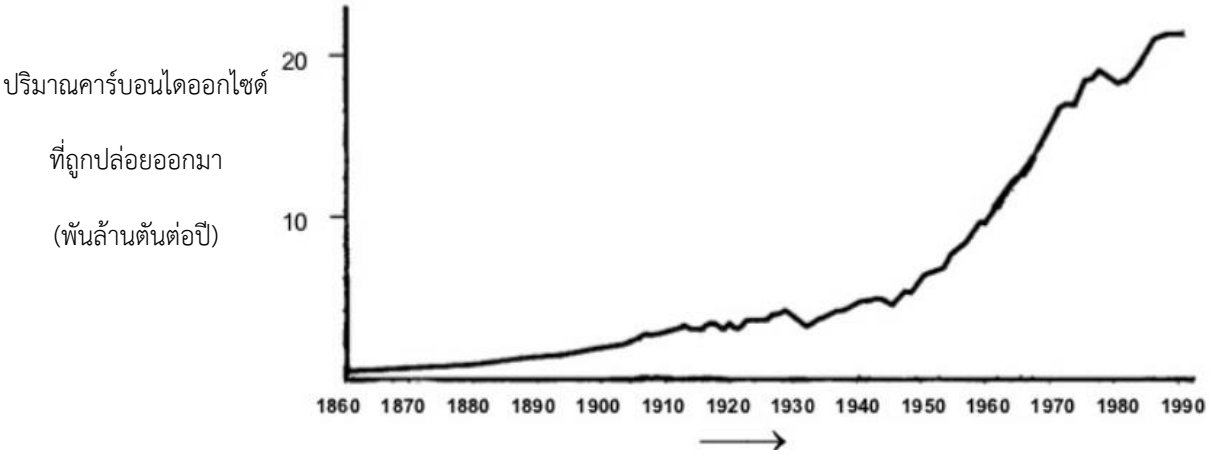
ปรากฏการณ์เรือนกระจก

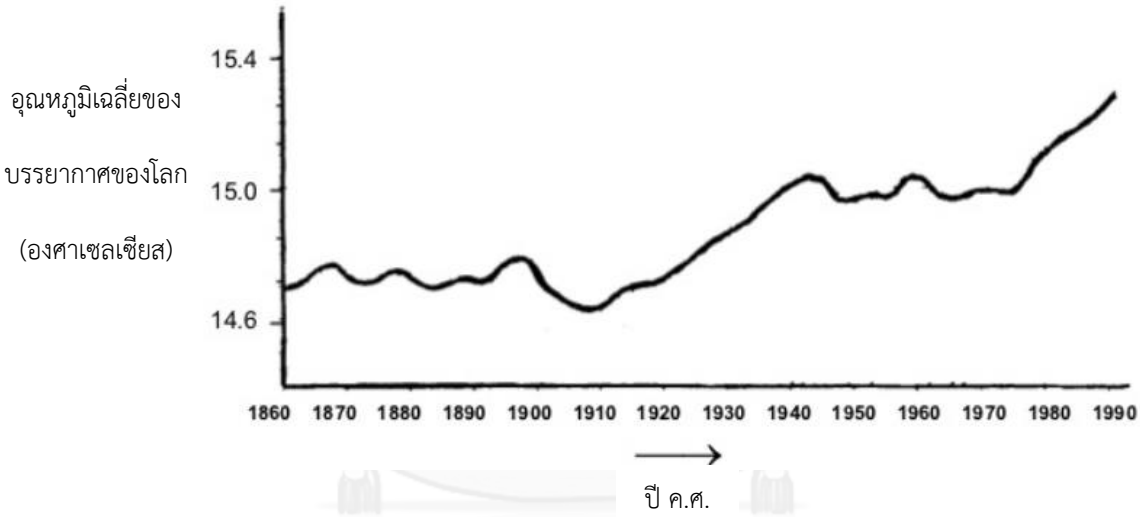
โลกของเรามีแก๊สต่างๆ ในชั้นบรรยากาศห่อหุ้มอยู่โดยรอบ ทำหน้าที่คล้ายเรือนกระจก (green house) เป็นเกราะกำบังกรองความร้อนที่จะผ่านลงมายังพื้นผิวโลก และเก็บกักความร้อนบางส่วนเอาไว้ ทำให้โลกมีอุณหภูมิพอเหมาะสำหรับการดำรงชีวิต การเพิ่มขึ้นของแก๊สต่างๆ โดยเฉพาะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ความร้อนถูกเก็บกักในโลกมากขึ้น อุณหภูมิโดยเฉลี่ยเหนือผิวโลกจึงสูงขึ้น ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “ปรากฏการณ์เรือนกระจก” (green house effect)

ในศตวรรษที่ 21 อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของบรรยากาศของโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งปล่อยจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล รวมทั้งกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์และการทำลายป่า

เด็กชายภัควัต ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศของโลก และปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาบนโลก เขาพบกราฟสองรูป ในหนังสือเล่มหนึ่ง ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University





จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>เด็กชายภัควัต สรุปจากกราฟสองรูปนี้ว่า</u> อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศของโลกที่สูงขึ้น เป็นเพราะคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยออกมาสู่โลกเพิ่มมากขึ้น

20. จากกราฟทั้งสองรูป เพราะเหตุใดเด็กชายภัควัตจึงสรุปได้เช่นนั้น (การอธิบายทางวิทยาศาสตร์/ การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์/ แบบเขียนตอบปลายเปิด)

.....

กราฟทั้งสองรูปมีลักษณะเดียวกัน คือมีแนวโน้มสูงขึ้น นั่นคือ เมื่อปริมาณ

.....

คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศของโลกเพิ่มขึ้นด้วย

.....

21. “เด็กหญิงอัจฉรา ไม่เห็นด้วยกับการสรุปของเด็กชายภัควัต เธอเปรียบเทียบกราฟทั้งสองและบอกว่า มีกราฟบางส่วนไม่สนับสนุนข้อสรุปของเด็กชายภัควัต”

    นักเรียนลองยกตัวอย่างว่า กราฟช่วงใดไม่สนับสนุนข้อสรุปของเด็กชายภัควัต พร้อมทั้งอธิบายคำตอบ (การอธิบายทางวิทยาศาสตร์/ การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์/ แบบเขียนตอบปลายเปิด)

.....

ในปี 1900-1910 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่อุณหภูมิในช่วงเวลานั้นลดลง

.....

.....

22. เด็กหญิงอัจฉราคิดว่าการสรุปของเด็กชายภัควัตมีข้อมูลไม่เพียงพอ เธอบอกว่า “ก่อนที่จะยอมรับข้อสรุปนี้ คุณต้องแน่ใจว่าปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจกต้องควบคุมให้เหมือนกัน”

    บอกปัจจัยที่เด็กหญิงอัจฉรากล่าวถึงมา 1 ปัจจัย (ระบบโลกและอวกาศ/ การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์/ แบบเขียนตอบปลายเปิด)

.....

ปริมาณการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ต้องมีค่าคงที่

.....

.....

ข้อความเรื่อง “แผ่นยาคุมกำเนิด” ใช้ตอบคำถามข้อ 23

แผ่นยาคุมกำเนิด

แผ่นยาคุมกำเนิดชนิดติดผิวหนังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับสตรีที่มีปัญหาหรือไม่สะดวกในการใช้ยาคุมกำเนิดวิธีอื่น สำหรับข้อดีของแผ่นยาคุมกำเนิดชนิดติดผิวหนัง คือตัวยาสามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและออกฤทธิ์ได้นานกว่า 1 สัปดาห์ ต่อการใช้ยา 1 แผ่น อย่างไรก็ตามแผ่นยานี้อาจก่อให้เกิดอาการระคายเคืองผิวหนังและอาการข้างเคียงอื่นๆ ได้ ดังนั้นจึงควรใช้ภายใต้การแนะนำของแพทย์

23. การคุมกำเนิดทำได้หลายวิธี วิธีใดต่อไปนี้ใช้เทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน

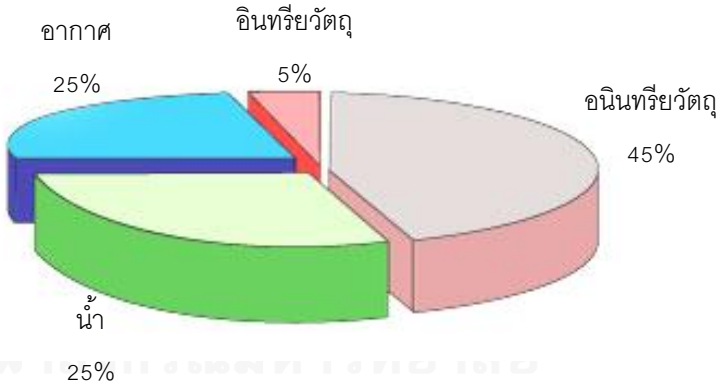
พิจารณาวิธีการต่อไปนี้ แล้วเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “เป็น” หรือ “ไม่เป็น” ที่อยู่ด้านท้ายในแต่ละวิธี (ระบบเทคโนโลยี/ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน)

วิธีใดต่อไปนี้ใช้เทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน	“เป็น” หรือ “ไม่เป็น”
23.1 ถุงยางอนามัย	เป็น / ไม่เป็น
23.2 แผ่นยาคุมกำเนิด	เป็น / ไม่เป็น
23.3 เก็บภาษีผู้มีบุตรเกิน 2 คน	เป็น / ไม่เป็น

ข้อความเรื่อง “ส่วนประกอบของดิน” ใช้ตอบคำถามข้อ 24-25

ส่วนประกอบของดิน

โดยธรรมชาติดินมีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ อินทรียวัตถุ อนินทรียวัตถุ น้ำ และอากาศ ดินที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก โดยส่วนมากมีสัดส่วนของส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้



24. พิจารณาแต่ละคำถามต่อไปนี้ว่าสามารถสำรวจตรวจสอบโดยการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ แล้วเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า “ได้” หรือ “ไม่ได้” ที่อยู่ด้านท้ายในแต่ละคำถาม (การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์/ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน)

คำถามสามารถตรวจสอบโดยการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่	“ได้” หรือ “ไม่ได้”
24.1 ถ้านำต้นกระบองเพชรมาปลูกในดินข้างต้นจะเจริญเติบโตหรือไม่	ได้ / ไม่ได้
24.2 ดินที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกดังกล่าวมีค่า pH เท่าใด	ได้ / ไม่ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

25. พิจารณาตารางการวิเคราะห์ส่วนประกอบของดินแห่งหนึ่ง จำนวน 1,000 กรัม ดังนี้

ส่วนประกอบของดิน	ปริมาณ (กรัม)
อากาศ	250
น้ำ	250
แร่ธาตุ	400
อินทรียสาร	100

ถ้าเด็กหญิงสุดารัตน์ต้องการทำโครงสร้างของดินในตารางข้างต้นให้เหมาะแก่การเพาะปลูก ควรทำอย่างไร (การอธิบายทางวิทยาศาสตร์/ การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบ)

ก. ส่วนประกอบใช้ได้แล้วไม่ต้องเปลี่ยนแปลง

ข. นำแร่ธาตุออก 50 กรัม แล้วเพิ่มอินทรียสาร 50 กรัม น้ำและอากาศเหมือนเดิม

ค. นำอินทรียสารออก 50 กรัม แล้วเพิ่มแร่ธาตุ 50 กรัม น้ำและอากาศเหมือนเดิม

ง. นำน้ำและอากาศออกอย่างละ 50 กรัม แล้วนำไปเพิ่มให้อินทรียสารอีก 50 กรัม

ข้อความเรื่อง “การปรับปรุงคุณภาพดิน” ใช้ตอบคำถามข้อ 26-27

การปรับปรุงคุณภาพของดิน

เกษตรกรรมอยู่คู่ประเทศไทยมาเนิ่นนาน ข้าวไทยและอาหารไทยไม่มีทางโด่งดังไปทั่วโลก ถ้าไม่มีชาวนาและเกษตรกร เมื่อเกิดปัญหาที่ทำให้ผลผลิตของเกษตรกรไม่อุดมสมบูรณ์ มีผลทำให้ราคาอาหารแพงขึ้น ประชาชนทั่วไปซึ่งเป็นผู้บริโภคจึงใช้ชีวิตยากขึ้นเช่นกัน

ชุมชนแห่งหนึ่งประสบปัญหาปลูกพืชไม่ค่อยได้ผลผลิต ปลูกแล้วไม่เจริญงอกงาม ชาวบ้านจึงไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ จากการสำรวจพื้นที่พบว่า ดินมีสภาพเป็นกรดสูง ลักษณะทางกายภาพเป็นดินเลน มีสีเทาปนสีน้ำเงิน เกิดจากอินทรียวัตถุหรือซากพืชเน่าเปื่อยที่อยู่บนผิวดิน ทำให้ดินมีสารประกอบไพไรต์อยู่มาก เมื่อสารไพไรต์รวมกับอากาศก็จะปล่อยกรดกำมะถันออกมา ทำให้ดินเปรี้ยว ผู้เชี่ยวชาญจึงแนะนำวิธีแก้โดยการเติมปูนขาว (แคลเซียมออกไซด์) หรือดินมาร์ล

หมู่บ้านที่อยู่ใกล้เคียงประสบปัญหาเรื่องผลผลิตไม่เจริญงอกงามเช่นกัน ผู้เชี่ยวชาญทำการสำรวจพบว่า ดินมีสภาพเป็นเบส อาจเนื่องมาจากการโรยปูนขาวมากเกินไป สำหรับวิธีแก้นั้น มีความซับซ้อน และปรับปรุงยาก แต่ทำได้โดยการเติมแอมโมเนียมซัลเฟต หรือผงกำมะถัน หรือสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย หรือฮิวมัสลงไปในดิน

หลังจากนั้นมีการสำรวจไปยังพื้นที่อื่นๆ อีก 4 แห่งด้วยกัน ผลการทดสอบความเป็นกรด-เบสของดินจากแหล่งต่างๆ ปรากฏดังตารางต่อไปนี้

แหล่งที่มาของดิน	ค่าความเป็นกรด-เบส
1	7
2	8
3	6
4	5

26. เกษตรกรในดินแหล่งที่ 4 ต้องการปลูกพืชชนิดหนึ่งซึ่งจะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีค่า pH เป็นกลาง นักเรียนคิดว่าเกษตรกรคนนี้ควรเติมสารชนิดใดจึงจะปลูกพืชชนิดนี้ให้ได้ผลดี (การอธิบายทางวิทยาศาสตร์/ การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบ)

ก. ปูนขาว
ข. ปุ๋ยอินทรีย์
ค. ผงกำมะถัน
ง. ผงแอมโมเนียมซัลเฟต

27. พิจารณาคำกล่าวอ้างต่อไปนี้ ว่าสามารถทดสอบในห้องปฏิบัติการได้หรือไม่ แล้วเขียนวงกลมล้อมรอบ คำว่า “ได้” หรือ “ไม่ได้ ที่อยู่ด้านท้ายในแต่ละคำกล่าวอ้าง (การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์/ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน)

คำกล่าวอ้างต่อไปนี้ สามารถทดสอบในห้องปฏิบัติการได้หรือไม่	“ได้” หรือ “ไม่ได้”
27.1 ดินแหล่งที่ 4 ราคาที่ดินถูกกว่าแหล่งอื่น	ได้ / ไม่ได้
27.2 ดินทั้ง 4 แห่ง ไม่ได้ปลูกพืชมาเป็นเวลานาน	ได้ / ไม่ได้
27.3 มีพืชบางชนิดสามารถปลูกได้ดีในดินแหล่งที่ 3	ได้ / ไม่ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อความเรื่อง “ทองคำแท้หรือปลอม” ใช้ตอบคำถามข้อ 28-29

ทองคำแท้หรือปลอม

พระราชาได้รับทองคำแท่งจากเจ้าเมืองแห่งหนึ่ง พระองค์ต้องการทราบว่าทองคำแท่งดังกล่าวทำจากทองคำจริงหรือไม่ จึงให้นักวิทยาศาสตร์ทำการพิสูจน์

นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งจึงนำทองคำแท่งไปชั่ง ปรากฏว่ามีมวล 2,400 กรัม จากนั้นหาปริมาตรของทองคำแท่งห้าครั้ง แล้วคำนวณหาค่าความหนาแน่นในแต่ละครั้งจากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}}$$

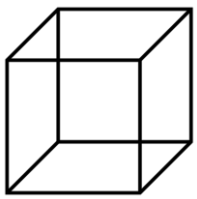
นักวิทยาศาสตร์หาปริมาตรของทองคำแท่งจำนวน 5 ครั้ง และการคำนวณค่าความหนาแน่นได้ผลดังตารางด้านล่าง

ครั้งที่	ปริมาตรของทองคำแท่ง (cm^3)	ค่าความหนาแน่นจากการคำนวณ (g/cm^3)
1	202	11.88
2	200	12.00
3	201	11.94
4	198	12.12
5	199	12.06

28. ทำไมนักวิทยาศาสตร์จึงต้องวัดปริมาตรของทองคำแท่งถึงห้าครั้ง (การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์/ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์/ แบบเขียนตอบปลายเปิด)

- *เพราะอาจมีความผิดพลาดจากการทดลอง จึงวัดห้าครั้งแล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย*
- *เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพราะทดลองเพียงครั้งเดียวข้อมูลอาจจะผิดพลาดได้*

29. พระราชาได้รับก้อนโลหะมาใหม่อีกหนึ่งก้อนซึ่งมีมวลเท่ากัน แต่มีความกว้าง 5 cm ความยาว 5 cm และ ความสูง 5 cm



ตารางต่อไปนี้แสดงความหนาแน่นของโลหะต่างๆ

โลหะ	ความหนาแน่น (g/cm^3)
แพลทตินัม	21.4
ทองคำ	19.3
เงิน	10.5
ทองแดง	8.9
อะลูมิเนียม	2.7

จงพิจารณาว่าก้อนโลหะที่พระราชาได้รับมาใหม่น่าจะทำจากโลหะชนิดใด เพราะเหตุใด (การอธิบายทางวิทยาศาสตร์/ การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์/ แบบเขียนตอบปลายเปิด)

ก้อนโลหะน่าจะทำมาจากทองคำ เพราะค่าความหนาแน่นที่คำนวณได้ใกล้เคียงที่สุด

ก้อนโลหะมีความหนาแน่น = 2400/(5x5x5) = 19.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

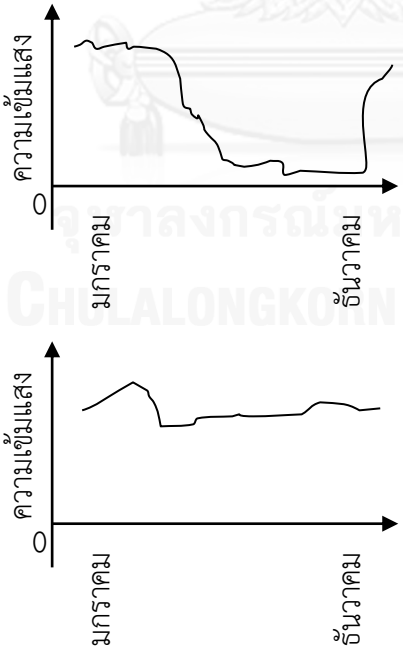
ข้อความเรื่อง “การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์” ใช้ตอบคำถามข้อ 30

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

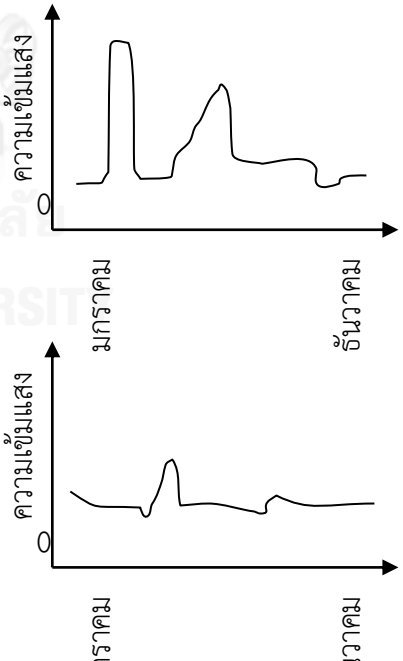
แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เป็นพลังงานสะอาดและมีอยู่ทั่วไป แต่การนำมาใช้ประโยชน์อาจยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เนื่องจากแสงอาทิตย์มีเฉพาะในตอนกลางวันตลอดจนมีความเข้มแสงที่ไม่แน่นอน เพราะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและฤดูกาลที่เปลี่ยนไป อุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า คือ เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ โซลาร์เซลล์

30. กราฟข้างล่างนี้ แสดงความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดปีในบริเวณต่างๆ 4 แห่ง กราฟในข้อใดบ่งชี้บริเวณที่เหมาะสมในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (การอธิบายทางวิทยาศาสตร์/ การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์/ แบบเลือกตอบ)

ก.



ข.



ค.

ง.

★ ★ ★ ★ ★ ★

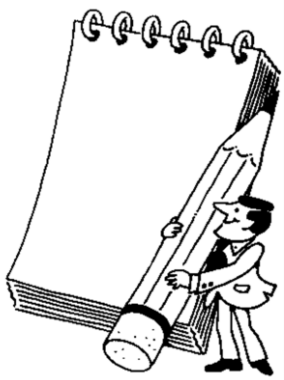
แบบวัดความมีเหตุผล

คำชี้แจง

1. ข้อคำถามเป็นการถามเกี่ยวกับความรู้สึก ความคิดเห็นและการกระทำของนักเรียน ซึ่งไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิดและไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน ดังนั้นขอให้นักเรียนตอบคำถามด้วยความเป็นจริงและทำให้ครบทุกข้อ โดยไม่จำกัดเวลา

2. แบบวัดความมีเหตุผลนี้เป็นแบบประเมินเชิงสถานการณ์ สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความมีเหตุผลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วยสถานการณ์และข้อคำถาม โดยหนึ่งสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ ทั้งหมดมี 7 สถานการณ์ รวมข้อคำถามทั้งหมด 21 ข้อ

3. ข้อคำถามข้อ 1 และ ข้อ 2 ในแต่ละสถานการณ์ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ คำถาม และคำตอบ แล้ววงกลมล้อมรอบตัวอักษรที่อยู่หน้าคำตอบที่นักเรียนคิดว่าถูกต้อง ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบให้นักเรียนลบคำตอบเดิมของนักเรียนให้สะอาด หรือทำเครื่องหมายขีดคู่ === ทับตัวเลือกแรกที่นักเรียนเลือกไว้ และวงกลมล้อมรอบคำตอบที่ถูกต้อง สำหรับคำถามข้อ 3 ในแต่ละสถานการณ์ให้นักเรียนเขียนตอบด้วยความเป็นจริง

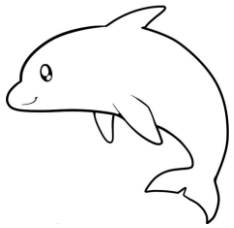


<u>สถานการณ์ที่ 1</u> ใช้ตอบคำถามข้อ 1-3
(ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล)

ขณะที่กิตติพัทธ์กำลังทำการบ้าน แต่เขาตอบคำถามข้อหนึ่งไม่ได้ จึงถามเพื่อนๆ ในกลุ่มว่า “ใครรู้บ้าง โลมามีหัวใจกี่ห้อง”

เก็จมณีจึงพูดว่า “ปลามีหัวใจ 2 ห้อง”

กิตติพรตอบว่า “โลมาเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมไม่ใช่เหรอ ในหนังสือแบบเรียน เขียนว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมทุกชนิดมีหัวใจ 4 ห้องนะ”



1. นักเรียนเห็นด้วยกับกิตติพรหรือไม่
   ก. เห็นด้วย
   ข. ไม่เห็นด้วย
   ค. ยังตัดสินใจไม่ได้

2. ถ้านักเรียนเป็นเก็จมณี นักเรียนจะตอบเช่นเดียวกันนี้หรือไม่
   ก. ตอบ
   ข. ไม่ตอบ
   ค. ไม่แน่ใจ

3. ถ้านักเรียนอยู่ในกลุ่มนี้ด้วย นักเรียนจะตอบเพื่อนๆ ว่าอย่างไร

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>สถานการณ์ที่ 2</u> ใช้ตอบคำถามข้อ 4-6

(ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์)

วันหนึ่งกฤษดาสังเกตเห็นรุ้งหลังจากฝนตกแล้วมีแดดออก เขาจึงถามสารินท์ว่า “ทำไมหลังจากฝนตกแล้วมีแดดออกจึงเกิดรุ้ง” สารินท์ตอบว่า “มันไม่ใช่เรื่องแปลกอะไรที่หลังจากฝนตกแล้วแดดออกจะเกิดรุ้ง”

กฤษดาจึงพูดว่า “มันน่าจะมีคำอธิบายที่มีเหตุผลนะ ฉันอยากรู้จริงๆ” สารินท์จึงพูดว่า “ฉันก็เห็นว่าทุกครั้งหลังจากฝนตกแล้วมีแดดออกจะเกิดรุ้งแบบนี้ แล้วเธออยากรู้ไปทำไม เลิกสงสัยเถอะ”

4. นักเรียนเห็นด้วยกับสารินท์หรือไม่

   ก. เห็นด้วย

   ข. ไม่เห็นด้วย

   ค. ยังตัดสินใจไม่ได้

5. ถ้านักเรียนเป็นสารินท์ นักเรียนจะแนะนำกฤษดาเช่นเดียวกันนี้หรือไม่

   ก. แนะนำ

   ข. ไม่แนะนำ

   ค. ไม่แน่ใจ

6. ถ้านักเรียนเป็นกฤษดา เมื่อสารินท์แนะนำเช่นนี้ นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>สถานการณ์ที่ 3</u> ใช้ตอบคำถามข้อ 7-9

(ยอมรับในความคิดที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ)

มีการรายงานข่าวว่า หมู่บ้านแห่งหนึ่งตั้งอยู่ริมแม่น้ำ ชาวบ้านใช้แม่น้ำสายนี้ในการดำรงชีวิต ต่อมามีโรงงานอุตสาหกรรมมาตั้งอยู่ริมแม่น้ำสายนี้ ปล่อยควันพิษขึ้นสู่อากาศ และปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำ อีก 2 ปีต่อมา เกิดความแห้งแล้งอย่างหนัก ฝนไม่ตก แม่น้ำแห้งขอด ชาวบ้านจึงลงความเห็นว่าเป็นเพราะโรงงานอุตสาหกรรมปล่อยควันพิษขึ้นสู่อากาศ และปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำ จึงทำให้ฝนไม่ตก

7. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ที่ว่าโรงงานอุตสาหกรรมเป็นสาเหตุที่ทำให้ฝนไม่ตก
   - ก. เห็นด้วย
   - ข. ไม่เห็นด้วย
   - ค. ยังตัดสินใจไม่ได้

8. ถ้านักเรียนเป็นชาวบ้านซึ่งได้รับความเดือดร้อน นักเรียนจะลงความเห็นเช่นเดียวกันนี้หรือไม่
   - ก. ลงความเห็นเช่นนี้
   - ข. ไม่ลงความเห็นเช่นนี้
   - ค. ไม่แน่ใจ

9. เมื่อนักเรียนอ่านข่าวนี้ นักเรียนคิดเห็นอย่างไร

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>สถานการณ์ที่ 4</u> ใช้ตอบคำถามข้อ 10-12

(แสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น)

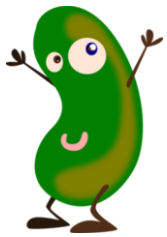
ในการทดลองปลูกต้นถั่วเขียว ปรากฏว่าต้นถั่วเขียวที่นพคุณปลูกนั้นแคระแกร็น ไม่เจริญเติบโตเหมือนของพงษ์สิทธิ์ ซึ่งนพคุณพบว่าการทดลองของเขาต่างกับพงษ์สิทธิ์ คือนพคุณใช้ดินทรายและวางกระถางไว้ที่ระเบียงของห้อง ส่วนพงษ์สิทธิ์ใช้ดินร่วนและวางกระถางไว้บนโต๊ะภายในห้อง นพคุณคิดว่านี่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ถั่วเขียวแคระแกร็น เขาจึงทำการทดลองใหม่ ดังนี้

กระถางที่ 1 ใช้ดินทรายปลูก และวางไว้ที่ระเบียงของห้อง

กระถางที่ 2 ใช้ดินร่วนปลูก และวางไว้ที่ระเบียงของห้อง

กระถางที่ 3 ใช้ดินทรายปลูก และวางไว้บนโต๊ะภายในห้อง

กระถางที่ 4 ใช้ดินร่วนปลูก และวางไว้บนโต๊ะภายในห้อง



แต่พงษ์สิทธิ์เห็นว่าการกระทำของนพคุณสิ้นเปลืองเวลาและอุปกรณ์ น่าจะมาจากดินที่ใช้ในการปลูกไม่เหมาะสม จึงควรเปลี่ยนเฉพาะดินที่ใช้ปลูกก็เพียงพอ

10. นักเรียนเห็นด้วยกับการกระทำของนพคุณหรือไม่

ก. เห็นด้วย

ข. ไม่เห็นด้วย

ค. ยังตัดสินใจไม่ได้

11. ถ้านักเรียนเป็นนพคุณ นักเรียนจะทำตามความคิดเห็นของพงษ์สิทธิ์หรือไม่

ก. ทำ

ข. ไม่ทำ

ค. ไม่แน่ใจ

12. ถ้าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นกับนักเรียน นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร

.....

.....

.....

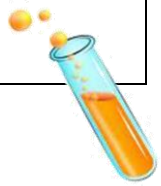
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>สถานการณ์ที่ 5</u> ใช้ตอบคำถามข้อ 13-15

(แสวงหาหลักฐานหรือข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนหรือคิดค้นหาคำอธิบาย)

ในการทดลองผสมสารเคมี 2 ชนิด ครูบอกนักเรียนในชั้นเรียนว่าเมื่อผสมสารเคมี 2 ชนิดนี้แล้วจะได้สารที่มีสีเหลือง จากนั้นให้นักเรียนทดลองผสมสารเคมีดังกล่าว

แต่ณัฐวดีพบว่าเมื่อผสมสารเคมี 2 ชนิดนี้แล้วไม่ได้สารที่มีสีเหลืองตามที่ครูบอก ณัฐวดีจึงทำการทดลองซ้ำหลายครั้งก็พบว่าสารที่ได้ไม่มีสีเหลือง ณัฐวดีจึงรายงานครูว่า สารเคมี 2 ชนิดดังกล่าวนี้เมื่อผสมกันอาจจะไม่ได้สารที่มีสีเหลือง พร้อมกับแสดงสารที่ผสมได้ให้ครูดู



13. นักเรียนเห็นด้วยกับการกระทำของณัฐวดีหรือไม่
    - ก. เห็นด้วย
    - ข. ไม่เห็นด้วย
    - ค. ยังตัดสินใจไม่ได้

14. ถ้าผลการทดลองที่ได้ไม่ตรงกับสิ่งที่ครูบอก นักเรียนจะทำอย่างณัฐวดีหรือไม่
    - ก. ทำ
    - ข. ไม่ทำ
    - ค. ไม่แน่ใจ

15. เมื่อนักเรียนอยู่กลุ่มเดียวกับอรญาแล้วต้องการอธิบายผลการทดลอง นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>สถานการณ์ที่ 6</u> ใช้ตอบคำถามข้อ 16-18

(แสดงความคิดเห็นหรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ)

ภัควัตและเขมจิราเดินทางไปหอสมุดแห่งชาติเพื่อหาข้อมูลไปทำรายงาน แต่ทั้งคู่ไม่เคยเดินทางไปหอสมุดเลย

หลังจากทั้งคู่ลงจากรถประจำทางใกล้หอสมุด ภัควัตพูดกับเขมจิราว่า “น่าจะเดินไปทางขวานะ”

เขมจิราชี้ไปที่ป้ายบอกทางแล้วพูดว่า “แต่ป้ายบอกทางชี้ไปทางซ้ายนะ”

16. นักเรียนเห็นด้วยกับคำพูดของเขมจิราหรือไม่

ก. เห็นด้วย

ข. ไม่เห็นด้วย

ค. ยังตัดสินใจไม่ได้

17. ถ้านักเรียนเป็นภัควัต นักเรียนจะเดินไปทางขวาหรือไม่

ก. เดิน

ข. ไม่เดิน

ค. ไม่แน่ใจ

18. ถ้านักเรียนไปหอสมุดแห่งชาติกับภัควัตและเขมจิราด้วย นักเรียนจะพูดกับเพื่อนทั้งสองคนว่าอย่างไร

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

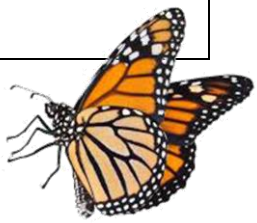
<u>สถานการณ์ที่ 7</u> ใช้ตอบคำถามข้อ 19-21

(ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้)

พิษณุพูดกับรุ่งทิวาว่า “แม่เคยบอกฉันว่าผีเสื้อรับรู้รสของดอกไม้และใบไม้ด้วยขาหลังของมัน”

แล้วรุ่งทิวาก็พูดว่า “แต่ฉันเคยอ่านข้อมูลพบจากอินเตอร์เน็ตนะว่าผีเสื้อใช้ขาหน้ารับรู้รสของดอกไม้และใบไม้ต่างหาก”

พิษณุจึงพูดว่า “ฉันว่า เราไปสอบถามอาจารย์กันดีกว่า เพราะท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านแมลงและศึกษาเกี่ยวกับผีเสื้อโดยเฉพาะ”



19. นักเรียนเห็นด้วยกับการกระทำของพิษณุหรือไม่

ก. เห็นด้วย

ข. ไม่เห็นด้วย

ค. ยังตัดสินใจไม่ได้

20. ถ้านักเรียนเป็นพิษณุ นักเรียนจะแนะนำรุ่งทิวาเช่นเดียวกันนี้หรือไม่

ก. แนะนำ

ข. ไม่แนะนำ

ค. ไม่แน่ใจ

21. ถ้านักเรียนเป็นรุ่งทิวา นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

ส่วนที่ 1 สังเกตพฤติกรรมนักเรียนในชั้นเรียน

พฤติกรรมที่สังเกต	ผลการสังเกต		บันทึกผลการสังเกตเพิ่มเติม
	ปฏิบัติ	ไม่ปฏิบัติ	
1. ปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์			
2. อภิปราย โต้แย้ง หรือซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น			
3. ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น			
4. อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ			
5. ตรวจสอบผลการทดลองหรือผลการสำรวจกับหนังสือแบบเรียน แบบปฏิบัติการ เอกสารหรือสื่ออื่นๆ เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนสรุปผลการทดลองหรือผลการสำรวจ			

ส่วนที่ 2 สังเกตจากการตอบคำถามของนักเรียนในแบบปฏิบัติการ

พฤติกรรมที่สังเกต	ผลการสังเกต		บันทึกผลการสังเกตเพิ่มเติม
	ปฏิบัติ	ไม่ปฏิบัติ	
6. ตั้งคำถามเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา			
7. ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและดำเนินการทดลองหรือการสำรวจ			
8. บันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการทดลองหรือการสำรวจ			
9. ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการทดลองหรือการสำรวจในการเขียนสรุปผล			
10. ระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยเขียนอภิปรายผลการทดลองหรือการสำรวจ			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้ง และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่ออธิบายรายละเอียดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้สอนเข้าใจรายละเอียดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์

คู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ประกอบด้วยสาระสำคัญ 7 ประการ ดังนี้

1. ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
2. หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
3. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
4. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้
5. การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้
6. แนวทางในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้
7. เงื่อนไขในการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้

1. ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยอาศัยทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานดังต่อไปนี้ 1.1 ทฤษฎีสรรคนิยม และ 1.2 ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์

1.1 ทฤษฎีสรรคนิยม

ทฤษฎีสรรคนิยม (constructivism) เป็นทฤษฎีที่นำมาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ สาระสำคัญของทฤษฎีสรรคนิยม มีดังนี้

ทฤษฎีที่สนับสนุนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้แก่ ทฤษฎีสรรคนิยม (constructivism) โดยผู้วิจัยศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยของศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 32-33); McInerney and McInerney (2002: 5-6); Llewellyn (2005: 28); Sjoberg (2007: 3); Brandon and All (2010: 90) และ

Jia (2010: 197-198) สาระสำคัญของทฤษฎีดังกล่าว มีดังนี้ “บุคคลเมื่อพบกับปัญหาที่ขัดแย้งกับความรู้เดิม จะก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา บุคคลนั้นจะพยายามแสวงหาคำตอบ ได้ประสบการณ์ใหม่ หรือข้อมูลใหม่จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปปรับโครงสร้างทางปัญญา และจะเชื่อมโยงความรู้เดิม กับข้อมูลใหม่ จนกระทั่งสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมา”

1.2 ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์

ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้งที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ สาระสำคัญของทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ มีดังนี้

ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ โดยผู้วิจัยศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยของศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 33); สุรางค์ โค้วตระกูล (2544: 61); ทิศนา แขมมณี (2551: 91); บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์, (2551: 9); Gallimore and Trap (1990); Kozulin and Presseisen (1995); Crowl et al. (1997: 69) และ (McInerney and McInerney (2002: 45) นักการศึกษาบางท่านนำเสนอในลักษณะของแนวคิด บางท่านนำเสนอในลักษณะของทฤษฎี ซึ่งมีสาระสำคัญดังนี้ ทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ กล่าวว่า “บุคคลสร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับบุคคลอื่น ความรู้เกิดขึ้นในขณะที่บุคคลมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองานตามบริบทของสังคมและวัฒนธรรม โดยอาศัยเครื่องมือ เครื่องหมาย โครงสร้างทางสังคม และระบบภาษา”

2. หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีหลักการและลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ 2 ประการ ดังนี้

1) การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมศักยภาพในการโต้แย้งโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล

2) การนำแบบจำลองประกอบการโต้แย้งจะช่วยให้การโต้แย้งมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นแนวทางในการตรวจสอบข้อโต้แย้ง ข้อสรุป และความมีเหตุผลได้ง่าย

3. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ ดังนี้

1) เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และ การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์

2) เพื่อเสริมสร้างความมีเหตุผล โดยเน้นให้ผู้เรียนแสดงถึงพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล 7 ประการ ได้แก่ (1) ให้ความสำคัญของการใช้เหตุผล (2) ยอมรับว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ (4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย (6) แสดงความคิดเห็น หรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ และ (7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้

4. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 6 ขั้นตอน โดยมีการอภิปรายโต้แย้งอยู่ในทุกๆ ขั้น ได้แก่

1) ขั้นตั้งประเด็นคำถาม เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน แล้วเชื่อมโยงกับหัวข้อที่จะศึกษาด้วยปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย และตั้งประเด็นคำถามซึ่งนำไปสู่การตั้งสมมุติฐานและค้นหาคำตอบ

2) ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น เป็นขั้นที่นักเรียนตั้งสมมุติฐานหรือสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วเลือกวิธีการที่ดีที่สุดอย่างมีเหตุผล

3) ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน โดยการสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้น หรือทดลอง

4) ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ จัดกระทำ และปรับปรุงแบบจำลอง

5) ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลการอภิปรายข้อคิดเห็นหรือข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของเพื่อนมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้ง แล้วลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล

6) ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์เพื่ออธิบาย ทำนายเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่างๆ หรือในสถานการณ์ใหม่

บทบาทครูและนักเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 6 ขั้นตอน โดยมีการอภิปรายโต้แย้งอยู่ในทุกๆ ขั้น รายละเอียดของบทบาทครูและบทบาทนักเรียนตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง ขั้นตอนการเรียนการสอน บทบาทครู และบทบาทนักเรียน ตามรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. **ขั้นตั้งประเด็นคำถาม** เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน แล้วเชื่อมโยงกับหัวข้อที่จะศึกษา ด้วยปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย และตั้งประเด็นคำถาม ซึ่งนำไปสู่การตั้งสมมุติฐานและค้นหาคำตอบ	1) กระตุ้นความสนใจในเรื่อง หัวข้อ ประเด็นปัญหา หรือปรากฏการณ์ที่กำลังจะศึกษา 2) เชื่อมโยงประสบการณ์หรือความรู้เดิมกับเรื่องที่จะศึกษา 3) ใช้คำถามที่ก่อให้เกิดข้อสงสัย เกิดเป็นข้อคำถามสมมติฐาน หรือคำสำคัญในการค้นคว้า	1) แสดงความสนใจต่อเรื่อง หัวข้อ ประเด็นปัญหา หรือปรากฏการณ์ที่กำลังจะศึกษา 2) เชื่อมโยงความรู้โดยพิจารณาความรู้ หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่กับเรื่องที่จะศึกษา 3) ตั้งคำถาม สมมติฐาน หรือระบุคำสำคัญในการค้นคว้า
2. **ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น** เป็นขั้นที่นักเรียนตั้งสมมุติฐานหรือสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและกำหนดแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วเลือกวิธีการที่ดีที่สุดอย่างมีเหตุผล	1) จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้ 2) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบสมมติฐานของตนเอง 3) ชี้ให้เห็นความสำคัญของการสร้างแบบจำลอง 4) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดพิจารณาในการสร้างแบบจำลองอย่างมีเหตุผล	1) คิด พิจารณา วางแผน และออกแบบวิธีดำเนิน การสำรวจตรวจสอบ

ตาราง (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
3) ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน โดยการสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้น หรือทดลอง	1) ชี้ให้เห็นความสำคัญของหลักฐานและเหตุผลในการสำรวจตรวจสอบ	1) ดำเนินการสำรวจตรวจสอบด้วยการทำงานเป็นกลุ่มขนาดเล็ก 2) จัดกระทำ และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ
4) ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ จัดกระทำ และปรับปรุงแบบจำลอง	1) จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้ 2) กระตุ้นและชี้ให้เห็นความสำคัญของการปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง 3) นำการอภิปราย ผลการศึกษาค้นคว้า ทดลอง จัดการและควบคุมเวลาสำหรับการโต้แย้ง 4) ให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอแบบจำลอง 5) กระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง โดยใช้เกณฑ์การประเมินที่ครูกำหนด 6) ให้คำชี้แนะในการปรับปรุงและแก้ไข แบบจำลอง 7) แสดงสถานการณ์จำลองเพื่อนำเสนอมโนทัศน์ที่สำคัญในบทเรียน และกระบวนการที่ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้	1) สร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับข้อมูล 2) นำเสนอแบบจำลอง และข้อโต้แย้งต่อเพื่อนร่วมชั้นเรียน 3) แสดงความเห็นด้วยหรือขัดแย้งต่อแบบจำลองและข้อโต้แย้งที่นำเสนอพร้อมให้เหตุผลประกอบ 4) เป็นผู้ประเมินความคิดที่ได้จากกิจกรรมการโต้แย้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
5) ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย เป็นขั้นที่นักเรียนนำผลการอภิปราย ข้อคิดเห็นหรือข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของเพื่อนมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และปรับปรุงแบบจำลองอีกครั้ง แล้วลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล	1) กระตุ้นให้นักเรียนเขียนรายงานที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจ และกระบวนการที่ได้ปฏิบัติ	1) เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง เพื่อสื่อสารความคิดของตนเอง 2) นำผลที่ได้จากการอภิปรายและจากการศึกษาค้นคว้ามาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง 3) นำเสนอแบบจำลองของตนเองภายในกลุ่มย่อย 4) นำลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองแต่ละกลุ่มมาสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ของชั้นเรียน
6) ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์เพื่ออธิบายทำนายเหตุการณ์ปรากฏการณ์ต่างๆ หรือในสถานการณ์ใหม่	1) ใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน 2) แก้ไขมโนทัศน์ที่ผิดของนักเรียน	1) นำแบบจำลองที่มีความเห็นร่วมกันไปใช้เพื่อแก้ปัญหาอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่กำหนด

5. การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ประเมินผลรอบด้านทั้งด้านความรู้ กระบวนการ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามสภาพที่เป็นจริงของผู้เรียน ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย โดยเน้นการประเมินสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ และการประเมินความมีเหตุผล โดยใช้แบบวัดความมีเหตุผล และแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

6. แนวทางในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้

การนำรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้ ผู้สอนควรดำเนินการดังนี้ 1) ศึกษารายละเอียดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) วิเคราะห์เนื้อสาระของรายวิชาที่สอน 3) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ 4) เตรียมความพร้อมผู้สอน 5) เตรียมวิธีสอนและเทคนิคการสอน 6)เตรียมสื่อการเรียนรู้ และ 7) เตรียมแบบประเมินผู้เรียน มีรายละเอียดดังนี้

1) ศึกษารายละเอียดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ผู้สอนควรทำความเข้าใจอย่างละเอียดในแต่ละองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้ โดยศึกษาหลักการ วัตถุประสงค์ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งการวัดและประเมินผลอย่างละเอียด เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลแก่ผู้เรียนตามที่ผู้สอนคาดหวังไว้

2) วิเคราะห์เนื้อสาระของรายวิชาที่สอน

ผู้สอนควรวิเคราะห์เนื้อหาสาระของรายวิชาที่สอนอย่างละเอียดตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบที่ได้ยกตัวอย่างไปในหัวข้อขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ เพื่อที่จะได้ทราบว่าเนื้อหาสาระที่วิเคราะห์และคัดเลือกมานั้นควรจัดลำดับอย่างไร หลังจากนั้นจึงวางยุทธศาสตร์การจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม และต้องการให้เกิดแก่ผู้เรียน

3) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้สอนเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบฯ โดยเริ่มจากแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแรกซึ่งมีเนื้อหาสาระที่จัดลำดับไว้อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละเรื่อง ผู้สอนควรใช้วิธีสอน และเทคนิคการสอนที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้ เพื่อช่วยส่งเสริมบรรยากาศการเรียนรู้ของผู้เรียนให้น่าสนใจ และน่าเรียนรู้มากขึ้น

4) เตรียมความพร้อมผู้สอน

รูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้ เป็นรูปแบบที่ผู้สอนต้องให้ความสำคัญกับรายละเอียดในขั้นตอนต่างๆ เป็นอย่างมาก ตั้งแต่ขั้นเตรียมการไปจนถึงขั้นสอน เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ให้ความสำคัญกับการจัดเตรียมเนื้อหาสาระที่ผู้สอนจะต้องจัดเตรียมอย่างระบบ และแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนนั้นต้องแสดงเนื้อหาสาระอย่างชัดเจน ดังนั้น ผู้สอนควรเตรียมความพร้อมของตนเอง เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบฯ เป็นไปอย่างราบรื่นและเกิดประสิทธิผลสูงสุดกับผู้เรียน

5) เตรียมวิธีสอนและเทคนิคการสอน

การจัดการเรียนรู้ที่ดีนอกจากจะมาจากการเตรียมการอย่างเป็นระบบแล้ว ในการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนควรใช้วิธีสอนและเทคนิคการสอนที่หลายหลาย และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระวิชาที่สอน วัยของผู้เรียน โอกาส และสิ่งแวดล้อมตามสถานการณ์นั้น เพื่อส่งเสริมให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น วิธีการสอนและเทคนิคการสอนที่ผู้สอนสามารถเลือกใช้เพื่อช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียน ได้แก่ (1) วิธีสอนแบบสืบสอบ (2) วิธีสอนแบบอุปนัย (3) เทคนิคการ

ใช้คำถาม (4) เทคนิคการเรียนแบบร่วมมือของ Kagan และ (5) เทคนิคผังกราฟิก ดังมีรายละเอียดดังนี้

(1) วิธีสอนแบบสืบสอบ

วิธีสอนแบบสืบสอบ เป็นการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ในการค้นคว้าหาความรู้หรือปัญหาที่สงสัยด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นที่ปรึกษา ความรู้ที่ได้นั้นเป็นความรู้ใหม่ของผู้เรียน แต่เป็นสิ่งที่ครูรู้มาแล้ว

(2) วิธีสอนแบบอุปนัย

วิธีสอนแบบอุปนัย เป็นกระบวนการสอนที่ผู้สอนใช้เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุที่ประสงค์ที่กำหนดโดยการนำตัวอย่าง ข้อมูล ความคิด เหตุการณ์ สถานการณ์ ปรากฏการณ์ที่มีหลักการ แนวคิดที่ต้องสอนให้แก่ผู้เรียนแฝงอยู่มาให้ผู้เรียนศึกษาวิเคราะห์ จนสามารถดึงหลักการ แนวคิดที่แฝงอยู่ออกมา เพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ต่อไป กล่าวอย่างสั้นๆ ได้ว่า เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนสรุปหลักการจากตัวอย่างต่างๆ ด้วยตนเอง

(3) เทคนิคการใช้คำถาม

เทคนิคการใช้คำถาม อาจเป็นการรู้จักใช้คำถามประเภทต่างๆ หรือรู้จักใช้ลักษณะดีและลักษณะที่ควรหลีกเลี่ยงเมื่อใช้คำถาม คำถามแบ่งหรือจำแนกโดยใช้เกณฑ์ต่างๆ ได้ เช่น คำถามระดับต่ำ คำถามระดับสูง คำถามง่าย คำถามยาก นักการศึกษาบางกลุ่มแบ่งประเภทคำถามตามระดับขั้นของการใช้การคิดในพุทธิพิสัย (cognitive domain) ตามความคิดของ Benjamin Bloom โดยแบ่งคำถามเป็น 6 ระดับคือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า

(4) เทคนิคการเรียนแบบร่วมมือของ Kagan

เทคนิคการเรียนแบบร่วมมือของเคแกน เป็นวิธีการที่ Kagan กำหนดโครงสร้างหรือกิจกรรมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน สมาชิกกลุ่มอาจคิดพร้อมกันหรืออภิปรายเป็นคู่ หรือสมาชิกกลุ่มคนหนึ่งพูด ส่วนสมาชิกที่เหลือฟัง หรือสมาชิกจับคู่กัน จากนั้นสมาชิกคนหนึ่งพูดอีกคนหนึ่งฟัง ต่อมาสมาชิกที่เป็นผู้ฟังเปลี่ยนมาเป็นผู้พูด ส่วนสมาชิกที่พูดก็เปลี่ยนมาฟัง Kagan ได้พัฒนาเทคนิคการเรียนแบบร่วมมือขึ้นหลายเทคนิค เช่น การพูดเป็นคู่ (rally robin) การเขียนเป็นคู่ (rally table) การเขียนรอบวง (round table) การอภิปรายเป็นคู่ (pare discussion) การแก้ปัญหาด้วยการต่อภาพ (jigsaw problem solving) เป็นต้น เทคนิคต่างๆ จะต้องเลือกใช้ให้ตรงกับเป้าหมายที่ต้องการ แต่ละเทคนิคนั้นได้ออกแบบเหมาะกับเป้าหมายที่ต่างกัน

(5) เทคนิคผังกราฟิก

ผังกราฟิก คือ แบบของการสื่อความหมาย เพื่อใช้นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมอย่างเป็นระบบ มีความเข้าใจง่าย กระชับ กะทัดรัด ชัดเจน ผังกราฟิกได้มาจากการนำ

ข้อมูลดิบหรือความรู้จากแหล่งต่างๆ มาทำการจัดกระทำข้อมูลโดยใช้ทักษะการคิด เช่น การสังเกต การเปรียบเทียบ การแยกแยะ การจัดประเภท การเรียงลำดับ การใช้ตัวเลข การสรุปผล เป็นต้น จากนั้นจึงมีการเลือกแบบผังกราฟิก เพื่อนำเสนอข้อมูลที่จัดกระทำแล้วตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ผู้นำเสนอต้องการ

นอกจากวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ เหล่านี้ ผู้สอนอาจพิจารณาวิธีอื่นๆ ได้ตามความเหมาะสม

6) เตรียมสื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้นับเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดี สื่อจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ และช่วยอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ ช่วยในการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และสามารถใช้เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้

สื่อการเรียนรู้ที่ผู้สอนนำมาใช้นี้ ผู้สอนควรวิเคราะห์เนื้อหาสาระในรายวิชาของตนเอง แล้วพิจารณาว่าสื่อในลักษณะใดที่เหมาะกับการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องนั้นๆ นอกจากนี้ผู้สอนอาจให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยสืบค้นตัวอย่างแบบจำลองจากสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ หรือสืบค้นผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้เห็นตัวอย่างแบบจำลองที่ผู้เรียนสนใจและชื่นชอบ และนำมาเป็นตัวอย่างในการเรียนรู้และสร้างแบบจำลอง ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้มีความหมายต่อผู้เรียนยิ่งขึ้น

7) เตรียมแบบประเมินผู้เรียน

การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ดำเนินการทั้งก่อน ในระหว่างและหลังการจัดการเรียนการสอน โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินในแต่ละขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

(1) การประเมินสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ประเมินก่อน และหลังการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

(2) การประเมินความมีเหตุผล ประเมินก่อน ในระหว่าง และหลังการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบวัดความมีเหตุผล และแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

7. เงื่อนไขในการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้

การใช้รูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีเงื่อนไขในการใช้รูปแบบดังต่อไปนี้

1) เงื่อนไขด้านผู้สอน

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น นอกจากผู้สอนจะต้องมีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างดีแล้ว ยังควรเป็นผู้ที่สามารถกระตุ้นความสนใจในเรื่อง หัวข้อ ประเด็นปัญหา หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา เห็นความสำคัญของการสร้างแบบจำลอง เห็นความสำคัญของหลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

2) เงื่อนไขด้านเวลา

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่เน้นการจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนโดยค่อยๆ สืบสอบหาความรู้ ดังนั้น ผู้สอนที่จะนำรูปแบบนี้ไปใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอนจะต้องพิจารณาว่า รายวิชาดังกล่าวนั้นมีระยะเวลาที่มีจำนวนชั่วโมงมากเพียงพอที่จะให้ผู้เรียนสืบสอบหาความรู้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้และความสามารถในการปฏิบัติสิ่งที่ได้เรียนรู้นั้นได้ดี

3) เงื่อนไขด้านผู้เรียน

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่นำไปทดลองใช้กับผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อย่างไรก็ตาม ผู้สอนสามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ไปใช้ในระดับการศึกษาอื่นๆ ได้ทั้งในระดับประถมศึกษา และอุดมศึกษา โดยผู้สอนต้องพิจารณาว่า เนื้อหาสาระในรายวิชาที่ตนสอนนั้นต้องการพัฒนาผู้เรียนในด้านใด หากรายวิชาที่สอนเน้นในด้านความสามารถในการระบุประเด็นปัญหา ความสามารถในการอธิบาย ความสามารถในการใช้หลักฐาน และความมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบนี้ ผู้สอนสามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้โดยพิจารณาเงื่อนไขในด้านความสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระในรายวิชา และด้านเวลา ผู้สอนสามารถคัดเลือกเนื้อหาสาระที่เหมาะกับวัยของผู้เรียน ปรับเปลี่ยนกิจกรรม และใช้เทคนิคต่างๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับ

แผนการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและ
แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
เรื่อง ระบบย่อยอาหาร

รายวิชา ว 22102 วิทยาศาสตร์พื้นฐาน 4 **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**
ผู้สอน นายพรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ **เวลา 150 นาที**

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัด

ว 1.1 ม.2/1 อธิบายโครงสร้างและการทำงานของระบบย่อยอาหาร ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบสืบพันธุ์ของมนุษย์และสัตว์ รวมทั้งระบบประสาทของมนุษย์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม.1-3/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.1-3/2 สร้างสมมุติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลายๆ วิธี

ว 8.1 ม.1-3/3 เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.1-3/4 รวมรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.1-3/5 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุป ทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมุติฐาน และความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.1-3/6 สร้างแบบจำลอง หรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.1-3/7 สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวข้องและนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

ว 8.1 ม.1-3/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้น หรือโต้แย้งจากเดิม

ว 8.1 ม.1-3/9 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงานและ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการและผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. ทดลองการย่อยแป้งได้
2. บอกความหมายของการย่อยอาหารได้
3. สร้างแบบจำลองทางเดินอาหารของมนุษย์ได้
4. ระบุชื่ออวัยวะ ชื่อสารอาหารที่ถูกย่อย ชื่อน้ำย่อย และชื่อสารอาหารที่ถูกย่อยแล้วลงในแบบจำลองทางเดินอาหารของมนุษย์ที่นักเรียนสร้างขึ้นได้
5. สร้างและนำเสนอคำอธิบายเรื่องระบบย่อยอาหารได้
6. โต้แย้งคำอธิบายเรื่องระบบย่อยอาหารอย่างมีเหตุผลได้
7. อธิบายหน้าที่ของอวัยวะในระบบย่อยอาหารได้

เนื้อหา/ สาระ

การย่อยอาหาร หมายถึง การทำให้สารอาหารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่กลายเป็นสารอาหารที่มีโมเลกุลเล็กลง

การย่อยอาหารในร่างกายมี 2 แบบ คือ

1. การย่อยเชิงกล เป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดของอาหารให้มีขนาดเล็กลง โดยใช้การบดเคี้ยวของฟัน การบีบตัวของกล้ามเนื้อทางเดินอาหาร

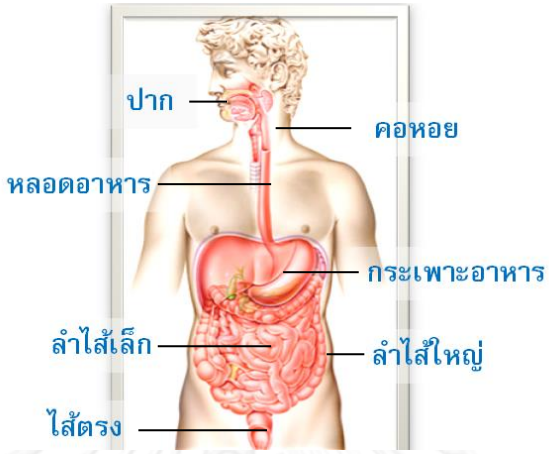
2. การย่อยเชิงเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของสารอาหารโดยใช้เอนไซม์ทำให้อาหารมีขนาดเล็กลงจนกระทั่งแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้

อวัยวะในระบบย่อยอาหาร

อวัยวะในระบบย่อยอาหาร บางอวัยวะเป็นเพียงทางเดินของอาหาร ไม่มีการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร บางอวัยวะช่วยในการย่อยอาหารแต่ไม่ได้เป็นทางเดินอาหาร

Chulalongkorn University

1. **อวัยวะที่เป็นทางเดินอาหาร** ได้แก่ ปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และไส้ตรง
2. **อวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร** ได้แก่ ตับ ตับอ่อน



ภาพอวัยวะที่เป็นทางเดินอาหารของมนุษย์

หน้าที่ของอวัยวะในระบบย่อยอาหาร

1. **หน้าที่ของอวัยวะที่เป็นทางเดินอาหาร**
   - 1.1 **ปาก** ทำหน้าที่เป็นทางเข้าของอาหาร ภายในปากมีส่วนประกอบที่สำคัญคือลิ้น ฟันและต่อมน้ำลาย การย่อยอาหารในปากจึงมีทั้งการย่อยเชิงกล โดยการบดเคี้ยวของฟัน และการย่อยเชิงเคมีโดยเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งจะย่อยอาหารจำพวกแป้งให้กลายเป็นน้ำตาล
   - 1.2 **คอหอย** เป็นทางผ่านของอาหาร ซึ่งไม่มีการย่อยใดๆ ทั้งสิ้น
   - 1.3 **หลอดอาหาร** มีการย่อยเชิงกลโดยการบีบตัวของกล้ามเนื้อทางเดินอาหารเป็นช่วงๆ เรียกว่า “เพอริสตัลซิส (peristalsis)” เพื่อให้อาการเคลื่อนที่ลงสู่กระเพาะอาหาร
   - 1.4 **กระเพาะอาหาร** มีการย่อยเชิงกลโดยการบีบตัวของกล้ามเนื้อที่เรียกว่าเพอริสตัลซิส เช่นกัน และมีการย่อยเชิงเคมีโดยเอนไซม์เพปซิน (pepsin) ซึ่งจะย่อยโปรตีนให้เป็นเพปไทด์ (peptide) ซึ่งจะทำงานได้ดีในสภาพที่เป็นกรด
   - 1.5 **ลำไส้เล็ก** มีการย่อยเชิงกลโดยการบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียกว่า เพอริสตัลซิส เช่นกัน และมีการย่อยเชิงเคมีโดยเอนไซม์ที่ลำไส้เล็กสร้างขึ้นได้แก่ มอลเทส ซูเครส และแล็กเทส ซึ่งจะทำงานได้ดีในสภาพที่เป็นเบส ลำไส้เล็กเป็นบริเวณที่มีการย่อยและการดูดซึมเกิดขึ้นมากที่สุด
   - 1.6 **ลำไส้ใหญ่** ไม่มีการย่อย แต่ทำหน้าที่เก็บกากอาหารและดูดซึมน้ำออกจากกากอาหาร
   - 1.7 **ไส้ตรง** เป็นทางออกของกากอาหาร

Chulalongkorn University

2. หน้าที่ของอวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร

2.1 ตับ ทำหน้าที่ผลิตน้ำดีส่งไปเก็บไว้ที่ถุงน้ำดี น้ำดีจากตับทำให้ไขมันแตกตัวออกเป็นหยดเล็กๆ เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสเพื่อให้เอนไซม์จากตับอ่อนย่อยไขมันได้ดีขึ้น

2.2 ตับอ่อน ทำหน้าที่ผลิตเอนไซม์ย่อยแป้ง โปรตีน และไขมัน นอกจากนี้ยังผลิตโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตซึ่งมีสมบัติเป็นเบส เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเบสในลำไส้เล็กให้เหมาะกับการทำงานของเอนไซม์

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นตั้งประเด็นคำถาม (10 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้คำถามดังนี้
   1.1 มื้อเช้าวันนี้นักเรียนรับประทานอาหารอะไรบ้าง
   1.2 อาหารที่นักเรียนรับประทาน ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ทันทีหรือไม่ (ไม่)
   1.3 ร่างกายจะนำอาหารเหล่านี้ไปใช้ได้ด้วยกระบวนการใด (การย่อย)
   1.4 การย่อยอาหารเริ่มต้นที่อวัยวะใด (ปาก)
2. ครูทบทวนความรู้เดิม โดยใช้คำถามดังนี้
   2.1 อวัยวะที่เป็นทางเดินอาหารประกอบด้วยอวัยวะใดบ้าง (ปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และไส้ตรง)
3. ครูให้นักเรียนตั้งคำถามที่นักเรียนสนใจเกี่ยวกับการย่อยอาหาร คนละ 2-3 คำถาม โดยที่คำถามนั้นต้องสามารถตอบได้ด้วยการทดสอบทางวิทยาศาสตร์
4. ครูสุ่มให้นักเรียนนำเสนอคำถามที่นักเรียนสนใจเกี่ยวกับการย่อยอาหาร

2. ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (15 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 5 คน จำนวน 7 กลุ่ม
2. ครูแจกกระดาษฟลิปชาร์ตให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดรูปทางเดินอาหารแล้วให้ระบุชื่ออวัยวะ ชื่อสารอาหารที่ถูกย่อย ชื่อน้ำย่อย และชื่อสารอาหารที่ถูกย่อยแล้ว ตามความเข้าใจของนักเรียนเอง
3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอรูปทางเดินทางอาหาร แล้วถามนักเรียนว่า “มีประเด็นใดบ้างที่ทุกกลุ่มเห็นตรงกัน และประเด็นใดที่เห็นขัดแย้งกัน”

3. ขั้นสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง (70 นาที)

1. ครูอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรม 2.1 การย่อยแป้ง
2. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมารับอุปกรณ์และให้นักเรียนเริ่มทำการทดลอง
3. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมาบันทึกผลการทดลองของกลุ่มตัวเองหน้าชั้นเรียน
4. ครูนำอภิปรายหลังทำกิจกรรม โดยใช้คำถามต่อไปนี้

4.1 การเปลี่ยนแปลงในหลอดทดลองทั้งสอง เหมือนหรือต่างกันอย่างไร (ต่างกัน หลังจากต้มสารในหลอดที่ 1 ปรากฏว่าสารละลายมีสีฟ้าเหมือนเดิม ส่วนในหลอดที่ 2 สารละลายเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีเหลือง)

4.2 มีสารใดเกิดขึ้นในหลอดที่ 2 สารนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร (สารที่เกิดขึ้นคือน้ำตาล ที่เกิดจากการย่อยแป้ง ซึ่งเป็นโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็กลง ในน้ำลายจึงน่าจะมีสารที่สามารถย่อยแป้งได้)

4.3 กระบวนการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของสารอาหารให้เล็กลงเรียกว่าอะไร (การย่อย)

5. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า สารที่อยู่ในน้ำลายที่สามารถย่อยแป้งได้คือ เอนไซม์ที่มีชื่อว่า “อะไมเลส”

6. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง (ในน้ำลายมีเอนไซม์ที่มีชื่อว่า “อะไมเลส” ช่วยในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล)

7. ครูเปิดวีดิทัศน์เรื่องการย่อยอาหารให้นักเรียนชม แล้วให้บันทึกข้อมูลลงในแบบปฏิบัติการตอนที่ 2

8. ครูนำนักเรียนอภิปรายเรื่องการย่อยอาหารในประเด็นต่อไปนี้

8.1 ชื่ออวัยวะในระบบย่อยอาหาร

8.2 สารอาหารที่ถูกย่อยในแต่ละอวัยวะ

8.3 ชื่อน้ำย่อย

8.4 ชื่อสารอาหารที่ถูกย่อยแล้ว

4. ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (35 นาที)

1. ครูให้นักเรียนปรับปรุงรูปทางเดินทางอาหารที่วาดไว้ โดยให้ระบุชื่ออวัยวะ ชื่อสารอาหารที่ถูกย่อย ชื่อน้ำย่อย และชื่อสารอาหารที่ถูกย่อยแล้ว

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอรูปทางเดินอาหารที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว พร้อมให้ผู้เรียนพิจารณาประเด็นการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม เพื่อนำไปสู่การสรุปการโต้แย้งที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียน

3. ครูใช้คำถามเพื่อสรุปการโต้แย้ง ดังนี้

3.1 ประเด็นการนำเสนอที่ทุกกลุ่มเห็นตรงกันมีหรือไม่ คืออะไร

3.2 ประเด็นการนำเสนอที่นักเรียนเห็นขัดแย้งกันมีหรือไม่ คืออะไร

3.3 รูปทางเดินอาหาร ชื่อวัยวะ ชื่อสารอาหารที่ถูกย่อย ชื่อน้ำย่อย และชื่อสารอาหารที่ถูกย่อย สรุปแล้วมีลักษณะอย่างไร

5. ขั้นสร้างข้อสรุปและคำอธิบาย (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงรูปทางเดินอาหารของกลุ่มตนเองและลงข้อสรุป โดยการเขียนคำอธิบาย เพื่อตอบประเด็นคำถามตอนต้นบทเรียนดังนี้

1.1 การย่อยอาหารคืออะไร

1.2 หลังจากเคี้ยวอาหารในปากแล้ว อาหารจะเดินทางไปยังอวัยวะใดต่อไป และในแต่ละอวัยวะมีหน้าที่อะไรบ้าง

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำอธิบายที่เขียนขึ้น ที่แสดงถึงการลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล แล้วสรุปคำอธิบายที่ถูกต้อง

6. ขั้นขยายความรู้ (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 ให้นักเรียนเสนอเมนูอาหารมา 1 มื้อ ประกอบด้วย อาหารคาว อาหารหวาน และน้ำดื่ม โดยเมนูอาหารที่เสนอจะต้องมีสารอาหารครบทั้ง 5 หมู่ แล้ววิเคราะห์ว่า อาหารที่รับประทานเข้าไปมีการย่อยที่อวัยวะใดบ้าง น้ำย่อยที่เกี่ยวข้อง และสารที่ได้หลังการย่อย

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. อุปกรณ์และสารเคมีกิจกรรม 2.1 การย่อยแป้ง
2. สไลด์ประกอบการสอนเรื่องระบบย่อยอาหาร
3. วีดิทัศน์เรื่องการย่อยอาหาร
4. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ 4 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
5. กระดาษฟลิปชาร์ต
6. สีเทียน/ ปากกาเคมี

การประเมินการเรียนรู้

1. ประเมินความถูกต้องในการตอบคำถาม
2. ประเมินความถูกต้องในการสร้างแบบจำลองระบบย่อยอาหาร
3. ประเมินการให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม การร่วมอภิปรายและตอบคำถามในชั้นเรียน
4. ประเมินความมีเหตุผลของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกต

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

ตอนที่ 1

กิจกรรม 2.1 การย่อยแป้ง

วิธีทดลอง

1. นำข้าวสุกประมาณ 1 ช้อนโต๊ะมาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน แล้วปฏิบัติดังนี้
   1.1 นำข้าวสุกส่วนที่ 1 บดเล็กน้อยแล้วใส่ลงในหลอดทดลองหลอดที่ 1 เติมน้ำลงไปประมาณ 1 cm^3
   1.2 ข้าวสุกส่วนที่ 2 เคี้ยวให้ละเอียดนานประมาณ 30 วินาที โดยก่อนเคี้ยวข้าวควรบ้วนปากให้สะอาด แล้วใส่ลงในหลอดทดลองหลอดที่ 2
2. หยดสารละลายเบเนดิกต์ประมาณ 7 หยด ลงในหลอดทดลองทั้งสองหลอด นำไปต้มในน้ำเดือดประมาณ 2 นาที สังเกตและบันทึกผล

คำถามก่อนการทำกิจกรรม

1. วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้คืออะไร.....
2. สารละลายเบเนดิกต์ ใช้ทดสอบสารอาหารประเภทใด ได้ผลอย่างไร.....

.....

ผลการทดลอง

ตาราง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการทดสอบข้าวสุก 2 หลอด

หลอดที่	สารในหลอดทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น	
		ก่อนต้ม	หลังต้ม
1	ข้าวสุกบด + น้ำ + สารละลายเบเนดิกต์		
2	ข้าวสุกที่เคี้ยวละเอียด + สารละลายเบเนดิกต์		

คำถามท้ายกิจกรรม

1. การเปลี่ยนแปลงในหลอดทดลองทั้ง 2 หลอด เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร.....

.....

2. มีสารใดเกิดขึ้นในหลอดที่ 2 สารนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร.....

.....

3. กระบวนการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของสารอาหารให้เล็กลงเรียกว่าอะไร.....
4. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองว่าอย่างไร.....

.....

ตอนที่ 2 จากการชมวีดิทัศน์ ให้นักเรียนคิด วิเคราะห์เกี่ยวกับอวัยวะที่เป็นทางเดินอาหาร และหน้าที่ในระบบย่อยอาหารตามลำดับขั้นแล้วตอบคำถาม

1. **ปาก**
   มีเอนไซม์.....ทำงานได้ดีในสภาวะ.....
   ย่อย.....ได้.....

2. **คอหอย**
   ทำหน้าที่.....

3. **หลอดอาหาร**
   ทำหน้าที่.....

4. **กระเพาะอาหาร**
   มีเอนไซม์.....ทำงานได้ดีในสภาวะ.....
   ย่อย.....ได้.....

5. **ลำไส้เล็ก** เอนไซม์ที่สร้าง ได้แก่
   1) เอนไซม์.....ย่อย.....ได้.....
   2) เอนไซม์.....ย่อย.....ได้.....
   3) เอนไซม์.....ย่อย.....ได้.....

   เอนไซม์จาก**ตับอ่อน**ที่ช่วยย่อยอาหารที่ลำไส้เล็ก ได้แก่
   1) เอนไซม์.....ย่อย.....ได้.....
   2) เอนไซม์.....ย่อย.....ได้.....
   3) เอนไซม์.....ย่อย.....ได้.....

6. **ลำไส้ใหญ่**
   ทำหน้าที่.....

7. ตับเกี่ยวข้องกับระบบย่อยอาหารอย่างไร.....
.....

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
เรื่อง ระบบย่อยอาหาร

รายวิชา ว 22102 วิทยาศาสตร์พื้นฐาน 4 **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**
ผู้สอน นายพรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ **เวลา 150 นาที**

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัดชั้นปี

ว 1.1 ม.2/1 อธิบายโครงสร้างและการทำงานของระบบย่อยอาหาร ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบสืบพันธุ์ของมนุษย์และสัตว์ รวมทั้งระบบประสาทของมนุษย์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัดชั้นปี

ว 8.1 ม.1-3/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.1-3/2 สร้างสมมุติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลายๆ วิธี

ว 8.1 ม.1-3/3 เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.1-3/4 รวมรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.1-3/5 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยานกับข้อสรุป ทั้งที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับสมมุติฐาน และความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.1-3/6 สร้างแบบจำลอง หรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.1-3/7 สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวข้องและนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

ว 8.1 ม.1-3/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้น หรือโต้แย้งจากเดิม

ว 8.1 ม.1-3/9 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงานและ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการและผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. ทดลองเรื่องการย่อยแป้งได้
2. บอกความหมายของการย่อยอาหารได้
3. ระบุชื่ออวัยวะที่เป็นทางเดินอาหารได้
4. อธิบายหน้าที่ของอวัยวะในระบบย่อยอาหารได้

เนื้อหา/ สาระ

การย่อยอาหาร หมายถึง การทำให้สารอาหารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่กลายเป็นสารอาหารที่มีโมเลกุลเล็กลง

การย่อยอาหารในร่างกายมี 2 แบบ คือ

1. การย่อยเชิงกล เป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดของอาหารให้มีขนาดเล็กลง โดยใช้การบดเคี้ยวของฟัน การบีบตัวของกล้ามเนื้อทางเดินอาหาร

2. การย่อยเชิงเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดโมเลกุลของสารอาหารโดยใช้เอนไซม์ทำให้อาหารมีขนาดเล็กลงจนกระทั่งแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้

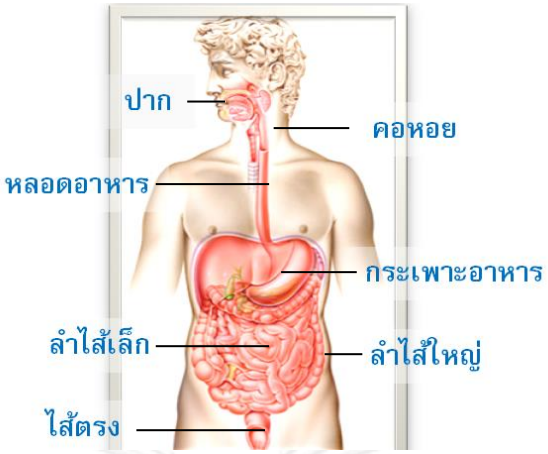
อวัยวะในระบบย่อยอาหาร

อวัยวะในระบบย่อยอาหาร บางอวัยวะเป็นเพียงทางเดินของอาหาร ไม่มีการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร บางอวัยวะช่วยในการย่อยอาหารแต่ไม่ได้เป็นทางเดินอาหาร

1. อวัยวะที่เป็นทางเดินอาหาร ได้แก่ ปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และไส้ตรง

2. อวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร ได้แก่ ตับ ตับอ่อน

CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพอวัยวะที่เป็นทางเดินอาหารของมนุษย์

หน้าที่ของอวัยวะในระบบย่อยอาหาร

1. **หน้าที่ของอวัยวะที่เป็นทางเดินอาหาร**
   - 1.1 **ปาก** ทำหน้าที่เป็นทางเข้าของอาหาร ภายในปากมีส่วนประกอบที่สำคัญคือลิ้น ฟันและต่อมน้ำลาย การย่อยอาหารในปากจึงมีทั้งการย่อยเชิงกล โดยการบดเคี้ยวของฟัน และการย่อยเชิงเคมีโดยเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งจะย่อยอาหารจำพวกแป้งให้กลายเป็นน้ำตาล
   - 1.2 **คอหอย** เป็นทางผ่านของอาหาร ซึ่งไม่มีการย่อยใดๆ ทั้งสิ้น
   - 1.3 **หลอดอาหาร** มีการย่อยเชิงกลโดยการบีบตัวของกล้ามเนื้อทางเดินอาหารเป็นช่วงๆ เรียกว่า “เพอริสตัลซิส (peristalsis)” เพื่อให้อาการเคลื่อนที่ลงสู่กระเพาะอาหาร
   - 1.4 **กระเพาะอาหาร** มีการย่อยเชิงกลโดยการบีบตัวของกล้ามเนื้อที่เรียกว่าเพอริสตัลซิส เช่นกัน และมีการย่อยเชิงเคมีโดยเอนไซม์เพปซิน (pepsin) ซึ่งจะย่อยโปรตีนให้เป็นเพปไทด์ (peptide) ซึ่งจะทำงานได้ดีในสภาพที่เป็นกรด
   - 1.5 **ลำไส้เล็ก** มีการย่อยเชิงกลโดยการบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียกว่า เพอริสตัลซิส เช่นกัน และมีการย่อยเชิงเคมีโดยเอนไซม์ที่ลำไส้เล็กสร้างขึ้นได้แก่ มอลเทส ซูเครส และแล็กเทส ซึ่งจะทำงานได้ดีในสภาพที่เป็นเบส ลำไส้เล็กเป็นบริเวณที่มีการย่อยและการดูดซึมเกิดขึ้นมากที่สุด
   - 1.6 **ลำไส้ใหญ่** ไม่มีการย่อย แต่ทำหน้าที่เก็บกากอาหารและดูดซึมน้ำออกจากกากอาหาร
   - 1.7 **ไส้ตรง** เป็นทางออกของกากอาหาร

2. หน้าที่ของอวัยวะที่ช่วยในการย่อยอาหาร

2.1 ตับ ทำหน้าที่ผลิตน้ำดีส่งไปเก็บไว้ที่ถุงน้ำดี น้ำดีจากตับทำให้ไขมันแตกตัวออกเป็นหยดเล็กๆ เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสเพื่อให้เอนไซม์จากตับอ่อนย่อยไขมันได้ดีขึ้น

2.2 ตับอ่อน ทำหน้าที่ผลิตเอนไซม์ย่อยแป้ง โปรตีน และไขมัน นอกจากนี้ยังผลิตโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตซึ่งมีสมบัติเป็นเบส เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเบสในลำไส้เล็กให้เหมาะกับการทำงานของเอนไซม์

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นนำ (15 นาที)

1. ครูทบทวนความรู้เดิม โดยครูสุ่มถามนักเรียนหนึ่งคนว่า “มื้อเช้าวันนี้นักเรียนรับประทานอาหารอะไรบ้าง” จากนั้นบันทึกคำตอบของนักเรียนบนกระดานแล้วถามนักเรียนทั้งห้องดังนี้

1.1 อาหารที่นักเรียนรับประทาน ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ทันทีหรือไม่ (ไม่)

1.2 ร่างกายจะนำอาหารเหล่านี้ไปใช้ได้ด้วยกระบวนการใด (การย่อย)

1.3 การย่อยอาหารเริ่มต้นที่อวัยวะใด (ปาก)

1.4 หลังจากเคี้ยวอาหารในปากแล้ว อาหารจะเดินทางไปยังอวัยวะใดต่อไป และในแต่ละอวัยวะมีหน้าที่อะไรบ้าง

2. ขั้นกิจกรรม (110 นาที)

1. ครูอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรม 2.1 การย่อยแป้ง
2. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมารับอุปกรณ์หน้าห้องและให้นักเรียนเริ่มทำการทดลอง
3. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมาบันทึกผลการทดลองของกลุ่มตัวเองหน้าห้อง
4. ครูนำอภิปรายหลังทำกิจกรรม โดยใช้คำถามต่อไปนี้

4.1 การเปลี่ยนแปลงในหลอดทดลองทั้งสอง เหมือนหรือต่างกันอย่างไร (ต่างกัน หลังจากต้มสารในหลอดที่ 1 ปรากฏว่าสารละลายมีสีฟ้าเหมือนเดิม ส่วนในหลอดที่ 2 สารละลายเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีเหลือง)

4.2 มีสารใดเกิดขึ้นในหลอดที่ 2 สารนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร (สารที่เกิดขึ้นคือน้ำตาล ที่เกิดจากการย่อยแป้ง ซึ่งเป็นโมเลกุลใหญ่ให้เป็นโมเลกุลเล็กลง ในน้ำลายจึงน่าจะมีสารที่สามารถย่อยแป้งได้)

5. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมว่า สารที่อยู่ในน้ำลายที่สามารถย่อยแป้งได้คือ เอนไซม์ที่มีชื่อว่า “อะไมเลส”

6. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง (ในน้ำลายมีเอนไซม์ที่มีชื่อว่า “อะไมเลส” ช่วยในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล)

7. ครูเปิดวีดิทัศน์เรื่องการย่อยอาหารให้นักเรียนชม พร้อมอธิบายเพิ่มเติม

3. ขั้นสรุป (25 นาที)

1. ครูนำนักเรียนสรุปบทเรียนเรื่องระบบย่อยอาหาร
2. ครูให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 ถ้านักเรียนรับประทานปลาทูจะมีการย่อยที่อวัยวะใดบ้าง (ปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก)

2.2 ยกตัวอย่างโรคที่เกิดกับระบบย่อยอาหารที่พบบ่อย (โรคแผลในกระเพาะอาหาร โรคกรดไหลย้อนกลับ)

2.3 ยาลดกรดเป็นยาที่ช่วยบรรเทาอาการที่เกิดจากโรคกรดไหลย้อนกลับ นักเรียนคิดว่ายาลดกรดมีหน้าที่อะไร (เนื่องจากยาลดกรดมีสมบัติเป็นเบส เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดในกระเพาะอาหารจะได้สารที่มีสมบัติเป็นกลาง จึงเป็นการช่วยบรรเทาอาการที่เกิดจากโรคไหลย้อนกลับได้)

สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. อุปกรณ์และสารเคมีกิจกรรม 2.1 การย่อยแป้ง
2. สไลด์ประกอบการสอนเรื่องระบบย่อยอาหาร
3. วีดิทัศน์เรื่องการย่อยอาหาร
4. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ 4 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การประเมินการเรียนรู้

1. ประเมินความถูกต้องในการตอบคำถาม
2. ประเมินการให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม การร่วมอภิปรายและตอบคำถามในชั้นเรียน
3. ประเมินความมีเหตุผลของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

คุณภาพของแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์

ตารางที่ 40 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.72	0.64
2	0.84	0.24
3	0.36	0.56
4	0.20	0.21
5	0.36	0.40
6	0.64	0.64
7	0.72	0.64
8	0.52	0.21
9	0.68	0.40
10	0.72	0.32
11	0.56	0.48
12	0.48	0.64
13	0.80	0.24
14	0.80	0.24
15	0.40	0.21
16	0.52	0.40
17	0.40	0.32
18	0.40	0.21
19	0.68	0.56
20	0.64	0.64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 40 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
21	0.24	0.48
22	0.60	0.56
23	0.48	0.21
24	0.64	0.21
25	0.64	0.21
26	0.56	0.64
27	0.20	0.21
28	0.52	0.56
29	0.44	0.24
30	0.80	0.32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ เกิดเมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2522 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชามัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป-การศึกษาคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542 สำเร็จการศึกษาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University