การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

นางณัฐมน สุชัยรัตน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL MODEL BASED ON MODEL-BASED INQUIRY AND CONTEXT-BASED LEARNING APPROACHES TO PROMOTE SCIENTIFIC REASONING AND TRANSFER OF LEARNING ABILITIES OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mrs. Nattamon Suchairut

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 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
โดย	นางณัฐมน สุชัยรัตน์
สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิชัย เสวกงาม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัตน์ ทานาค

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. บัญชา ชลาภิรมย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อัมพร ม้าคนอง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิชัย เสวกงาม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัตน์ ทานาค)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยศวีร์ สายฟ้า)

.....กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. สมพงษ์ จิตระดับ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุจินต์ วิศวธีรานนท์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฐมน สุชัยรัตน์ : การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL MODEL BASED ON MODEL-BASED INQUIRY AND CONTEXT-BASED LEARNING APPROACHES TO PROMOTE SCIENTIFIC REASONING AND TRANSFER OF LEARNING ABILITIES OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. วิชัย เสวกงาม, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร. เอกรัตน์ ทานาค, 238 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 2) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น การวิจัยประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 50 คน โดยเป็นห้องทดลอง 1 ห้อง และห้องควบคุม 1 ห้อง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบค่าที และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นกำหนดสถานการณ์ (2) ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง (3) ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (4) ขั้นสรุปความรู้ (5) ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

2. ประสิทธิผลของรูปแบบการสอนมีดังนี้

2.1 นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการถ่ายโยงการเรียนรู้อย่างชัดเจน โดยนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ดีขึ้นจากก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน นักเรียนสามารถให้เหตุผลและนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้มากขึ้น

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2558 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5584241627 : MAJOR CURRICULUM AND INSTRUCTION
KEYWORDS: INSTRUCTIONAL MODEL / MODEL-BASED INQUIRY / CONTEXT-BASED LEARNING / SCIENTIFIC REASONING / TRANSFER OF LEARNING

NATTAMON SUCHAIRUT: DEVELOPMENT OF AN INSTRUCTIONAL MODEL BASED ON MODEL-BASED INQUIRY AND CONTEXT-BASED LEARNING APPROACHES TO PROMOTE SCIENTIFIC REASONING AND TRANSFER OF LEARNING ABILITIES OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASST. PROF. WICHAI SAWEKNGAM, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. EKARAT TANAK, Ph.D., 238 pp.

This developmental research aims 1) to develop an instructional model using model-based inquiry and context-based learning approaches to promote scientific reasoning and transfer of learning abilities in lower secondary school students and 2) to study the effectiveness of the model. This project consisted of two stages: a developmental stage and an effectiveness evaluation stage. There were two groups of participants: a control group and experimental group both comprising of 50 students, grade 7 in the 2015 Academic Year. Research instruments were the lesson plans, a Scientific Reasoning Test, and a Transfer of Learning Abilities Test. The data were analyzed by arithmetic mean, standard deviation, t-test, and content analysis.

The research result could be summarized as follows:

1. The instructional model developed with an aim to promote scientific reasoning and transfer of learning abilities in lower secondary students consisted of five stages: (1) Situation Setting (2) Model Development and Testing (3) Scientific Argument (4) Conclusion (5) Application.

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

2.1 The experimental group had higher scores for both scientific reasoning and transfer of learning abilities than that before experiment at a .05 significance level.

2.2 The experimental group achieved higher scores for both scientific reasoning and transfer of learning abilities than the control group at the .05 significance level.

2.3 The qualitative data analysis showed that scientific reasoning and transfer of learning abilities of students in the experimental group were much more developed. The students gradually changed their learning better before, during and after learning. They could show their capacities of reasoning and applying knowledge to real life situations.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department:	Curriculum and Instruction	Student's Signature	.....
Field of Study:	Curriculum and Instruction	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2015	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตาและความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย เสวกงาม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัตน์ ทานาค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งทั้งสองท่านได้ให้คำแนะนำและความคิดเห็นต่างๆ อันมีคุณค่าต่องานวิจัย และช่วยทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ด้วยความดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่ง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาและความกรุณาที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ จิตระดับ รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ วิศวธีรานนท์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศวีร์ สายฟ้า กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาสละเวลาตรวจสอบรูปแบบการเรียนการสอนและเครื่องมือที่ในการวิจัย ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จนสามารถดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่กรุณาถ่ายทอดความรู้ที่มีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัยที่ได้อนุญาตให้ผู้วิจัยได้พัฒนาตนเองในการเพิ่มพูนความรู้ ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลการวิจัย ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน และขอขอบคุณนักเรียนโรงเรียนอยุธยาวิทยาลัยที่ได้ให้ความร่วมมือ ทำให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยได้อย่างต่อเนื่องด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอบกราบขอบพระคุณ คุณพ่อศักดา เดชมา คุณแม่ปัญญพัฒน์ ฉิมพาลี คุณพ่อสมศักดิ์ สุชัยรัตน์ คุณแม่สุภาภรณ์ เย็นละม่อม ที่ให้ความเมตตา ความรักและความห่วงใยตลอดจนส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตลอดมา และขอบคุณ คุณกิตติคุณ สุชัยรัตน์ คู่ชีวิตผู้เป็นที่รักและพลังแรงใจให้สามารถก้าวผ่านปัญหาอุปสรรคไปได้ด้วยดี คุณค่าที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศให้ผู้เป็นที่รักและเคารพอย่างยิ่งไว้ ณ ที่นี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา 1

คำถามการวิจัย 8

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8

สมมติฐานของการวิจัย 9

ขอบเขตของการวิจัย 11

คำนิยามศัพท์เฉพาะ 12

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 16

1.1 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 17

1.2 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 19

1.3 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 20

1.4 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 26

1.5 แนวทางการสอนเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 27

1.6 การวัดและประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 29

2. การถ่ายโยงการเรียนรู้ 34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.1 ความสำคัญของการถ่ายโยงการเรียนรู้ 35
2.2 ความหมายของการถ่ายโยงการเรียนรู้ 35
2.3 ประเภทของการถ่ายโยงการเรียนรู้ 36
2.4 ทฤษฎีการถ่ายโยงการเรียนรู้ 38
2.5 ระดับของการถ่ายโยงการเรียนรู้ 40
2.6 แนวทางการสอนที่ส่งเสริมการถ่ายโยงการเรียนรู้ 41
2.7 แนวทางการวัดและประเมินการถ่ายโยงการเรียนรู้ 44
3. การสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 45
3.1 ความสำคัญของแบบจำลองในการศึกษาวิทยาศาสตร์ 46
3.2 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 49
3.3 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 50
3.4 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง 53
3.5 การสอนแบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์ 55
3.6 แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 59
4. การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 63
4.1 ความสำคัญของการใช้บริบทในวิชาวิทยาศาสตร์ 63
4.2 ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน 65
4.3 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 66
4.4 ขอบเขตของบริบท 67
4.5 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 69
5. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 72
5.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน 72
5.2 ลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอน 73

หน้า

5.3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน 74
5.4 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 74
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 76
6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 76
6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโยงการเรียนรู้ 82
6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 85
6.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 89
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 93
ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 95
1. การศึกษาสภาพปัญหา 95
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 95
3. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 97
4. การจัดทำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 102
5. การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอน และเอกสารประกอบรูปแบบ 102
6. การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอนและเอกสารประกอบรูปแบบ 104
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 104
1. การเตรียมทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 104
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 106
3. การดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน 116
4. การวิเคราะห์ข้อมูล 117
5. การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 117

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 120
ตอนที่ 1 รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 120
1. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 120
2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 129
ตอนที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 132
1. ด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 132
2. ด้านความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ 141
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 156
สรุปผลการวิจัย 156
อภิปรายผลการวิจัย 161
ข้อเสนอแนะ 182
รายการอ้างอิง 184
ภาคผนวก 197
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 199
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 201
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 213
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ 224
ภาคผนวก จ คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 236
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 238

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ลักษณะสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 25

ตารางที่ 2 ลักษณะของแบบจำลองและการใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ 57

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับลักษณะสำคัญของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 59

ตารางที่ 4 แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการถ่ายโยงการเรียนรู้ 96

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ระหว่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้ง 2 ห้อง 106

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินของแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ 111

ตารางที่ 7 หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 113

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานกับการเรียนการสอนแบบปกติ 5 ขั้นตอน 115

ตารางที่ 9 รูปแบบการวิจัยที่ใช้ในการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน แบบ Pretest-posttest control group design 116

ตารางที่ 10 หลักการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ 123

ตารางที่ 11 ขั้นตอนการเรียนการสอน บทบาทครู และบทบาทนักเรียน ตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 126

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนและหลังทดลอง 132

ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 133

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการทดลองจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 134

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังทดลอง 141

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในถ่ายโยงการเรียนรู้ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 142

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการทดลองจำแนกตามประเด็นที่ศึกษาของแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ 143

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการให้เหตุผลโดยอาศัยหลักฐาน (Brown et al., 2010: 131) 24

ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Justi & Gilbert, 2002: 371) ... 58

ภาพที่ 3 กรอบการปฏิบัติของการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Passmore et al., 2009: 396) 60

ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย 92

ภาพที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 94

ภาพที่ 6 ผลการสังเคราะห์หลักการของแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 98

ภาพที่ 7 ผลการสังเคราะห์หลักการของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 99

ภาพที่ 8 หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 100

ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการ ขั้นตอน และวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 101

ภาพที่ 10 หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 122

ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการ ขั้นตอน และวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 125

ภาพที่ 12 ตัวอย่างการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ในใบกิจกรรมที่ 12.2 149

ภาพที่ 13 ตัวอย่างใบกิจกรรมที่ 4.2 เรื่อง อาชีพกับการแผ่รังสีความร้อนของกลุ่มที่ 4 150

ภาพที่ 14 ภาพแสงแดดที่ส่องมายังโลกในขั้นกำหนดสถานการณ์ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการแผ่รังสีความร้อน 175

ภาพที่ 15 การปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำกิจกรรมการทดลองในขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง อุณหภูมิของอากาศ 178

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ระบุสาระสำคัญของแนวทางการจัดการศึกษาไว้ว่า การจัดการศึกษาถือว่านักเรียนมีความสำคัญที่สุด โดยจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจของนักเรียน จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จริง การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2546: 13-15) ดังนั้นในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ได้กำหนดให้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นสาระหนึ่งที่เป็นพื้นฐานสำคัญที่ทุกคนต้องเรียนรู้ โดยมีเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนว่า ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อจะได้มีความรู้ความเข้าใจธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม เนื่องจากวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในการดำเนินชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ และวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาความคิดเป็นเหตุเป็นผล ความคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ จนถือได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) (กระทรวงการศึกษาธิการ, 2552: 92)

อีกทั้งองค์การส่งเสริมการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติได้กำหนดเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ไว้ว่า การศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์จะช่วยพัฒนาให้ประชาชนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำเป็นในการดำเนินชีวิตได้อย่างรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ สามารถนำความรู้ไปใช้ได้อย่างมีเหตุผล และประยุกต์ใช้ความรู้ในการดูแลตนเองได้ (UNESCO, 2011) และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายสำคัญของวิทยาศาสตร์ศึกษา (AAAS, 1998; National Research Council, 1996 cited in Zeinedin and Abd-El-Khalick, 2010, p. 1064) โดยประเทศไทยได้ให้ความสำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เน้นการพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะพื้นฐาน 3 ด้าน คือ 1) ด้านภาษา (literacy) 2) ด้านการคำนวณ (numeracy) 3) ด้านการให้เหตุผล (reasoning abilities) (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2556: 2)

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นทักษะประการหนึ่งทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่บุคคลใช้ในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (Beyer & Davis, 2008: 383) และการให้เหตุผลเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้และการดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเราไม่สามารถดำเนินการทางวิทยาศาสตร์โดยปราศจากการให้เหตุผล และในกระบวนการให้เหตุผลนั้นนักเรียนต้องใช้การคิดในระดับสูง ทั้งการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดไตร่ตรอง และคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง อีกทั้งการที่นักเรียนได้อธิบายเหตุผลจะทำให้นักเรียนได้ทบทวนความคิดของตนเอง ตลอดจนได้ข้อสรุปและสามารถใช้เป็นเครื่องมือเพื่อประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับความถูกต้องของสิ่งต่างๆ มากกว่าการเชื่อผู้สอนหรือหนังสือ (Fanetti, 2011: 12) การพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Kuhn, 1989; Lawson, 2005; Dusch, Schulze, and John, 1995 cited in Zeinedin and Abd-El-Khalick, 2010: 1064) เนื่องจากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและสร้างการคิดแบบนิรนัยและอุปนัยที่เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Davis, 2009: 14) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยทำให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือ (Mercier & Sperber, 2011: 57) ช่วยพัฒนาแผนภาพทางความคิดและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง (Liu, Varma, & Roehrig, 2014: 33) อีกทั้งยังสนับสนุนการตัดสินใจและการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ (Holyoak and Morrison, 2005 cited in Zeinedin and Abd-El-Khalick, 2010: 1064)

ทักษะหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ซึ่งมีความสำคัญและเป็นปัจจัยที่เกื้อหนุนซึ่งกันและกัน ซึ่งการถ่ายโยงการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจากความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทั่วไปเพื่อไปใช้ในการสรุปอ้างอิงและนำไปใช้ในการให้เหตุผลในสถานการณ์ทั่วไป และความสามารถของนักเรียนในการให้เหตุผลจะเกิดขึ้นถ้านักเรียนสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ดี ดังที่ Lawson (2004 cited in Fanetti, 2011: 10) กล่าวไว้ว่า นักเรียนต้องพัฒนาการแก้ไขปัญหาจากปัญหาที่ไม่เคยรู้จักมาก่อน ซึ่งนักเรียนต้องสามารถถ่ายโยงความรู้ระหว่างสถานการณ์และบริบทที่หลากหลาย เพื่อนำมาใช้ในการให้เหตุผลในสถานการณ์หนึ่งๆ และกระบวนการให้เหตุผลจะเป็นการเชื่อมโยงความคิดและช่วยนำไปสู่ข้อสรุป ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนกลายเป็นผู้ที่มีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมีระบบการแก้ไขปัญหาในบริบทที่หลากหลายได้ดีขึ้น และเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ในการสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเนื้อหาที่เรียน ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้เป็นสิ่งหนึ่งที่นักเรียนควรได้รับการพัฒนาและถือว่ามีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย ดังที่ McKeough, Lupart,

and Marini (1995) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้นั้นเป็นเป้าหมายสำคัญของการศึกษา เนื่องจากเป็นการนำความรู้หรือทักษะจากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่มีบริบทต่างไปจากเดิม เป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่จากการบูรณาการความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ โดย Hunter (1995: 2) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้นั้นเป็นความสามารถของนักเรียนในการเรียนรู้ในสถานการณ์หนึ่งๆ แล้วนำการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่เหมาะสมโดยการปรับหรือสรุปนัยทั่วไป ซึ่งการถ่ายโยงการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์ที่เรียนในห้องเรียนได้ดีขึ้น และมองเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และการถ่ายโยงการเรียนรู้ทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่เรื่องที่ห่างไกลตัวนักเรียน อีกทั้งยังเป็นการเชื่อมความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ นอกจากนี้ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน คือ ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้ สามารถขยายความรู้ของตนออกไปสู่โลกภายนอกได้ และสามารถเรียนรู้สิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวและสิ่งที่เกิดขึ้นในสังคมโลก เนื่องจากการถ่ายโยงการเรียนรู้จะทำให้นักเรียนถ่ายโยงสิ่งที่เรียนจากห้องเรียนไปใช้นอกห้องเรียนหรือสถานการณ์ที่ต่างไปจากในห้องเรียนได้ (Schunk, 1991: 155-156) และการถ่ายโยงการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ทราบว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการเรียนเพียงพอที่จะสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือเรียนรู้เรื่องอื่นๆ ได้ต่อไปหรือไม่

จากผลการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาชี้ให้เห็นว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งในทางการศึกษาและชีวิตประจำวันนั้นมีไม่เพียงพอ (Hogan and Maglienti, 2001; Vass, Schiller and nappi, 2000; Zimmerman, Raghavan and Sartoris, 2003 cited in Zeineddin and Abd-El-Khalick, 2010: 1064; Zeineddin, 2008: 7) และนักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ดังนี้ 1) นักเรียนมักมีอคติในการให้เหตุผล (Kuhn, 1989 cited in Zeinddin and Abd-El-Khalick, 2010: 1064) 2) นักเรียนส่วนมากไม่สามารถเสนอข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ (Sandler, 2004; Jansawang, 2005 อ้างถึงใน อารยา ปาละโชติ, 2551: 2) 3) นักเรียนส่วนมากไม่สามารถใช้หลักฐานในการสนับสนุนความคิดของตนเอง (Bell and Linn, 2000 cited in Brown et al., 2010: 124) 4) นักเรียนมักจะไม่พิจารณาสมมติฐานหรือคำอธิบายอื่นๆ (Zeineddin, 2008: 7) 5) นักเรียนมักจะถือว่าความเชื่อของตนเองเป็นความจริงมากกว่าการทดสอบสมมติฐาน (Kuhn, 2004: 373 cited in Zeineddin, 2008: 8) และผลการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย พบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (Piraksa, Srisawasdi, & Koul, 2014: 486-491) นักเรียนขาดความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของหลักฐานในการลงข้อสรุปและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (กาญจนา มหาลี และชาตรี ฝ่ายคำตา, 2553: 805)

และนักเรียนส่วนใหญ่ลงข้อสรุปไม่ถูกต้องหรือให้เหตุผลที่ไม่ครบถ้วน และนักเรียนไม่นำหลักฐานมาใช้ในการลงข้อสรุปและให้เหตุผล (ลฎาภา สุทธกูล และลือชา ลดาชาติ, 2013: 120-121)

นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนขาดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของแต่ละเนื้อหาสาระและไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ในห้องเรียนไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นๆ ทั้งการศึกษาต่อทางวิทยาศาสตร์ การประกอบอาชีพ และการดำรงชีวิตประจำวัน (Gilbert, 2006: 958; Köse & Tosun, 2011) ดังเช่นงานวิจัยของ Mestre (2002) พบว่า นักเรียนขาดการเชื่อมโยงบริบทของปัญหากับการแก้ไขปัญหาและไม่สามารถนำความรู้ในวิชาหนึ่งมาใช้ในอีกวิชาหนึ่ง เช่น นักเรียนไม่สามารถใช้ความรู้ในการเรียนคณิตศาสตร์มาใช้ในวิชาฟิสิกส์ และ Paik, Cho, and Go (2007) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายได้ว่า อาชีพในท้องถิ่นของตนมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับเนื้อหาเรื่อง พลังงานความร้อนอย่างไร และไม่สามารถนำความรู้มาใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลายที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และนักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้เฉพาะในบริบทที่ตนเองคุ้นเคยเท่านั้น (Johnson & Rutherford, 2010) อีกทั้งนักเรียนไทยยังไม่สามารถนำสิ่งที่ได้เรียนรู้จากชั้นเรียนไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545: 23) และนักเรียนไม่สามารถนำความรู้ที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ที่แตกต่างออกไป (คำไพย พานุสี และวิมล สำราญวานิช, 2553) สอดคล้องกับงานวิจัยของกุลธิดา สุวัชระกุลธร (2556) พบว่านักเรียนถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ไม่สมบูรณ์ในเรื่องแสง โดยเฉพาะเรื่องเลนส์บางที่นักเรียนไม่สามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ และงานวิจัยของชรินดา สุขแสนชนานันท์ (2555) พบว่า นักเรียนไม่สามารถนำความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ การนำความร้อน ตัวนำความร้อน การแผ่รังสีความร้อน สมดุลความร้อน และการขยายตัวของวัตถุเนื่องจากความร้อนไปใช้สถานการณ์อื่นๆ

จากความสำคัญของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าทั้งสองทักษะนั้นช่วยส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนของไทยที่ผ่านมานั้นยังไม่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้เท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากรายงานผลการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (TIMSS) ซึ่งประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญา 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ (Knowing) ด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ (Applying) และด้านการให้เหตุผล (Reasoning) พบว่า ในปี 2011 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์เพียง 451 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ และเป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อเทียบคะแนนกับการประเมิน TIMSS ปี 2007 คะแนนยังมีระดับลดลงอีกด้วย (Trends in International Mathematics and Science Study, 2011: 40)

นอกจากนี้การประเมินของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ที่ต้องการทราบว่านักเรียนเรียนรู้ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ดีเพียงใด โดยประเมินสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน ได้แก่ 1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (identify scientific issues) 2) การอธิบายปรากฏการณ์อย่างวิทยาศาสตร์ (explain phenomena scientifically) 3) การใช้หลักฐานหรือประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (using scientific evidence) พบว่า ตั้งแต่ ค.ศ. 2000 เป็นต้นมา นักเรียนไทยมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยเฉพาะในปี 2012 นักเรียนไทยได้คะแนนเพียง 444 คะแนน ซึ่งยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่ 501 คะแนน (Organization for Econoic Co-operation and Development, 2013) แสดงให้เห็นว่าคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ที่ต่ำนี้ส่วนหนึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการที่นักเรียนไทยยังไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และไม่สามารถนำความรู้ในห้องเรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ จากผลการประเมินดังกล่าว สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ความเห็นว่า การที่นักเรียนไทยได้คะแนนอยู่ในระดับต่ำเป็นเพราะข้อสอบลักษณะนี้เป็นสิ่งที่นักเรียนไทยไม่คุ้นเคย นักเรียนจึงควรจะได้รับการฝึกฝนให้เคยชินกับการเขียนอธิบาย การให้เหตุผล การอ้างอิงหรือการใช้ประจักษ์พยาน เพราะเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: 79)

สภาพการข้างต้นแสดงให้เห็นว่า นักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังประสบปัญหาเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้อยู่เป็นอย่างมาก จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเร่งแก้ไข เพื่อให้นักเรียนไทยมีสมรรถนะทัดเทียมกับนานาชาติได้ เมื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาดังกล่าว พบว่า ลักษณะการเรียนการสอนอาจเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของปัญหา ซึ่งสาเหตุของปัญหาในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย คือ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูวิทยาศาสตร์ในบางพื้นที่ของประเทศไทยยังเน้นให้นักเรียนจดจำเนื้อหาสาระมากกว่าการพัฒนาการคิด และการดำเนินการสอนของครูเป็นลักษณะของรูปแบบการสื่อสารทางเดียว ยังคงเน้นการบรรยายเนื้อหาสาระ (Dahsah & Faikhamta, 2008: 295-297; ลือชา ลดาชาติ และวรรณทิพา รอดแรงค้า, 2551: 8) การสอนเนื้อหาความรู้แยกกันเป็นท่อนๆ ไม่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่างแนวคิดต่างๆ และไม่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียน (Gilbert, Bulte, & Pilot, 2011: 817-818; Parchmann et al., 2006: 1046; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2558: 143) โดยไม่แสดงให้นักเรียนเห็นอย่างชัดเจนถึงความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันของแต่ละเรื่องซึ่งมีประเด็นที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน นักเรียนต้องเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง นักเรียนจึงไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้จากสถานการณ์ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ได้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถถ่ายโยงความรู้จากสถานการณ์หนึ่งไปยังสถานการณ์อื่นๆ ได้ (คำไพย พานุสี และวิมล สำราญวานิช, 2553) และการ

สอนวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปนั้นครูจะถูกมองว่าเป็นแหล่งของความรู้ และทุกคำพูดของครูจะถูกยอมรับว่าเป็นความจริงโดยไม่ต้องสงสัย นักเรียนจะเป็นเพียงผู้รับโดยทำหน้าที่จดบันทึกและทำตามโดยขาดเหตุผลในการเชื่อและยอมรับ (Gupta, 2012: 179) โดย Chinn and Malhotra (2002: 186 อ้างถึงใน อารยา ปาละโชติ, 2551: 2) กล่าวว่า ครูมักจะแสดงทฤษฎี กฎ หรือข้อเท็จจริงทันที ดังนั้นนักเรียนไม่มีโอกาสในการพัฒนาความสามารถในการลงข้อสรุปที่อาศัยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์และไม่สามารถใช้หลักฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ แต่จะยอมรับโดยขาดการพิจารณาไตร่ตรองให้รอบคอบ ซึ่งลักษณะการเรียนการสอนดังกล่าวเป็นการปิดกั้นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน

ผลการศึกษาข้างต้นชี้ให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูที่ยังไม่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ ซึ่ง Weld, Stier, and Birren (2011: 101) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นควรใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนวางแผนไปสู่คำตอบ วิเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมายของผลลัพธ์ที่ได้ และ Sternberg (2002) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้นั้นครูต้องเสนอกรอบแนวคิดที่มีความชัดเจน เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในแนวคิดนั้นๆ และเห็นความเชื่อมโยงกันระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เดิม เช่นเดียวกับ อารี พันธ์มณี (2546: 265-267) ที่กล่าวว่า การสอนที่ช่วยส่งเสริมการถ่ายโยงการเรียนรู้ต้องสอนให้นักเรียนเข้าใจหลักการ วิธีการของสิ่งที่เรียน และสรุปเป็นกฎเกณฑ์ เพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้ ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย พบว่า แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) น่าจะสามารถนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ ซึ่งแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้นักเรียนสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยเน้นการสร้าง การประเมิน การแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ (Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008a: 944-945) ซึ่งแบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการ คุณสมบัติหรือโครงสร้างที่มองไม่เห็น ทำให้เข้าใจแนวคิดหรือปรากฏการณ์ได้ง่ายขึ้น (Windschitl, Thompson, & Braaten, 2008b: 314)

แบบจำลองนั้นช่วยทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจคำอธิบายอย่างเป็นระบบและใช้เป็นกรอบคำถามสำหรับการสำรวจตรวจสอบหรือการปฏิบัติ และสามารถใช้ในการแปลความหมายของผลลัพธ์จากการสืบสอบ (Darden , 1991; Giere, 1988; Kitcher, 1993 cited in Windshitl and Tompson, 2006: 785) ซึ่งนักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการแสดงการบรรยาย อธิบาย และทำนายเพื่อให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพราะแบบจำลองเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในการสื่อสารเพื่อ

แสดงถึงความรู้ความเข้าใจ อีกทั้งในการประเมินและแก้ไขแบบจำลองนั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนโต้แย้งกัน ทำให้นักเรียนได้แสดงเหตุผลในการอธิบาย สนับสนุนหรือคัดค้าน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ดีที่สุด การเรียนรู้โดยการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นช่วยส่งเสริมความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Campbell, Zhang, & Neilson, 2011) ช่วยพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Ogan-Bekiroğlu & Arslan, 2014) และช่วยส่งเสริมทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ (Wang, Guo, & Jou, 2015)

แม้ว่าแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) จะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิด หลักการ หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ และช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ แต่การสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นไม่ได้ใช้สถานการณ์ที่อยู่รอบตัวหรือมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับนักเรียนมาเป็นตัวกระตุ้นหรือผลักดันให้นักเรียนเกิดความสงสัยหรือความสนใจ และไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการนำความรู้ที่ได้เรียนนั้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ซึ่ง Mestre (2002: 13) กล่าวว่า บริบท (context) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายโยงการเรียนรู้ ควรให้นักเรียนได้มีโอกาสนำความรู้ที่ได้เรียนรู้นั้นไปใช้ในบริบทอื่นๆ จะทำให้นักเรียนเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ดี งานวิจัยนี้จึงได้ใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (context-based learning) ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจแนวคิด หลักการ หรือความรู้ได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น และยังช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่เชื่อมโยงหรือเกี่ยวข้องกันนั้นมาประกอบในการให้เหตุผลได้ และนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ที่มีบริบทแตกต่างไปจากเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากบริบทช่วยทำให้นักเรียนเห็นความเกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้จากสิ่งที่ได้เรียนในห้องเรียน หรือเป็นการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม ความสนใจ และความคิดซึ่งจะทำให้กระบวนการเรียนรู้นั้นประสบความสำเร็จ (Parchmann et al., 2006: 1046)

การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีรากฐานจากทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ (Social Constructivism) ที่มองว่านักเรียนเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และการเรียนรู้ของนักเรียนเกิดขึ้นในบริบทของสังคมและวัฒนธรรม (Bennett and Holman, 2003 อ้างถึงใน เอกรัตน์ ศรีตัญญู, 2555: 37) และการเรียนรู้ตามสถานการณ์จริง (situated learning) ที่เน้นการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำเสนอความรู้หรือมโนทัศน์ผ่านสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่อยู่ในชีวิตประจำวันของนักเรียน (McLellan, 1996) ซึ่ง Bennett (2005: 2) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทหรือประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนหรือการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นจุดเริ่มต้นหรือผลักดันในการพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสามารถถ่ายโยงความรู้ความเข้าใจเหล่านั้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้ การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานนั้นช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสนใจในการ

เรียนวิทยาศาสตร์ (Bulte, Westbroek, de Jong, & Pilot, 2006) มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ (Parchmann et al., 2006) ช่วยพัฒนาแรงจูงใจ ความตระหนักรู้ในตนเอง (Kuhn & Müller, 2014) และช่วยสนับสนุนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อีกด้วย (Köse & Tosun, 2011; Kuhn & Müller, 2014; จินดา พราหมณ์ชู และคณะ, 2553)

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้เป็นทักษะที่สำคัญและเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ส่งเสริมความเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ การวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้จัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์อันเป็นเป้าหมายสูงสุดของวิทยาศาสตร์ศึกษา

คำถามการวิจัย

1. รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีหลักการ และขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนอย่างไร

2. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานสามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้หรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดย

2.1 เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและ แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานก่อนและหลังการทดลอง

2.2 เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและ แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานกับกลุ่มที่เรียนแบบปกติ

2.3 เปรียบเทียบความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานก่อนและหลังการทดลอง

2.4 เปรียบเทียบความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและ แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานกับกลุ่มที่เรียนแบบปกติ

2.5 ศึกษาพัฒนาการความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน

สมมติฐานของการวิจัย

แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้นักเรียนสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นการสร้าง การประเมิน การแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้ (Windschitl et al., 2008a: 944-945) Schwarz et al. (2009: 634-635) กล่าวว่า การให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจอย่าง

ลึกซึ้งเกี่ยวกับแบบจำลองที่สำคัญในวิทยาศาสตร์และเข้าใจลักษณะของปรากฏการณ์ที่ศึกษา ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์และสะท้อนความคิดและใช้แบบจำลองในการให้เหตุผล ดังผลการวิจัยของ Campbell et al. (2011) ศึกษาผลลัพธ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาฟิสิกส์ ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และหลังจากการทดสอบหลังเรียน 1 เดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และคะแนนโดยรวมของกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Wang et al. (2015) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 11 ประเทศจีน ผลการวิจัยสรุปว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) และการจัดการเรียนการสอนแบบการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการสอนด้วยห้องปฏิบัติการเสมือนฟิสิกส์ (MBI-VPL) ช่วยพัฒนาทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับการสอนแบบดั้งเดิม ซึ่งวิธีการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยพัฒนาในด้านทักษะกระบวนการ ความรู้ความเข้าใจ เจตคติการเรียนรู้ ทักษะการสื่อสาร และทักษะการสะท้อนความคิดอย่างมีนัยสำคัญ และการพัฒนาทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกันระหว่างเพศชายและหญิง

แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (Context-based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทหรือประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนหรือการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นจุดเริ่มต้นหรือผลักดันในการพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Bennett, 2005: 2) และ De Jong (2008: 1) กล่าวว่า บริบทจะช่วยทำให้เข้าใจ แนวคิด หลักการ กฎ และสิ่งต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น ดังผลการวิจัยของ Kuhn and Müller (2014) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานในการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยใช้เรื่องราวปัญหาจากหนังสือพิมพ์ที่มีผลต่อแรงจูงใจและการเรียนรู้ของนักเรียน เกรด 10 ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ประเทศเยอรมัน ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้บริบทเป็นฐานด้วยการใช้ปัญหาจากหนังสือพิมพ์มีการพัฒนาแรงจูงใจ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม และเมื่อเวลาผ่านไปหลายเดือนนักเรียนกลุ่มทดลองมีแรงจูงใจสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตอนเริ่มแรก ขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมมีแรงจูงใจลดลง สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Köse and Tosun (2011) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียน พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานมีความเข้าใจเรื่องระบบประสาทสูงขึ้นกว่าก่อน

เรียน และผลการวิจัยของ Parchmann et al. (2006) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ตามหลักสูตร Chemie im Kontext ซึ่งเป็นการนำบริบทเกี่ยวกับสิ่งที่อยู่ในชีวิตประจำวัน ปัญหาที่สำคัญทางสังคม อาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของสาร พลังงาน ปฏิกิริยารีดอกซ์ สมดุลเคมี และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาเคมีมากกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ

จากการศึกษาแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและ แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานได้กำหนดสมมติฐานการวิจัยดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 3 (นนทบุรี-พระนครศรีอยุธยา)
2. การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ตัวแปรจัดกระทำ คือ รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้

แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2) ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

3. เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการศึกษา คือ สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยคือ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2558 (ตุลาคม 2558-กุมภาพันธ์ 2559)

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนใช้กระบวนการในการแสวงหาความรู้โดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเป็นตัวแทนเพื่อใช้ในการอธิบายแนวคิด หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นแนวทางในการตั้งคำถาม สมมติฐาน ควบคุม ตัวแปร ออกแบบ สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล ลงข้อสรุป และใช้การโต้แย้งในการประเมินและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง เพื่อใช้ในการให้เหตุผล

แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทที่เกี่ยวข้องกับปัญหา สถานการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยนักเรียนจะถูกกระตุ้นให้สร้างการเชื่อมโยงระหว่างความรู้และการประยุกต์ใช้ความรู้กับการดำเนินชีวิต และเมื่อนักเรียนเชื่อมโยงได้แล้วสามารถนำความรู้เหล่านี้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน หมายถึง แบบแผนในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และนำความรู้ไปใช้ในบริบทอื่น จากการให้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน แล้วนักเรียนลงมือปฏิบัติผ่านการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้าง การประเมิน การแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของกรณีต่างๆ และพิสูจน์ตรวจสอบโดยใช้หลักฐาน และสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมี 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นกำหนดสถานการณ์ เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน และกำหนดสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีความสนใจ และอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถาม

2. ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นหรือตั้งสมมติฐาน แล้วลงมือปฏิบัติโดยทำการทดลอง สังเกต สำรวจ สืบค้น ด้วยการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและมีปฏิสัมพันธ์กัน และเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน เพื่อทดสอบแบบจำลอง

3. ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง ประเมินข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองผ่านการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม โดยการใช้หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่าวอ้างที่นำเสนอ เพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของห้อง

4. ขั้นสรุปความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการอภิปรายข้อคิดเห็นที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มอื่น และปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง แล้วลงข้อสรุปร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องและสมเหตุสมผล

5. ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นที่นักเรียนนำแบบจำลอง ความรู้ หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ภายใต้เงื่อนไขใหม่ และบริบทใหม่ เพื่อบรรยาย อธิบาย หรือทำนายสถานการณ์ใหม่หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

การเรียนการสอนแบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามคู่มือครูรายวิชาพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางความคิด ซึ่งจะนำไปสู่การศึกษาค้นคว้าหรือการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

2. ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบ ทำการทดลองและลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แปลผล อภิปรายร่วมกัน เพื่อสรุปความรู้

4. ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้จากการศึกษามาอธิบายขยายความร่วมกัน

5. ขั้นประเมิน เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ระบุสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือตรวจสอบความถูกต้องของความรู้โดยนักเรียนเอง หรือครูเป็นผู้ตรวจสอบ

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแสดงความคิดเกี่ยวกับการสร้างหลักการ การวิเคราะห์ การหาความสัมพันธ์ของหลักการ กฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์หนึ่งๆ เพื่อใช้ในการแสดงข้อสรุป ข้อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งใช้การให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย โดยการให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นความสามารถในการใช้แนวคิด หลักการ กฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาสรุปหรืออธิบายเหตุการณ์ที่มีลักษณะเฉพาะที่สอดคล้องกันได้ และการให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นความสามารถในการหาข้อสรุป

จากการสังเกตลักษณะร่วมของเหตุการณ์ย่อยๆ ซึ่งประเมินได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

1. ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถระบุข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้า ทดลอง หรือสังเคราะห์เอกสาร หรือเป็นพื้นฐานสำคัญของการบอกกล่าว การกล่าวอ้าง ข้อสรุป การพยากรณ์ หรือการคาดการณ์ล่วงหน้า

2. ความสามารถในการสร้างข้อสรุป หมายถึง การที่นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล สอดคล้องกับข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ หรือประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดดคล้องกับหลักฐานที่มีหรือไม่

3. ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการบรรยาย ตีความหมาย หรือคาดการณ์ปรากฏการณ์โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ที่ได้เรียนรู้จากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม หรือสถานการณ์ใหม่ที่มีบริบทแตกต่างไปจากสถานการณ์เดิม และมีเงื่อนไขความซับซ้อนของสถานการณ์มากขึ้น หรือเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน และนักเรียนตระหนักรู้ว่าตนเองใช้ความรู้นั้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ โดยประเมินจากแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หมายถึง นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 3 (นนทบุรี-พระนครศรีอยุธยา)

Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยและพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น การวิจัยครั้งนี้มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.1 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.2 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.3 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.4 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.5 แนวทางการสอนเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.6 การวัดและประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2. การถ่ายโยงการเรียนรู้

2.1 ความสำคัญของการถ่ายโยงการเรียนรู้

2.2 ความหมายของการถ่ายโยงการเรียนรู้

2.3 ประเภทของการถ่ายโยงการเรียนรู้

2.4 ทฤษฎีการถ่ายโยงการเรียนรู้

2.5 ระดับของการถ่ายโยงการเรียนรู้

2.6 แนวทางการสอนที่ส่งเสริมการถ่ายโยงการเรียนรู้

2.7 แนวทางการวัดและประเมินการถ่ายโยงการเรียนรู้

3. การสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.1 ความสำคัญของแบบจำลองในการศึกษาวิทยาศาสตร์

3.2 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.3 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.4 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

3.5 การสอนแบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์

3.6 แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4. การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

4.1 ความสำคัญของการใช้บริบทในวิชาวิทยาศาสตร์

4.2 ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน

4.3 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

4.4 ขอบเขตของบริบท

4.5 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

5. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

5.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน

5.2 ลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอน

5.3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน

5.4 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโยงการเรียนรู้

6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

6.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นความสามารถที่สำคัญและจำเป็นของนักเรียนในศวรรษที่ 21 เพื่อใช้ในการเรียนรู้และดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ ซึ่งมีประเด็นที่นำเสนอ 6 ประเด็น ได้แก่ ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แนวทางการสอนเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการวัดและประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ในปัจจุบันการรู้วิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายหลักและเป็นผลลัพธ์การเรียนรู้ที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ศึกษาในหลายๆประเทศ ซึ่งการรู้วิทยาศาสตร์ที่เป็นเป้าหมายของการเรียนการสอนโดยทั่วไปนั้นรวมถึงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Piraksa et al., 2014: 487)

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ถือเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสังคมปัจจุบันมีความหลากหลายของการเผชิญหน้าทางสังคม โดยปัญหาทางสังคมและผลกระทบทางวิทยาศาสตร์จะส่งผลโดยตรงต่อทุกคน จึงจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมให้ทุกคนเป็นนักคิดที่มีประสิทธิภาพและสามารถประเมินข้อมูลต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา (Zimmerman, 2005: 3) การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จะช่วยพัฒนาทักษะการคิดที่จะสามารถถ่ายโอนไปยังบริบทที่มีความหลากหลายได้ (Fanetti, 2011: 10)

Lawson (2004 cited in Fanetti, 2011: 10) กล่าวว่า การให้เหตุผลเป็นสิ่งที่สำคัญในวิทยาศาสตร์และทำให้เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการสร้างระบบความรู้ใหม่ ซึ่งนักเรียนในปัจจุบันจำเป็นต้องมีความสามารถในการปรับตัวเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกเทคโนโลยี ต้องมีทักษะและความสามารถที่จะประสบความสำเร็จโดยนักเรียนต้องพัฒนาการแก้ไขปัญหาจากปัญหาที่ไม่เคยรู้จักมาก่อน ซึ่งนักเรียนต้องสามารถถ่ายโยงความรู้ระหว่างสถานการณ์และบริบทที่หลากหลาย ด้วยการปรับใช้ความสามารถของตนเอง ซึ่งกระบวนการของการให้เหตุผลเป็นการเชื่องโยงความคิดและช่วยให้นำไปสู่ข้อสรุป ซึ่งเป็นพื้นฐานของทักษะการให้เหตุผลอย่างเป็นทางการ เมื่อทักษะเหล่านี้ถูกปลูกฝังให้นักเรียนอย่างเหมาะสม จะช่วยให้นักเรียนกลายเป็นผู้ที่มีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมีระบบการแก้ไขปัญหาในบริบทที่หลากหลายได้ดีขึ้น นักเรียนจะสามารถทบทวนสิ่งที่สำคัญและสามารถสะท้อนข้อมูล ลงข้อสรุป แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และใช้รูปแบบการให้เหตุผลที่หลากหลายเมื่อได้เจอสถานการณ์ที่ท้าทายใหม่ๆ (Fanetti, 2011: 7-9)

ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อสังคม

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญที่จะทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในวิทยาศาสตร์ และยังสามารถนำไปใช้ในปัญหาและสถานการณ์ในโลกความจริงอีกด้วย ประชาชนจำนวนมากกล่าวว่าตนเองไม่ได้ใช้วิทยาศาสตร์ในชีวิตทุกๆวัน แต่ทุกคนต้องใช้ผลิตภัณฑ์ของวิทยาศาสตร์ทุกวัน ในสังคมที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสูงนั้น ประชาชนต้องมีความเข้าใจวิทยาศาสตร์และสามารถใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ไม่มีทางที่โรงเรียนหรือนักการศึกษาจะสามารถ

สอนนักเรียนทุกคนเกี่ยวกับทุกแง่มุมหรือทุกประเด็นของวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาในอนาคตที่ไม่มีใครเคยรู้จัก ตัวอย่างเช่น ปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกที่ไม่เคยได้รับความสนใจ แต่ในปัจจุบันนี้เป็นประเด็นหลักที่ได้รับความสนใจและมีการอภิปรายกันอย่างกว้างขวาง ถ้านักเรียนมีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดี นักเรียนจะสามารถให้เหตุผลที่มีศักยภาพและสามารถตัดสินใจได้ อีกทั้งการเพิ่มขึ้นของอินเตอร์เน็ต ทำให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้ทุกชนิด แต่จะรู้ได้อย่างไรว่าข้อมูลใดถูกต้อง ผู้บริโภคจะประเมินแหล่งที่มาของข้อมูลได้อย่างไร สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงคุณค่าของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างประเมินค่าไม่ได้ ถ้าหากผู้บริโภคมีพื้นฐานการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีจะสามารถตัดสินและประเมินข้อมูลและแหล่งข้อมูลได้ และสามารถระบุได้ว่าเหตุผลใดไม่ถูกต้อง (Fanetti, 2011: 12-13)

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนนั้น พบว่าหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ไม่ได้แสดงการให้เหตุผลที่ชัดเจนครอบคลุมทั้งหมดและมักจะถูกละเลย นักเรียนถูกละเลยในการเรียนรู้วิธีการให้เหตุผลหรือขึ้นอยู่กับวิธีการสอนของครูที่มักจะไม่ให้ตามความต้องการที่ครอบคลุม เนื่องจากต้องเตรียมนักเรียนสู่การทดสอบมาตรฐาน อีกทั้งยังพบว่า นักเรียนจำนวนมากไม่สนใจที่จะพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และวิธีการสอนแบบเดิมที่ไม่สนใจและไม่สนับสนุนนักเรียนในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (Fanetti, 2011: 12) แม้ว่าทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต้องสอนตลอดหลักสูตรวิทยาศาสตร์ แต่มีแนวโน้มว่าครูสอนแบบแยกส่วนและมักจะสอนแค่ช่วงเริ่มปีการศึกษา ไม่ได้สอนทั้งหมด หรือบางคนไม่เคยสอนเลย หลักสูตรวิทยาศาสตร์ปัจจุบันมีเนื้อหาจำนวนมาก ซึ่งครูอาจจะไม่สามารถใช้วิธีการสอนที่เหมาะสมกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (O'Neil and Polman, 2004 cited in Fanetti, 2011: 12)

กล่าวโดยสรุป การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายหลักของวิทยาศาสตร์ศึกษาในระดับสากล ซึ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีระบบการแก้ไขปัญหา ช่วยพัฒนาทักษะการคิด ทำให้เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ และเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ในโลกความจริง อีกทั้งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์อีกด้วย

จากการศึกษาในเรื่องของความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แล้วนั้น จำเป็นที่จะต้องทราบถึง ความหมายการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึงอะไร จึงขอนำเสนอในรายละเอียดต่อไปนี้

1.2 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของคำว่า “การให้เหตุผล” และ “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์” ไว้อย่างหลากหลาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอความหมายของทั้งสองคำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การให้เหตุผลเป็นกระบวนการประเมินผลและการสร้างตรรกะเกี่ยวกับข้อโต้แย้งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน (Anderson, 1990: 290) ซึ่ง Cattell (1971) กล่าวว่า การให้เหตุผลเป็นการคิดอย่างสมเหตุสมผลและสามารถแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่เป็นอิสระจากความรู้เดิมที่ได้มา และ Good (1973: 345) กล่าวว่า การให้เหตุผลเป็นการกระทำหรือกระบวนการทางสมองในการที่จะลงความเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงและปรากฏการณ์ สามารถสรุปผลจากเหตุหรือสมมติฐานได้ ส่วน Freeman (1988: 3-4) กล่าวว่า การให้เหตุผล เป็นการคิดเชิงเหตุผลว่ามีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหา การหาทางออกของปัญหา ประเมินว่าวิธีไหนดีที่สุดและปฏิบัติตามทางเลือกนั้น เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาด้วยความพอใจและยอมรับในวิธีการแก้ปัญหาเมื่อได้รับเหตุผลที่ถูกต้องเพียงพอและสามารถเข้าใจในเหตุผลนั้น

ส่วนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้หลากหลาย ดังนี้

Lawson (1985: 571) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการให้เหตุผลแบบนามธรรม ซึ่งเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการค้นหาหลักฐาน และประเมินหลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน ซึ่ง Friedler, Nachmias, and Linn (1990: 173) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่บุคคลสามารถระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง สังเกต รวบรวม วิเคราะห์ และแปลความหมายข้อมูล แล้วนำผลไปใช้เพื่อทำนายผลสถานการณ์อื่นต่อไป และ Lee and She (2009: 479) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการในการสร้างข้อสรุปจากหลักการและหลักฐานนั้นไปสู่ข้อสรุปใหม่ เช่นเดียวกับ Davis (2009: 14) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและสร้างการคิดแบบนิรนัยและอุปนัยที่เกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Fanetti (2011: 22) ได้ขยายความหมายต่อไปอีกว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นชุดของกระบวนการคิดที่ถูกใช้ในปัญหาหรือบริบทของวิทยาศาสตร์ และจันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542: 71) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการที่จะได้แนวคิดที่เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ ซึ่งการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการจะรู้ หรือเป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้อยู่โดยใช้เหตุใช้ผล ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่ อีกทั้ง อารยา ปาละโชติ (2551: 7) กล่าวว่า การให้

เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์โดยอาศัยรูปแบบการคิดแบบสมมติฐานนิรนัย ที่นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ของปัจจัยจากความสัมพันธ์และใช้หลักฐานในการยืนยันถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นเพื่อลงข้อสรุป

สรุปได้ว่า การให้เหตุผล หมายถึง ความสามารถทางการคิดในการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงและปรากฏการณ์ในการลงข้อสรุปเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล ส่วนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หมายถึง ความสามารถในการแสดงความคิดเกี่ยวกับการสร้างหลักการ การวิเคราะห์ การหาความสัมพันธ์ของหลักการ กฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์หนึ่งๆ เพื่อใช้ในการแสดงข้อสรุป ข้อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งใช้การให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย

จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ได้ทราบถึงความสำคัญและความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แล้วนั้น ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.3 องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

องค์กรทางการศึกษาและนักการศึกษาได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นเทียบได้กับสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านการอธิบายปรากฏการณ์อย่างวิทยาศาสตร์และด้านการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ตามนิยามของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ที่ประเมินสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีรายละเอียดดังนี้ (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 56-58)

การอธิบายปรากฏการณ์อย่างวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) เป็นความสามารถในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผลกับสถานการณ์หนึ่งๆ ความสามารถนี้รวมถึงการบรรยายและการตีความปรากฏการณ์ และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้น การประเมินจะรวมถึงการให้นักเรียนระบุคำบรรยาย คำอธิบายใดสมเหตุสมผลหรือไม่ อย่างไร คำคาดการณ์จะเป็นไปได้หรือไม่ด้วยเหตุผลอะไร มีรายละเอียดดังนี้

1. ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับหลักฐาน

2. บรรยายหรือแปลความปรากฏการณ์ การพยากรณ์ และการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

3. ระบุคำบอกเล่า คำอธิบาย และคำพยากรณ์ที่สมเหตุสมผล

การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (Using scientific evidence) ความสามารถนี้ต้องการให้นักเรียนรู้ความหมายและความสำคัญของสิ่งที่พบจากการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ และนำมาใช้เป็นพื้นฐานของการคิด การลงข้อสรุป การบอกเล่า และการสื่อสาร ซึ่งต้องใช้ทั้งความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

1. รู้ว่าจะต้องใช้หลักฐานใด แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจว่าจะต้องมีข้อมูลหรือหลักฐานใดจากการค้นคว้า การเก็บข้อมูลมารองรับ หรือเป็นพื้นฐานสำคัญของการบอกกล่าว การกล่าวอ้างข้อสรุป การสร้างข้อโต้แย้ง การพยากรณ์ หรือการคาดการณ์ล่วงหน้า

2. สร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล การสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลบนพื้นฐานของหลักฐานข้อมูล หรือประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับหลักฐานที่มีหรือไม่ คำถามประเภทนี้อาจให้นักเรียนวิเคราะห์วิจารณ์ข้อสรุปที่ยกมาให้ โดยให้วิเคราะห์ว่าการสรุปนั้นได้สรุปออกมาจากข้อมูลที่กำหนดให้หรือไม่ หรือหลักฐานที่มี หรืออาจจะให้นักเรียนใช้เหตุผลวิเคราะห์ วิจารณ์ข้อสรุปทั้งในทางที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย

3. สื่อสารข้อสรุปได้อย่างมีคุณภาพ การสื่อสารข้อมูลเฉพาะ หรือข้อสรุปจากหลักฐาน ข้อมูลจะเกี่ยวข้องกับการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และข้อโต้แย้งจากสถานการณ์และข้อมูลที่กำหนดให้ โดยสื่อสารออกมาอย่างชัดเจนให้ผู้รับข่าวสารเข้าใจได้

4. แสดงออกว่าเป็นผู้มีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนแสดงถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยการนำแนวคิดนั้นๆไปใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดได้หรือไม่ มีการอธิบายถึงความสัมพันธ์หรือสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงหรืออาจจะให้นักเรียนคาดการณ์ว่าจะมีอะไรเกิดขึ้นบ้าง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางอย่าง หรือให้ชี้บอกว่าตัวแปรหรือปัจจัยใดที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดผลตามที่กำหนดให้ โดยนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (ที่ไม่ได้กำหนดให้) มาใช้ในการบอกนั้นๆ

นอกจากนี้โครงการ TIMSS ปี 2011 ได้ประเมินด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใน 3 ด้าน คือ ความรู้ (Knowing) การประยุกต์ใช้ความรู้ (Applying) และการให้เหตุผล (Reasoning) โดยกำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการให้เหตุผลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ไว้ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: 11-12)

1. วิเคราะห์/แก้ปัญหา (Analyze/Solve Problems)

- วิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง แนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหา
- พัฒนาและอธิบายแนวทางการแก้ปัญหา

2. สังเคราะห์ (Integrate/Synthesize)

- หาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

- เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาสาระแตกต่างกัน

- แสดงให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน

- บูรณาการแนวคิดหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

3. ตั้งสมมติฐาน/ทำนาย (Hypothesize/Predict)

- เชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลจากประสบการณ์หรือจากการสังเกตเพื่อสร้างคำถามที่สามารถค้นหาคำตอบได้จากการสำรวจตรวจสอบ

- ตั้งสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้ความรู้จากการสังเกตและ/หรือจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจในแนวคิด

- ทำนายเกี่ยวกับผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางชีวภาพหรือทางกายภาพ โดยอาศัยประจักษ์พยานและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

4. ออกแบบ (Design)

-ออกแบบหรือวางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์หรือตรวจสอบสมมติฐาน

- อธิบายลักษณะของการสำรวจตรวจสอบที่ดีซึ่งรวมทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น

- ตัดสินใจเกี่ยวกับการวัดหรือวิธีการที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบ

5. สรุป (Draw Conclusions)

- ตรวจหา/สืบหารูปแบบของข้อมูล อธิบายหรือสรุป และทำนายแนวโน้มของข้อมูลหรือข้อสนเทศที่กำหนดให้

- ใช้หลักฐานและ/หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการลงข้อสรุป

- ลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐาน และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น

6. สร้างข้อสรุปทั่วไป (Generalize)

- สร้างข้อสรุปที่ได้จากการทดลองในสภาวะหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ แล้วประยุกต์ใช้ข้อสรุปนั้นกับสถานการณ์ใหม่

- กำหนดรูปแบบทั่วไปเพื่อแสดงความสัมพันธ์ทางกายภาพ

7. ประเมิน (Evaluate)

- ประเมินข้อได้เปรียบ/ข้อเสียเปรียบเพื่อใช้ในการตัดสินใจทางเลือกอื่นๆ ถึงวิธีการปฏิบัติ วัสดุ และแหล่งที่มา

- พิจารณาปัจจัยทางวิทยาศาสตร์และปัจจัยทางสังคมเพื่อประเมินผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อระบบชีวภาพและกายภาพ

- ประเมินความเป็นไปได้อื่นๆ เกี่ยวกับการอธิบายและวิธีการแก้ปัญหา

- ประเมินผลของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบโดยอาศัยข้อมูลที่เพียงพอเพื่อสนับสนุนข้อสรุป

8. ตรวจสอบ (Justify)

- ใช้ประจักษ์พยานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบคำอธิบายและวิธีการแก้ปัญหา

- ให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบในการแก้ปัญหา ข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Brown et al. (2010) ได้เสนอกรอบแนวคิดการให้เหตุผลโดยอาศัยหลักฐาน (The Evidence-Based Reasoning Framework) กรอบนี้แสดงให้เห็นว่าสองปัจจัยนำเข้า หลักฐานและข้อมูลที่มีการประมวลผลผ่าน 3 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์ การแปลความหมาย และการนำไปใช้ในการผลิตข้อกล่าวอ้างที่เป็นผลผลิต กรอบแนวคิดการให้เหตุผลโดยอาศัยหลักฐานมีองค์ประกอบดังแสดงในภาพที่ 1 และมีรายดังนี้

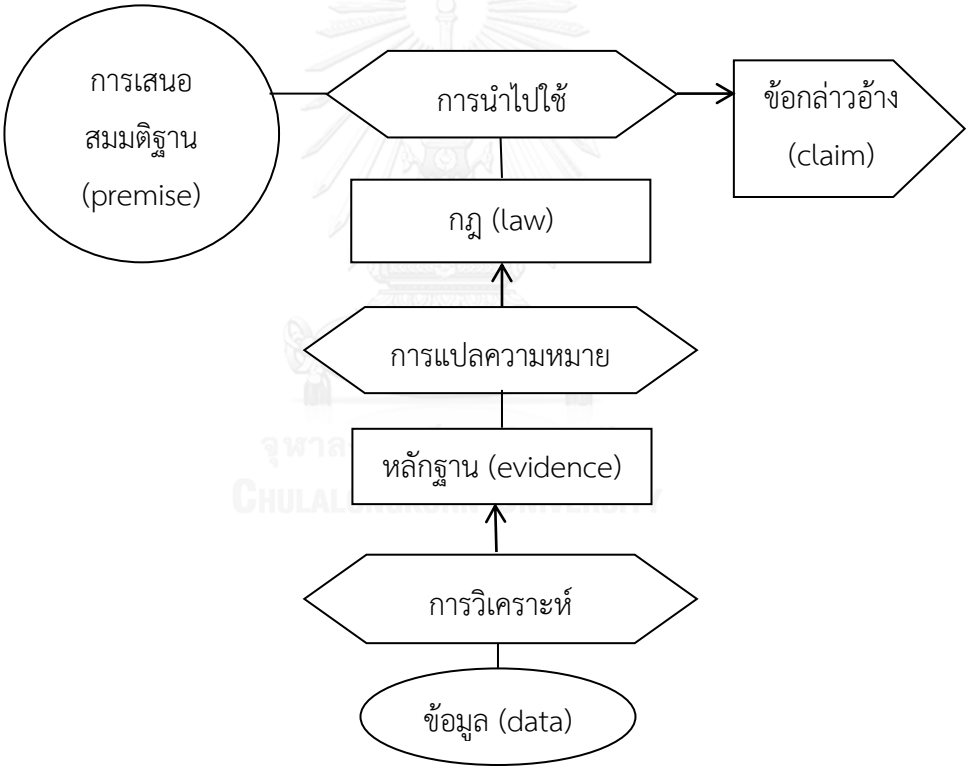
1. ข้อกล่าวอ้าง (claim) คือ คำกล่าวเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่เฉพาะเจาะจงหรือวลีที่กล่าวแต่ละการทำนายของบางสิ่งบางอย่างที่จะทำในอนาคต เช่น กล่องจะจม การสังเกตของบางสิ่งบางอย่างที่ทำผ่านไปแล้ว เช่น กล่องนี้จมไปแล้ว หรือข้อสรุปเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เช่น กล่องจม มันเป็นลักษณะเฉพาะที่เป็นชุดของสถานการณ์เดี่ยวที่นิยามโดยใช้หลักฐาน

2. การเสนอสมมติฐาน (premise) ประกอบด้วยหนึ่งคำกล่าวหรือมากกว่าหนึ่งคำกล่าวที่อธิบายสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจงที่ทำหน้าที่เป็นปัจจัยนำเข้าซึ่งจะเป็นผลในการบรรยายผลผลิตโดยข้อกล่าวอ้าง ตามที่สังเกตได้โดยทั่วไปในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ มักจะระบุเป็นวัตถุและคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องหรือคุณสมบัติ เช่น กล่องนี้หนัก

3. กฎ (rule) คือ การเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง กฎคือคำกล่าวที่บรรยายความสัมพันธ์ทั่วไป เช่น สิ่งของที่หนักจะจม ความสัมพันธ์เหล่านี้โดยทั่วไป อาจจะยึดถือในบริบทและสถานการณ์ที่ไม่ได้ตั้งข้อสังเกตก่อนหน้านี้ อาจจะเป็นวิทยาศาสตร์หรือสัญชาตญาณขึ้นอยู่กับกรณี กฎอาจจะเป็นกฎทางวิทยาศาสตร์ได้รับการยอมรับ เช่น หลักการของอาร์คีมีดีส หรือประเด็นของทฤษฎีสัญชาตญาณ เช่น ความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับทุ่นลอยน้ำ ว่าสิ่งที่หนักต้องจม โดยทั่วไปกฎมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการกระทำหรือความคิด ความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจ

ประกอบด้วยทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อเสนอ ความสัมพันธ์ หรือแนวคิดทั้งที่เป็นวิทยาศาสตร์หรือประเด็นที่ไม่เป็นทางการ กฎในกรอบแนวคิดนี้จะนิยามโดยหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการกระทำหรือความคิดมากกว่าเนื้อหาหรือรูปแบบ

4. หลักฐาน (Evidence) ประกอบด้วยคำกล่าวที่บรรยายการสังเกตความสัมพันธ์ เช่น กล่องหนักที่สุดจมและกล่องที่เบาลอย เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของกล่องและลักษณะการจม กล่องที่หนักที่สุดเป็นวัตถุจริงที่ถูกทิ้งลงในน้ำและการสังเกตในเวลาและสถานที่ที่เฉพาะ หลักฐานมีพื้นฐานมาจากบริบทที่เฉพาะเจาะจง กระบวนการของการแปลความหมายข้อมูลของหลักฐานไปเป็นกฎที่เป็นผลผลิตคือจุดเริ่มต้นและกระบวนการก่อนเริ่มกระบวนการสร้าง ในการรวบรวมหลักฐาน ต้องแปลงไปสู่คำกล่าวที่ทั่วไปเพียงพอและสามารถที่จะประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการให้เหตุผลโดยอาศัยหลักฐาน (Brown et al., 2010: 131)

นอกจากนี้ Kisiel, Rowe, Vartabedian, and Kopczak (2012: 1048-1049) กล่าวว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการรวบรวมและใช้หลักฐานสำหรับการคิดและการสื่อสารเกี่ยวกับความคิด เช่น การสร้างข้อโต้แย้ง การเสนอกรณี หรือการระบุสาเหตุ ซึ่งการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย ความสามารถ 2 ประการ คือ

1. ความสามารถในการค้นหาหรือการสร้างหลักฐาน (Seeking or Developping evidence) เป็นการสำรวจตรวจสอบโดยการระบุและสร้างหลักฐาน โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือระบุลักษณะข้อมูลที่อาจจะใช้เป็นหลักฐาน ซึ่งกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการได้รับข้อมูลและสร้างหลักฐาน ได้แก่ กระบวนการอภิปราย โดยการพิจารณาว่าจะทำอย่างไรเพื่อจะได้คำตอบ การควบคุมตัวแปร และการสังเกต

2. ความสามารถในการแปลความหมายจากหลักฐาน (Interpretation of Evidence) เป็นการอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือการแปลความหมายข้อมูลจากหลักฐานที่นักเรียนสำรวจตรวจสอบ โดยอาศัยการสังเกตของปรากฏการณ์ในสิ่งแวดล้อม หรือการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร สาเหตุ และกลไกที่มีการสร้างข้อกล่าวอ้างและสนับสนุนข้อกล่าวอ้างด้วยหลักฐาน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปลักษณะสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ลักษณะสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	OECD (2009)	TIMSS (2011)	Brown et al. (2010)	Kisiel et al. (2012)
1. การระบุและสร้างหลักฐาน	√	√	√	√
2. การแปลความหมายข้อมูลจากหลักฐาน	√		√	√
3. การใช้ข้อมูลและหลักฐานในการสร้างข้อสรุป	√	√	√	√
4. การบรรยายหรือแปลความปรากฏการณ์การพยากรณ์ โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์	√	√	√	√
5. การระบุคำบอกเล่า คำอธิบาย และคำพยากรณ์ที่สมเหตุสมผล	√	√	√	
6. การสื่อสารข้อสรุป ข้อมูลเฉพาะ หรือข้อสรุปจากหลักฐาน	√			

กล่าวโดยสรุป การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบดังนี้

1. ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถระบุข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้า ทดลอง หรือสังเคราะห์เอกสาร หรือเป็นพื้นฐานสำคัญของการบอกกล่าว การกล่าวอ้าง ข้อสรุป การพยากรณ์ หรือการคาดการณ์ล่วงหน้า

2. ความสามารถในการสร้างข้อสรุป หมายถึง การที่นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล สอดคล้องกับข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ หรือประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดดคล้องกับหลักฐานที่มีหรือไม่

3. ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ หมายถึง การที่นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการบรรยาย ตีความหมาย หรือคาดการณ์ปรากฏการณ์โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แล้วนั้น ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.4 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้อย่างหลากหลาย มีรายละเอียดดังนี้

Sund and Trowbridge (1973: 12) กล่าวถึง การให้เหตุผลในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหาและศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง การรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง การสรุปผลการทดลอง โดยขั้นการสรุปผลการทดลองนั้นจะต้องใช้การให้เหตุผลร่วมกัน 2 แบบ คือ การให้เหตุผลแบบนิรนัยที่เป็นการให้เหตุผลโดยการใช้หลักการทั่วไปอธิบายเหตุการณ์ย่อยๆ เฉพาะในการทดลอง และการให้เหตุผลแบบอุปนัยเป็นการให้เหตุผลโดยการสรุปรวมจากการสังเกตเหตุการณ์ย่อยๆ ในการทดลองแล้วสรุปเป็นหลักการ ทำให้มีการเรียกการให้เหตุผลในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

สอดคล้องกับ Ellis and Hunt (1989: 239-243) กล่าวว่า การให้เหตุผลมีอยู่ 2 ประเภท คือ

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive) เป็นการอ้างข้อสรุปเกี่ยวกับการเข้าถึงโดยทั่วไป สมมติฐานทั่วไปนำไปสู่ความจำเพาะของความรู้

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive) เป็นการอ้างข้อสรุปเกี่ยวกับการแสดงความคิดตามพื้นฐานของประสบการณ์ที่ผ่านมา แล้วจึงสรุปเป็นหลักการทั่วไป

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542: 71) ได้จำแนกประเภทการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 3 แบบ ได้แก่

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไป สู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจงหรือความรู้เฉพาะหน่วย โดยใช้หลักการทางตรรกะ นั่นคือ การใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ เพื่ออธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุป ซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะหน่วย คำอธิบาย หรือข้อสรุปที่ได้รับคือความรู้ใหม่

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดที่เชื่อมโยงหาข้อสรุป ที่เป็นหลักการทั่วไปจากความจริงที่รวบรวมได้จากการสังเกตโดยตรง นั่นคือ การสรุปอ้างอิงจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วยเพื่อให้ได้หลักการทั่วไป ซึ่งเป็นกระบวนการที่กลับกันกับการให้เหตุผลเชิงนิรนัย

3. การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย (Inductive-deductive method) หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการคิดเพื่อหาข้อสรุป ที่เริ่มต้นจากการสังเกต แล้วสรุปความรู้จากการสังเกต นั่นคือ การคิดหรือให้เหตุผลเชิงอุปนัยแล้วตั้งสมมติฐานตามข้อสรุปที่อุปนัยได้ แล้วทำการทดสอบสมมติฐานโดยการรวบรวมข้อมูลเพื่อเติม เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้จะสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่ ซึ่งถ้าสมมติฐานเป็นจริงเราจะค้นพบอะไร เป็นการลงความเห็นโดยพิจารณาจากหลักการทั่วไป ไปสู่เรื่องเฉพาะ ส่วนสมมติฐานคือหลักการทั่วไปที่จะต้องทดสอบว่าเป็นจริงหรือไม่ ข้อมูลที่รวบรวมไว้เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานคือ ข้อสรุปเฉพาะ

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นการให้เหตุผลโดยการใช้แนวคิด หลักการ กฎ ทฤษฎี อธิบายเหตุการณ์ย่อยๆที่มีลักษณะเฉพาะหรือหาข้อสรุป

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นการให้เหตุผลโดยการสังเกตเหตุการณ์ย่อยๆ ที่มีลักษณะเฉพาะ แล้วสรุปเป็นแนวคิด หลักการ กฎ ทฤษฎี

3. การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย เป็นการให้เหตุผลโดยการให้เหตุผลเชิงนิรนัยและอุปนัยร่วมกัน

จากที่กล่าวมาทำให้เข้าใจประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แล้วนั้น ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอแนวทางการสอนเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.5 แนวทางการสอนเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์และการดำเนินชีวิตประจำวันของทุกคน ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต้องได้รับการฝึกฝนอย่าง

ต่อเนื่อง มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

McNeil & Krajcik (2008: 70-72) กล่าวว่า ครูควรเน้นย้ำและส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกให้เหตุผลอย่างหลากหลายและประเมินความน่าเชื่อถือของการให้เหตุผลใดๆ บนพื้นฐานของหลักฐาน โดยนักเรียนควรได้ทราบในเบื้องต้นว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบอะไรบ้าง และองค์ประกอบนั้นสัมพันธ์กันอย่างไร

Geddis (1991: 170) กล่าวว่า ครูควรเป็นต้นแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยครูไม่ควรเร่งให้นักเรียนด่วนเชื่อข้อสรุปใดๆ โดยปราศจากการอธิบายในการลงข้อสรุปนั้นด้วยหลักฐาน และครูควรให้นักเรียนได้พิจารณาข้อสรุปในเรื่องเดียวกันที่หลากหลาย เพื่อร่วมกันพิจารณาไตร่ตรองว่าแต่ละข้อสรุปนั้นมีหลักฐานใดบ้างที่สนับสนุนและการสนับสนุนข้อสรุปนั้นเป็นอย่างไร ทั้งนี้เพื่อร่วมกันตัดสินว่าข้อสรุปใดที่มีความน่าเชื่อถือและสมเหตุสมผล

อีกทั้ง Weld, Stier, and Birren (2011: 101) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาให้ดีขึ้นด้วยการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ การวางแผนไปสู่คำตอบ การวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลความผลลัพธ์

นอกจากนี้ Lawson (2009: 356-362) ได้เสนอการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยครูควรจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนปฏิบัติและใช้กระบวนการคิดการแปลความหมายข้อมูล โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลอง แล้วนำมาตรวจสอบสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ให้นักเรียนสังเกตปัญหา โดยนักเรียนสำรวจหรือสังเกตสถานการณ์ เพื่อระบุปัญหาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษา แล้วนำข้อมูลมาตั้งคำถามหรือสมมติฐาน โดยนักเรียนจะต้องสังเกตผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 ซึ่งข้อมูลจากการสังเกตจะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยครูจะต้องใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสนใจสถานการณ์

2. เปิดโอกาสให้นักเรียนตั้งคำถามเชิงสาเหตุ ให้นักเรียนอภิปรายและระบุคำถามร่วมกันโดยนักเรียนตั้งคำถามที่เกิดจากความสงสัยและความสนใจ หรือเกิดจากการอภิปรายร่วมกัน ซึ่งสถานการณ์อาจเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียนมาเป็นตัวกระตุ้นความสนใจ

3. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย โดยนักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ผ่านรูปแบบการเขียน แบบ ถ้า...และ...แล้ว...ดังนั้น เพื่อนำไปสู่การทดสอบสมมติฐาน โดยอาจจะใช้เทคนิคระดมสมอง ให้นักเรียนเสนอแนวคิดอย่างเต็มที่และได้ข้อเสนอแนะจำนวนมาก

4. ให้นักเรียนพยากรณ์ โดยการคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยหลักการ กฎ ทฤษฎีที่มีอยู่มาช่วยสร้างการพยากรณ์ และวางแผนการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้รูปแบบ

ถ้า...(สมมติฐาน) และ....(การทดสอบ) แล้ว...(การพยากรณ์) เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลจากการสังเกตและข้อมูลจากการค้นคว้า โดยครูให้นักเรียนทำงานร่วมกันมีการปฏิสัมพันธ์กัน

5. ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อนำข้อมูลมาใช้สร้างคำอธิบายหรือข้อสรุป โดยนักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติการทดลองและจดบันทึกข้อมูล

6. นักเรียนนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้มาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ สรุปผลความสัมพันธ์ระหว่างการพยากรณ์และการเก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐานที่ได้ ให้นักเรียนได้อภิปราย แบ่งปันความคิด วิเคราะห์ เปรียบเทียบ แปลผล และสรุปผล

7. ให้นักเรียนนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การบรรยายข้อสรุป การสรร้างแบบจำลอง หรือวาดรูป สร้างตาราง นักเรียนนำเสนอข้อสรุปและแสดงหลักฐานต่างๆ เพื่อยืนยันหรือปฏิเสธสมมติฐาน

กล่าวโดยสรุป การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นครูควรให้โอกาสนักเรียนฝึกให้เหตุผลอย่างเต็มความสามารถในสถานการณ์ที่หลากหลาย และควรอธิบายให้นักเรียนทราบว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบอะไรบ้างและองค์ประกอบนั้นสัมพันธ์กันอย่างไร และควรให้นักเรียนได้ฝึกพิจารณาข้อสรุปโดยร่วมกันพิจารณาไตร่ตรองว่าแต่ละข้อสรุปนั้นมีหลักฐานใดบ้างที่สนับสนุนและการสนับสนุนข้อสรุปนั้นเป็นอย่างไร โดยการใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ ตั้งสมมติฐานที่หลากหลาย วางแผนการสำรวจตรวจสอบ การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลความผลลัพธ์ ลงข้อสรุป และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ โดยระหว่างการทำกิจกรรมนักเรียนควรได้ร่วมอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเกี่ยวกับแนวทางการสอนเพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอแนวทางการวัดและประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.6 การวัดและประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ให้ความสำคัญในการสนับสนุนให้นักเรียนให้เหตุผลจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ โดยมีองค์กรทางการศึกษาและนักการศึกษาได้พัฒนาแบบทดสอบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

โครงการ TIMSS ได้เสนอแนวทางในการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ข้อสอบ 2 ประเภท ดังนี้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554: 40-42)

1. แบบทดสอบแบบเขียนตอบ โดยการกำหนดสถานการณ์หรือปัญหา แล้วถามคำถาม โดยให้นักเรียนเขียนตอบเติมคำ เขียนตอบแบบอธิบาย หรือวาดรูปอธิบาย เลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง

2. แบบทดสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก โดยมีข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ และตัวเลือก 4 ตัวเลือก

ตัวอย่างแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบเขียนตอบของโครงการ TIMSS (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554: 40)

ทาโต้ขี่จักรยานล้มและทำให้เกลือที่อยู่ในถุงหกกระจาย เขาเก็บเกลือที่ตกอยู่บนพื้นดินซึ่งมีทรายและใบไม้ปนมาด้วยใส่ในถุงพลาสติก

ในตารางต่อไปนี้ จงอธิบายขั้นตอนที่ทาโต้ใช้แยกเกลือออกจากของผสมระหว่างเกลือ ทราย และใบไม้ และให้เหตุผลของการกระทำแต่ละขั้นตอนด้วย ขั้นตอนที่ 1 เติมไว้ให้แล้ว

ขั้นตอน	**คำอธิบายขั้นนี้**	**เหตุผลของการกระทำในขั้นนี้**
1.	ร่อนของผสมด้วยตะแกรง	เพื่อแยกใบไม้
2.		
3.		
4.		

เกณฑ์การให้คะแนน

คำตอบถูก อ้างถึงกระบวนการในขั้นที่ 2 3 และ 4 ดังนี้

ขั้นตอนที่ 2 อ้างถึงการเติมน้ำลงไปเพื่อละลายเกลือ หรืออ้างถึงสารละลายเกลือ (หมายถึงการเติมน้ำ)

ขั้นตอนที่ 3 อ้างถึงการกรองของผสม (กรอง แยกออก) เพื่อแยกทรายออก

ขั้นตอนที่ 4 อ้างถึงการต้มน้ำเกลือให้เดือด (ให้ความร้อน ทิ้งไว้กลางแดด) เพื่อระเหยน้ำ (และเหลือไว้แต่เกลือ)

โครงการ PISA เน้นการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ โดยกรอบการประเมินได้มีการวัดและประเมินการใช้หลักฐานหรือประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์และการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สอดคล้องกับการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ PISA ได้เสนอแนวทางในการวัดและประเมิน โดยข้อสอบจะกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่เป็นข้อความ หรือเนื้อความที่มีตาราง แผนภาพ หรือกราฟประกอบ และในแต่ละสถานการณ์อาจมีคำถามมากกว่า 1 ข้อ ลักษณะข้อสอบนั้นมี 4 ชนิด คือ (OECD, 2013: 112)

1) แบบเลือกตอบ (simple multiple-choice)

2) แบบเลือกตอบเชิงซ้อน (complex multiple-choice)

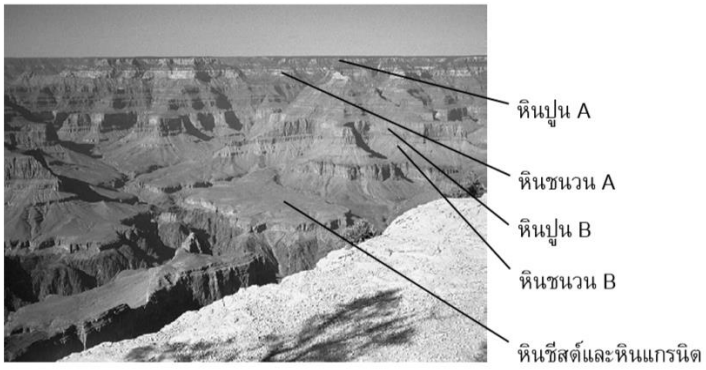
3) แบบเขียนตอบปลายปิด (closed constructed-response)

4) แบบเขียนตอบปลายเปิด (opened constructed-response)

ตัวอย่างข้อสอบโครงการ PISA แบบเลือกตอบ (โครงการ PISA สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555: 75-76)

แกรนด์แคนยอน

แกรนด์แคนยอนตั้งอยู่ในทะเลทรายแห่งหนึ่งในสหรัฐอเมริกา เป็นหุบเขาที่กว้างใหญ่และลึกมากประกอบด้วยชั้นหินหลายชั้น ในอดีตกาลการเคลื่อนที่ของเปลือกโลกได้ยกชั้นหินเหล่านี้ขึ้นมา ปัจจุบันแกรนด์แคนยอนหลายส่วนมีความลึก 1.6 กม. มีแม่น้ำโคโลราโดไหลผ่านด้านล่างสุดของหุบเขา จงดูรูปข้างล่างซึ่งเป็นรูปของแกรนด์แคนยอนที่ถ่ายจากขอบด้านทิศใต้ สามารถเห็นชั้นหินที่แตกต่างกันหลายชั้นได้ชัดตามแนวผนังของหุบเขา



คำถาม อุณหภูมิในแกรนด์แคนยอนในช่วงตั้งแต่ 0 องศาเซลเซียสจนถึงสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส แม้ว่าจะเป็นบริเวณทะเลทราย บางครั้งรอยแตกของหินก็กักเก็บน้ำไว้ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและน้ำในรอยแตกของหินไปเร่งการแตกร้าวของหินได้อย่างไร (สมรรถนะ: การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์)

1. น้ำที่เป็นน้ำแข็งละลายหินที่ร้อน
2. น้ำทำให้หินเชื่อมติดกัน
3. น้ำแข็งขัดผิวหน้าของหินให้ราบเรียบ
4. น้ำที่กำลังแข็งตัวจะขยายตัวในรอยแตกของหิน

Lawson (2000) ได้พัฒนาแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (The Lawson Classroom Test of Sciecntific Reasoning; LCTSR) เป็นแบบเลือกตอบแบบ 2 ชั้น (two tailed test) แต่ละข้อจะมีคำถาม 2 ส่วน คือส่วนแรกเป็นข้อสอบแบบหลายตัวเลือก และส่วนที่สองเป็นกลุ่มของเหตุผลต่างๆ โดยให้เลือกเหตุผลที่ถูกต้องเหมาะสม ประกอบด้วยข้อคำถาม 24 ข้อ

ตัวอย่างแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบแบบ 2 ชั้น (Lawson, 2000)

สมมติว่าคุณได้รับลูกบอลดินเหนียวสองลูกที่ขนาดและรูปร่างเท่ากัน และลูกบอลดินเหนียวทั้งสองมีน้ำหนักเท่ากัน ลูกบอลลูกหนึ่งถูกทำให้แบนเป็นรูปร่างแบบชิ้นแพนเค้ก ข้อใดถูกต้อง

a. รูปร่างแบบชิ้นแพนเค้กหนักกว่ารูปร่างแบบลูกบอล b. ทั้งสองชิ้นยังคงมีน้ำหนักเท่ากัน

c. รูปร่างแบบลูกบอลหนักกว่ารูปร่างแบบชิ้นแพนเค้ก

เพราะ

a. ชิ้นที่แบนครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ b. รูปร่างลูกบอลถูกผลักลงมากขึ้นในจุดหนึ่ง

c. เมื่อบางสิ่งถูกทำให้แบนจะสูญเสียน้ำหนัก d. ดินเหนียวยังไม่ได้รับการเพิ่มหรือเอาออกไป

e. เมื่อบางสิ่งที่ถูกทำให้แบนจะทำให้น้ำหนักเพิ่มมากขึ้น

สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555: 165-168) ได้พัฒนาแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยแบบวัดมีทั้งแบบเลือกตอบ แบบเขียนตอบและเขียนอธิบายคำตอบ ซึ่งในแต่ละข้อมีคะแนนไม่เท่ากัน

ตัวอย่างแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบหลายตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลประกอบ (สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์, 2555: 166)

ตัวอย่าง ในการแข่งขันจรวดขวดน้ำประเภทยิงไกล ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ได้กำหนดกติกา ให้แต่ละทีมปฏิบัติตาม เพื่อให้เกิดความยุติธรรม

คำถามส่วนที่ 1 ข้อใดต่อไปนี้ไม่ควรกำหนดในกติกา

ก. ให้ทุกทีมใช้น้ำเท่ากัน

ข. ให้ทุกทีมใช้แรงดันเท่ากัน

ค. ให้ทุกทีมใช้ขวดขนาดเดียวกัน

ง. ให้ทุกทีมใช้ผู้เข้าแข่งขันที่มีอายุเท่ากัน

จ. ให้ทุกทีมใช้ขนาดของมุมในการยิงเท่ากัน

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น

.....

อารยา ปาละโชติ (2551: 166-169) ได้ศึกษาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลประกอบ โดยจะให้เลือกคำตอบจากตัวเลือกที่กำหนดมาให้ แล้วเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ

ตัวอย่างแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบหลายตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลประกอบ (อารยา ปาละโชติ, 2551: 166-169)

ตัวอย่าง นักเรียน 4 คน วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในฝรั่งด้วยวิธีการเดียวกัน แต่จำนวนครั้งของการวิเคราะห์แตกต่างกันออกไป การวิเคราะห์แต่ละครั้งใช้ฝรั่งสด 100 กรัม ผลการวิเคราะห์และการนำเสนอผลการวิเคราะห์ของนักเรียนทั้ง 4 คน เป็นดังนี้

คนที่	จำนวนครั้งที่วิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)	สรุปผลการวิเคราะห์
1	1	160	ในฝรั่ง 100 กรัม มีวิตามินซี 160 มก.
2	3	156, 158, 160	ในฝรั่ง 100 กรัม มีวิตามินซี 158 มก.
3	3	150, 151, 168	ในฝรั่ง 100 กรัม มีวิตามินซี 168 มก.
4	2	163, 170	ในฝรั่ง 100 กรัม มีวิตามินซี 170 มก.

นักเรียนคิดว่าข้อสรุปของนักเรียนคนใดน่าเชื่อถือที่สุด

ก. คนที่ 1 ข. คนที่ 2

ค. คนที่ 3 ง. คนที่ 4

จงอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบที่เลือก

.....

.....

ลฎาภา สุทธกูล และลือชา ลดาชาติ (2013: 110-119) ได้ศึกษาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นรายบุคคล โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นคำถามจำนวน 4 ข้อ ซึ่งถูกดัดแปลงมาจากคำถามในแบบทดสอบ “Science: Thinking with Evidence” ของ New Zealand Council for Educational Research โดยวิเคราะห์คำตอบตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ข้อสรุป หลักฐาน และการชี้แจง

ตัวอย่างสถานการณ์ที่เป็นคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (ลฎาภา สุทธกูล และลือชา ลดาชาติ, 2013: 110-119)

ตัวอย่างสถานการณ์ “ซากเหาบนหัวของมัมมี่อียิปต์โบราณ” นักเรียนได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการค้นพบซากเหาบนหัวของมัมมี่อียิปต์โบราณ พร้อมทั้งประเมิน เลือกและให้เหตุผลว่า ตนเองสามารถลงข้อสรุปใดต่อไปนี้ได้บ้าง ก. การกำจัดเหาเป็นไปได้ยาก ข. เหาชอบใช้ชีวิตบนหัวเด็ก ค. เหาอยู่ร่วมกับคนมานานแล้ว ง. ชาวอียิปต์โบราณไม่ค่อยสระผม

สรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มี 2 แบบ คือ การใช้แบบทดสอบและการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยจะมีการกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาทางวิทยาศาสตร์มาให้ แล้วให้นักเรียนตอบคำถาม ซึ่งแบบทดสอบนั้นมีหลายลักษณะ ได้แก่ แบบเขียนตอบ แบบเลือกตอบ แบบเลือกตอบ 2 ชั้น แบบเลือกตอบพร้อมให้เหตุผลประกอบ ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบเขียนตอบ เนื่องจากจะทำให้สามารถวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ตรงและครบทุกองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ตามกรอบนิยามเชิงปฏิบัติการที่ได้กำหนดไว้ และเพื่อศึกษาในเชิงลึกว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างไร โดยจะกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่มีลักษณะเป็นบทความทางวิทยาศาสตร์ รูปภาพ หรือคำอธิบายประกอบภาพ

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยสังเขป ในลำดับต่อไปจึงขอเสนอเกี่ยวกับการถ่ายโยงการเรียนรู้โดยมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. การถ่ายโยงการเรียนรู้

การถ่ายโยงการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำคัญในการจัดการศึกษา เนื่องจากการถ่ายโยงการเรียนรู้นั้นทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้หรือทักษะจากในห้องเรียนไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ หรือใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้ มีประเด็นที่จะนำเสนอ 7 ประเด็น ได้แก่ ความสำคัญของการถ่ายโยงการเรียนรู้ ความหมายของการถ่ายโยงการเรียนรู้ ประเภทของการถ่ายโยงการเรียนรู้ ทฤษฎีการถ่ายโยงการเรียนรู้ ระดับของการถ่ายโยงการเรียนรู้ แนวทางการสอนที่ส่งเสริมการถ่ายโยงการเรียนรู้ และแนวทางการวัดและประเมินการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความสำคัญของการถ่ายโยงการเรียนรู้

Georghiades (2000: 120-123) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญและเป็นวัตถุประสงค์ของโรงเรียนและการศึกษาเพื่อเตรียมนักเรียนในการดำรงชีวิตและการทำงานในสังคม ซึ่งนักเรียนต้องสามารถถ่ายโยงความรู้ ทักษะ และเจตคติที่ได้รับจากโรงเรียนไปใช้ในบริบททางวิทยาศาสตร์และบริบทที่แตกต่างไปในสังคม สอดคล้องกับ สุรางค์ โค้วตระกูล (2554: 280) ที่กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้ถือว่าเป็นวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่สำคัญประการหนึ่ง เนื่องจากการถ่ายโยงการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำสิ่งที่เรียนรู้ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งอื่นๆ ในอนาคต ทั้งการประกอบอาชีพและการแก้ปัญหาของชีวิต

นักเรียนต้องมีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ไปสู่สถานการณ์หรือบริบทใหม่ ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องได้รับการฝึกปฏิบัติจากในห้องเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถรับความรู้ที่สำคัญในโลกที่กำลังเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วได้ (Georghiades, 2000: 123) ซึ่งนักเรียนต้องได้รับการสนับสนุนให้ระลึกถึงวิธีการในการใช้กลยุทธ์ที่ตนเองเคยใช้ในการแก้ไขปัญหาในบริบทอื่นๆ และนักเรียนควรได้รับการสอนอย่างชัดเจนในการถ่ายโยงการเรียนรู้โดยครู (Toh and Woolnough, 1994 cited in Georghiades, 2000: 123)

อีกทั้ง Hunter (1995: 2) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้นั้นเป็นสิ่งที่สำคัญของการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ และกระบวนการทางความคิดในขั้นสูงต่อไป และเป็นหัวใจของการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือการคิดค้นและสร้างผลงาน อีกทั้งการถ่ายโยงการเรียนรู้จะช่วยประหยัดเวลาประหยัดพลังงาน เพราะการเรียนรู้ที่ได้รับมาก่อนนั้นจะช่วยเอื้ออำนวยและช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ในสิ่งใหม่ และสามารถลดหรือเพิ่มเวลาในการเรียนรู้เรื่องใหม่ได้

2.2 ความหมายของการถ่ายโยงการเรียนรู้

Gagné (1977) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้ เป็นการดึงนัยทั่วไปที่ได้เรียนรู้แล้วไปใช้ในสถานการณ์ที่มีบริบทต่างกันกับสถานการณ์เดิมที่ได้เรียนรู้ครั้งแรก และ Hunter (1995: 2) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้นั้นเป็นความสามารถของนักเรียนในการเรียนรู้ในสถานการณ์หนึ่งๆ แล้วนำการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่เหมาะสมโดยการปรับหรือสรุปนัยทั่วไป ส่วน Bigge (1999: 211) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อการเรียนรู้ของบุคคลหนึ่งในสถานการณ์หนึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้และพฤติกรรมนั้นในสถานการณ์อื่น และ Elliot (2000) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้หมายถึง การเรียนรู้ในงานอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ในเวลาต่อมา และหมายถึง

ความสามารถในการใช้ประสบการณ์ที่ผ่านมานั้นมาช่วยสร้างความเข้าใจในสถานการณ์ใหม่ที่ท้าทาย เช่นเดียวกับ Mestre (2002: 10) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้เป็นความสามารถในการใช้ความรู้อย่างยืดหยุ่นในบริบทหรือปัญหาอื่นๆ ที่นอกเหนือจากความรู้ที่ได้เรียนรู้ในขั้นต้น และพงษ์พันธ์ พงษ์โสภา (2542: 151) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้ เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากการนำประสบการณ์ที่เรียนรู้ในอดีต มาใช้สัมพันธ์กับสถานการณ์ใหม่ที่กำลังเรียนอยู่ในปัจจุบัน ผลของการเรียนรู้จากอดีตจะมีผลต่อการเรียนรู้สิ่งที่ใหม่ซึ่งอาจเป็นการส่งเสริมหรือขัดแย้งก็ได้ อีกทั้ง สุรางค์ โค้วตระกูล (2554: 280) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้ เป็นการนำสิ่งที่เรียนรู้แล้วไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือการเรียนรู้ในอดีตเอื้อต่อการเรียนรู้ใหม่ และอารี พันธ์มณี (2546: 257) กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้ หมายถึงการที่บุคคลได้เรียนรู้อย่างหนึ่งมาก่อน ซึ่งความรู้เดิมที่ได้เรียนรู้มามีผลต่อการเรียนรู้ใหม่หรือการกระทำกิจกรรมใหม่ ซึ่งอาจจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ใหม่ หรือเป็นอุปสรรคขัดขวางการเรียนรู้ใหม่

สรุปได้ว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ที่เรียนรู้จากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์ที่มีบริบทแตกต่างไปจากสถานการณ์เดิม และนักเรียนตระหนักรู้ว่าตนเองได้ใช้ความรู้นั้นในสถานการณ์ใหม่

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับความสำคัญและความหมายของการถ่ายโยงการเรียนรู้ ในลำดับต่อไปจึงขอเสนอเกี่ยวกับประเภทของการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3 ประเภทของการถ่ายโยงการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การถ่ายโยงการเรียนรู้มีนักการศึกษาได้จำแนกไว้หลายลักษณะ สามารถสรุปได้เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. การถ่ายโยงการเรียนรู้เชิงบวก การถ่ายโยงการเรียนรู้เชิงลบและการถ่ายโยงการเรียนรู้เป็นกลาง (DeCecco, 1986: 440; อารี พันธ์มณี, 2546: 257-258)

1.1 การถ่ายโยงการเรียนรู้เชิงบวก (Positive Transfer of Learning) หมายถึง การถ่ายโยงการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเมื่อสิ่งกระตุ้นเปลี่ยน แต่การตอบสนองยังคงเดิม คือ นักเรียนเคยเรียนรู้การตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นชนิดหนึ่งมาแล้วต่อมาเมื่อได้เรียนรู้การตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นชนิดใหม่ก็สามารถนำความรู้ที่มีอยู่เดิมมาใช้ตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นชนิดใหม่ได้ทันที ซึ่งกล่าวคือเป็นการถ่ายโยงการเรียนรู้อย่างหนึ่งมาก่อนทำให้มีผลต่อการเรียนรู้ใหม่ เพราะความรู้ที่เรียนมาส่งเสริมการเรียนรู้ใหม่

1.2 การถ่ายโยงการเรียนรู้เชิงลบ (Negative Transfer of Learning) หมายถึง การ

ถ่ายโยงการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเมื่อสิ่งกระตุ้นเหมือนเดิมแต่การตอบสนองเปลี่ยน หรือการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเมื่อการเรียนรู้อย่างหนึ่งหรือการเรียนรู้เดิมมามีผลในทางลบต่อการเรียนรู้ใหม่ ทำให้เป็นอุปสรรคขัดขวางการเรียนรู้ใหม่ ทำให้เรียนได้ยากลำบากหรือล่าช้ากว่าเดิม

1.3 การถ่ายโยงการเรียนรู้เป็นกลาง (Zero Transfer of Learning) หรือไม่มีการถ่ายโยงการเรียนรู้เกิดขึ้น หมายถึง การเรียนรู้หนึ่งไม่มีผลต่อการเรียนรู้ใหม่ทั้งเชิงบวกและเชิงลบ กล่าวคือ ไม่ส่งเสริมให้การเรียนรู้ใหม่สะดวกรวดเร็ว และไม่เป็นอุปสรรคขัดขวางการเรียนรู้ใหม่ให้ยาก ล่าช้าลง หรือการเรียนรู้ใหม่และการเรียนรู้เก่าไม่มีผลต่อกันแต่ประการใด

2. การถ่ายโยงแนวตั้งและการถ่ายโยงแนวนอน (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554: 283)

2.1 การถ่ายโยงแนวตั้ง (Vertical Transfer) เป็นการถ่ายโยงระหว่างการเรียนรู้ที่ต้องใช้ทักษะในระดับพื้นฐานกับการเรียนรู้ที่ต้องใช้ทักษะในระดับสูงขึ้นหรือต่อการแก้ปัญหาใหม่ที่ยากขึ้น โดยที่ทักษะหรือความรู้เดิมจะได้ปรับให้เหมาะกับเงื่อนไขการเรียนรู้ใหม่หรือปัญหาใหม่

2.2 การถ่ายโยงแนวนอน (Horizontal Transfer) เป็นการถ่ายโยงความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนในระดับเดียวกับสถานการณ์เก่า

3. การถ่ายโยงแบบอธิบายและการถ่ายโยงแบบกระบวนการ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554: 283)

3.1 การถ่ายโยงแบบอธิบาย (Declarative Transfer) เป็นการถ่ายโยงการรู้คิดยุทธศาสตร์ในการคิดที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้ที่นักเรียนเรียนด้วยความเข้าใจและเรียนรู้อย่างมีความหมาย

3.2 การถ่ายโยงแบบกระบวนการ (Procedural Transfer) เป็นการถ่ายโยงที่เกิดจากการที่นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการทั่วไป และสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

4. การถ่ายโยงอย่างใกล้และการถ่ายโยงอย่างไกล (Hudgins, 1977: 142-143)

4.1 การถ่ายโยงอย่างใกล้ (Near Transfer) เป็นการถ่ายโยงที่เกิดจากสถานการณ์ใหม่ที่มีเงื่อนไขของความซับซ้อนคล้ายกับเงื่อนไขความซับซ้อนของสถานการณ์เดิม

4.2 การถ่ายโยงอย่างไกล (Far Transfer) เป็นการถ่ายโยงที่เกิดจากสถานการณ์ใหม่มีเงื่อนไขความซับซ้อนแตกต่างกับเงื่อนไขความซับซ้อนของสถานการณ์เดิมมากกว่าการถ่ายโยงอย่างใกล้

5. การถ่ายโยงทั่วไปและการถ่ายโยงเฉพาะ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554: 282-283)

5.1 การถ่ายโยงทั่วไป (General Transfer) เป็นการถ่ายโยงที่ไม่จำเป็นต้องเกิดในสถานการณ์เฉพาะหรือสถานการณ์ที่มีความเหมือนหรือความคล้ายคลึงกัน เป็นการถ่ายโยงที่เกิดขึ้นเนื่องจากนักเรียนสามารถนำวิธีการหรือหลักการไปใช้ในสภาพทั่วไป การถ่ายโอนประเภทนี้จะรวมถึงการถ่ายโอนด้านความรู้สึกและเจตคติด้วย

5.2 การถ่ายโยงเฉพาะ (Specific Transfer) เป็นการถ่ายโอนที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากสถานการณ์ใหม่มีความคล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม แต่ไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ มีเพียงองค์ประกอบสำคัญร่วมกันก็สามารถเกิดการถ่ายโอนได้

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การถ่ายโยงเฉพาะ การถ่ายโยงแนวนอน และการถ่ายโยงอย่างใกล้เป็นการถ่ายโยงการเรียนรู้ที่เกิดจากการนำความรู้เดิมจากสถานการณ์ก่อนหน้าไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม ซึ่งถือว่าเป็นการถ่ายโยงการเรียนรู้ที่ไม่มีความซับซ้อนมากนัก ส่วนการถ่ายโยงทั่วไป การถ่ายโยงแนวตั้ง และการถ่ายโยงอย่างไกล เป็นการถ่ายโยงการเรียนรู้ที่มีการนำความรู้หรือทักษะพื้นฐานไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับประเภทของการถ่ายโยงการเรียนรู้ ทำให้เข้าใจว่าการถ่ายโยงการเรียนรู้นั้นมีการจำแนกได้หลากหลายประเภท ในลำดับต่อไปจึงขอเสนอเกี่ยวกับทฤษฎีการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4 ทฤษฎีการถ่ายโยงการเรียนรู้

ทฤษฎีที่อธิบายถึงการเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้หลายทฤษฎี ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554: 280: 281; อารี พันธ์มณี, 2546: 260-264)

1. ทฤษฎีการถ่ายโยงโดยความคล้ายคลึงกัน (Identical Elements) ซึ่งธอร์ไดค์ (Edward L. Thorndike) เป็นผู้ก่อตั้งทฤษฎีขึ้นมาโดยเน้นความคล้ายคลึงกัน ทั้งในด้านเนื้อหา วิธีการ และเจตคติของนักเรียนต่อสถานการณ์การเรียนรู้ทั้งสองสถานการณ์ที่มีองค์ประกอบที่มีความเหมือนกัน หรือคล้ายคลึงกันกับอีกสถานการณ์หนึ่ง โดยถ้านักเรียนเรียนรู้จนเกิดความความเข้าใจอย่างแท้จริงในเรื่องข้อเท็จจริงนั้น จะสามารถนำการเรียนรู้นั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ที่เป็นข้อเท็จจริงอย่างเดียวกันได้ ทำให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้เชิงบวก แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าองค์ประกอบในการเรียนรู้ทั้งสองสถานการณ์ขัดแย้งกันก็จะทำให้นักเรียนเกิดความสับสน เกิดการถ่ายโยงเชิงลบขึ้น

2. ทฤษฎีการถ่ายโยงโดยการรับรู้ความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ (Cognitive Theory) นักจิตวิทยากลุ่มเกสตัลท์ ได้อธิบายว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อนักเรียนมีความเข้าใจอย่างมีความหมายไม่ใช่ด้วยความจำ โดยเน้นความเข้าใจความสัมพันธ์ของปัญหาในสถานการณ์นั้นและสามารถนำความเข้าใจดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในสภาพการณ์หรือปัญหาอื่นได้ จึงแสดงว่าเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ กล่าวคือ นักเรียนมองเห็นภาพรวมของปัญหาทั้งหมด และรับรู้ด้วยความเข้าใจความสัมพันธ์ของสถานการณ์นั้น เช่น ลิงที่ได้รับการฝึกหัดสอยผลไม้ในป่า เมื่อเผชิญ

กับสภาพการทดลองที่ต้องกินกล้วยที่อยู่สูงขึ้นไป ลิงจึงเอาไม้มาสอยกล้วยกินได้โดยมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างไม้ที่วางอยู่ใกล้กับกล้วยที่แขวนอยู่และหยิบไม้มาต่อกันเข้าสอยกล้วยลงมากินได้ เพราะลิงเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ มองเห็นความสัมพันธ์กับปัญหาเดิม และนำวิธีการมาใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ได้สำเร็จ หรือความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ทั้งสองเหมือนกัน ลิงจึงเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ด้วยการนำวิธีการที่คล้ายกันมาใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ได้สำเร็จ

3. ทฤษฎีการถ่ายโยงโดยการสรุปความเหมือน (Generalization Theory) จัดต์ (Judd) มีความเชื่อว่า ความสามารถในการสรุปกฎเกณฑ์ เป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ ทั้งนี้เป็นเพราะการนำความรู้ที่สรุปเป็นกฎเกณฑ์ไปใช้ในการเรียนรู้ หรือการแก้ปัญหาอื่นๆ ต่อไป ซึ่งทฤษฎีการถ่ายโยงโดยการสรุปความเหมือนนี้เป็นแนวคิดที่ใกล้เคียงกับทฤษฎีกลุ่มเกสตัลท์ ที่ว่าการเรียนรู้เกิดจากการรับรู้และการหยั่งเห็น ซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจ สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆของปัญหาและรู้แจ้งตลอดทุกขั้นตอน จนสามารถสรุปเป็นเกณฑ์ได้ โดยจัดด์ได้ทำการทดลองให้เด็กชายสองกลุ่มปาลูกดอกใส่เป้าที่วางไว้ใต้ถาดน้ำ กลุ่มที่หนึ่งได้รับการอธิบายเกี่ยวกับหลักการหักเหของแสง แต่อีกกลุ่มหนึ่งไม่ได้รับคำอธิบายใดๆ ทั้งสองกลุ่มได้ฝึกการปาลูกดอกให้ถูกเป้าที่อยู่ใต้น้ำ จนกระทั่งเกิดความชำนาญ หลังจากนั้นได้เปลี่ยนตำแหน่งของเป้า ปรากฏว่ากลุ่มที่ได้รับคำอธิบายเกี่ยวกับหลักการการหักเหของแสงปาลูกดอกได้ถูกเป้ามากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับคำอธิบายจากการทดลองนี้ จัดด์ได้สรุปว่า การเข้าใจหลักการหักเหของแสงเอื้อการเรียนรู้ใหม่หรือทำให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้

ต่อมาในปี ค.ศ. 1941 เฮนดริคสันและโชรเดอร์ (Hendrickson and Schroeder) ได้นำการทดลองของจัดด์ไปทำซ้ำ และได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการถ่ายโยงการเรียนรู้ดังนี้

1) การเข้าใจหลักการช่วยเอื้อการถ่ายโยงทางบวก

2) การเข้าใจหลักการจะเอื้อต่อการเรียนรู้เริ่มแรก

3) การให้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับทฤษฎีหรือหลักการอย่างสมบูรณ์จะช่วยการเรียนรู้เริ่มต้นและทำให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ดีกว่าการให้ข่าวสารอย่างไม่สมบูรณ์

4. ทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Schema Theory) เป็นแนวคิดที่เชื่อว่าโครงสร้างภายในของความรู้ของมนุษย์จะมีลักษณะเป็นกลุ่มที่มีการเชื่อมโยงกัน (node) ซึ่งการเรียนรู้สิ่งใหม่จะต้องนำความรู้ใหม่นั้นมาเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ ซึ่งโครงสร้างความรู้นั้นเป็นการรวบรวมความรู้ วัตถุ เหตุการณ์ รายการ กิจกรรมต่างๆ ไว้ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการนำไปสู่การรับข้อมูล (perception) ซึ่งการรับรู้ข้อมูลนั้นเป็นการสร้างความหมายโดยการถ่ายโอนความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มี และถ้าหากมีการกระตุ้นด้วยเหตุการณ์หนึ่ง จะช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้นั้นเข้าด้วยกัน อีกทั้งโครงสร้างความรู้ยังช่วยระลึกถึงสิ่งต่างๆ ที่เราเคยได้เรียนรู้มาก่อน ซึ่ง Schema หรือโครงสร้างทางปัญญาแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ โครงสร้างด้านนามธรรม เป็นการเข้าไปเกี่ยวข้องกับการได้มีประสบการณ์ใน

เหตุการณ์หรือมโนทัศน์ และโครงสร้างด้านการดำเนินการ เช่น การเรียนรู้รายการของคำ ซึ่งจะช่วยกระตุ้นโครงสร้างย่อยๆ เกี่ยวกับกลยุทธ์พิเศษ เช่น การทบทวน การจัดกลุ่มคำเพื่อเรียนรู้คำพวกนั้น

5. ทฤษฎีการถ่ายโยงการเรียนรู้โดยความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนอง ออสกูด (C.E. Osgood) กล่าวว่า ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้า (Stimulus) กับการตอบสนอง (Response) มีผลต่อการถ่ายโยงการเรียนรู้ และเขาเชื่อว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการผสมผสานหรือความสัมพันธ์ระหว่างความคล้ายคลึงของการตอบสนองและสิ่งเร้าในการเรียนรู้สองอย่างนั่นเอง

กล่าวโดยสรุป การถ่ายโยงการเรียนรู้จะต้องมีหลักการถ่ายโยงการเรียนรู้ ดังนี้

1. การถ่ายโยงการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับสถานการณ์การเรียนรู้ทั้งสองสถานการณ์ ถ้าหากสถานการณ์มีความคล้ายคลึงกันหรือมีองค์ประกอบเหมือนกับการเรียนรู้ในอีกสถานการณ์หนึ่ง ซึ่งการเรียนรู้เดิมจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ใหม่ให้ดีขึ้น

2. การถ่ายโยงการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ หากสถานการณ์การเรียนรู้เดิมทำให้นักเรียนเข้าใจในสิ่งนั้นอย่างมีความหมาย มีความชัดเจน จนสามารถสรุปเป็นหลักเกณฑ์ หลักการ ผู้เรียนจึงจะสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนรู้ใหม่ได้

3. การถ่ายโยงการเรียนรู้เป็นการตระหนักรู้ถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ระหว่างสถานการณ์หนึ่งกับอีกสถานการณ์หนึ่ง และจะเกิดขึ้นได้เมื่อจัดสิ่งแวดล้อมที่สนับสนุนให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้

4. การถ่ายโยงการเรียนรู้ควรสร้างสถานการณ์หรือสภาพปัญหาเพื่อกระตุ้นให้เกิดการปรับเปลี่ยนหรือการสร้างโครงสร้างใหม่ให้เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคน

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับทฤษฎีการถ่ายโยงการเรียนรู้ ในลำดับต่อไปจึงขอเสนอเกี่ยวกับระดับของการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.5 ระดับของการถ่ายโยงการเรียนรู้

Haskell (2001) ได้แบ่งระดับการถ่ายโยงการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. การถ่ายโยงแบบไม่เฉพาะเจาะจง (Nonspecific transfer) เป็นการถ่ายโยงที่ไม่มีองค์ประกอบร่วมที่ชัดเจน ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานที่จำเป็นของการถ่ายโยงการเรียนรู้ เพราะเป็นการนำความรู้เดิมที่มีมาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ที่จะนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน

2. การถ่ายโยงแบบเฉพาะเจาะจง (Application transfer) เป็นการถ่ายโยงที่มีการนำการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่เฉพาะเจาะจง ภายใต้บริบทเดียวกัน

3. การถ่ายโยงในบริบท (Context transfer) เป็นการนำการเรียนรู้ไปใช้ในบริบทที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ถ้าบริบทเปลี่ยนไปการถ่ายโยงการเรียนรู้จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้

4. การถ่ายโยงแบบใกล้ (Near transfer) เป็นการถ่ายโยงการเรียนรู้จากความรู้เดิมไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกัน แต่องค์ประกอบของสถานการณ์เดิมไม่เหมือนกับสถานการณ์ใหม่

5. การถ่ายโยงแบบไกล (Far transfer) เป็นการถ่ายโยงการเรียนรู้ที่นำความรู้เดิมไปใช้ในสถานการณ์หรือบริบทที่แตกต่างกันมาก และมีเงื่อนไขความซับซ้อนของสถานการณ์มากขึ้น

6. การถ่ายโยงแบบสร้างสรรค์ (Displace or creative transfer) เป็นการถ่ายโยงในระดับสูง เพื่อให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ระดับการถ่ายโยงการเรียนรู้นั้นแบ่งเป็น 6 ระดับ โดยการถ่ายโยงแบบไม่เฉพาะเจาะจงและการถ่ายโยงแบบเฉพาะเจาะจง นั้นเป็นการถ่ายโยงในระดับง่าย ส่วนการถ่ายโยงในบริบทไปจนถึงการถ่ายโยงแบบสร้างสรรค์นั้นเป็นการถ่ายโยงในระดับสูง ซึ่งนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นควรจะมีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ทั้งการถ่ายโยงแบบใกล้และการถ่ายโยงแบบไกล เพื่อนักเรียนจะสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนถึงการนำไปใช้ต่อยอดในการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นไป

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับระดับของการถ่ายโยงการเรียนรู้ ในลำดับต่อไปจึงขอเสนอเกี่ยวกับแนวทางการสอนที่ส่งเสริมการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.6 แนวทางการสอนที่ส่งเสริมการถ่ายโยงการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การจัดการเรียนการสอน ครูควรให้โอกาสนักเรียนนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์จริงในชีวิตประจำวันโดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับสภาพชีวิตจริง จึงควรเน้นการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์และทำให้มีความหมายต่อชีวิต จึงจะทำให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

Mestre (2002: 13) กล่าวว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายโยงการเรียนรู้ คือ ความรู้เริ่มต้นจะช่วยสนับสนุนการถ่ายโยงการเรียนรู้ ความรู้ที่มากขึ้นและการรู้แจ้งจะทำให้สามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ดี ในขณะที่การท่องจำไม่ช่วยสนับสนุนการถ่ายโยงการเรียนรู้ ดังนั้นความพยายามที่จะเรียนรู้มากเกินไปหรือรวดเร็วเกินไปอาจจะขัดขวางการถ่ายโยงการเรียนรู้ ตั้งแต่การเรียนรู้ในเรื่องง่ายๆ ที่นักเรียนจดจำข้อเท็จจริงแบบแยกส่วน แม้ว่าการเรียนรู้ที่มีมาก่อนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายโยงการเรียนรู้แต่ก็สามารถขัดขวางการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้เช่นกัน และปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายโยงการเรียนรู้อีกประการหนึ่งคือ บริบท ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการถ่ายโยงการเรียนรู้ นักเรียนควรได้มีโอกาสนำความรู้ที่ได้เรียนรู้นั้นไปใช้ในบริบทอื่นๆ ถ้าความรู้ที่ได้เรียนรู้ถูกผูกไว้แน่นเกินไปกับบริบท

หนึ่ง หรือการที่ได้รับการเรียนรู้ในการถ่ายโยงที่เป็นบริบทที่แตกต่างกันเพียงผิวเผิน ก็จะทำให้การถ่ายโยงการเรียนรู้นั้นลดลงได้

Sternberg (2002) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. การสอนต้องทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย สิ่งที่สำคัญคือ สอนความรู้ที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ได้มากที่สุด โดยนักเรียนจะต้องเรียนรู้ถึงแนวคิดที่สำคัญของเรื่องนั้น

2. ครูควรใช้คำถาม และการเสนอแนะความคิด เพื่อให้นักเรียนเห็นแนวทางในการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. ครูต้องเสนอกรอบแนวคิดที่มีความชัดเจน เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในแนวคิดนั้นๆ และเห็นความเชื่อมโยงกันระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

4. ครูต้องช่วยเหลือนักเรียนให้มีความสามารถในการแยกแยะความรู้เดิมที่มีอยู่เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับความรู้ใหม่ได้

สุรางค์ โค้วตระกูล (2554: 284-285) ได้กล่าวถึงการสอนที่ทำให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. ควรชี้แนะให้นักเรียนทราบถึงสิ่งที่นักเรียนจะนำไปใช้ได้ในอนาคต และควรจะให้โอกาสฝึกหัดจนจำได้

2. สอนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย หรือสอนให้เห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับสิ่งที่มีอยู่ในโครงสร้างทางปัญญา ซึ่งอาจจะใช้แผนผังความคิด

3. ใช้ยุทธศาสตร์การสอนที่ช่วยให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ เช่น การเรียนรู้ด้วยการสังเกตของบันดูรา การใช้ปาฐกถาให้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการถ่ายโยง

4. ควรสอนสิ่งที่นักเรียนจะนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง

5. สอนหลักการ วิธีดำเนินการ ทักษะ และวิธีแก้ปัญหาที่นักเรียนสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

6. ครูควรจัดสภาพการณ์ในโรงเรียนให้คล้ายคลึงกับชีวิตจริงที่นักเรียนจะไปประสบนอกโรงเรียน

7. ควรจัดให้นักเรียนมีโอกาสฝึกหัดงานที่ต้องออกไปทำจริงๆ จนแน่ใจว่าทำได้

8. เมื่อสอนหลักเกณฑ์หรือความคิดรวบยอด ควรให้โอกาสนักเรียนได้เห็นตัวอย่างหลายๆ รูปแบบ

อารี พันธ์มณี (2546: 265-267) ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

1. การสัมพันธ์ระหว่างวิชา ในการสอนควรแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เกี่ยวโยงของวิชาต่างๆ

2. ความเข้าใจกฎเกณฑ์ของวิชาต่างๆ ไม่ควรเน้นการท่องจำ แต่ต้องให้นักเรียนเข้าใจหลักการ วิธีการของสิ่งที่เรียน และสรุปเป็นกฎเกณฑ์ เพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้

3. ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ที่กว้างขวางและหลายรูปแบบ ทั้งการเรียนรู้ด้วยตนเอง การศึกษาค้นคว้า การฝึกปฏิบัติ การศึกษานอกสถานที่ เพราะประสบการณ์จริงที่หลากหลายรูปแบบ จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจจริงจนสามารถสรุปเป็นหลักการ วิธีการได้

4. ครูควรคำนึงถึงสติปัญญาของนักเรียนด้วยว่ามีความแตกต่างระหว่างบุคคล นักเรียนบางคนอาจเรียนรู้ได้เร็ว บางคนอาจเรียนรู้ช้า ครูควรยอมรับลักษณะของนักเรียนและจัดกิจกรรมที่ตอบสนองความต้องการของนักเรียนได้

5. ทัศนคติและอุดมคติของนักเรียน ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนมีทัศนคติและอุดมคติ เพราะส่งผลต่อการเรียนรู้และการทำงานของนักเรียน

6. ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกฝนตนเอง หลังจากที่ได้เรียนรู้มาแล้ว เพื่อให้เกิดทักษะ ความชำนาญ และพัฒนาความสามารถให้สูงขึ้น

7. ครูควรจัดสถานการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียนให้สอดคล้องกับสภาพนอกห้องเรียนหรือคล้ายกับชีวิตจริง

8. ครูควรสอนเป็นลำดับขั้น จากง่ายไปหายาก จากสิ่งที่ใกล้ตัวไปสู่สิ่งที่ไกลตัว จากทักษะเบื้องต้นไปสู่ทักษะที่สูงขึ้น เพื่อทำให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ที่ดี และควรเน้นการต่อเนื่องสม่ำเสมอ

9. ครูควรพิจารณาและตระหนักถึงในการถ่ายโยงการเรียนรู้เชิงลบเพราะไม่เกิดผลต่อการเรียนรู้ ครูจึงควรหลีกเลี่ยงและจัดลำดับขั้นตอนเพื่อให้เกิดการถ่ายโยงเชิงบวก จึงเกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้

สรุปได้ว่า แนวทางการสอนที่ส่งเสริมการถ่ายโยงการเรียนรู้นั้นสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สอนให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดหลักการของความรู้ในเรื่องนั้นๆ อย่างเข้าใจ มีความชัดเจนจนสามารถสรุปเป็นหลักเกณฑ์ หลักการ นักเรียนจึงจะสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนรู้ใหม่ได้

2. สร้างสถานการณ์ปัญหาหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของนักเรียนแต่ละคน

3. สอนโดยการใช้ตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกับสิ่งที่นักเรียนเคยเรียนรู้ จะช่วยส่งเสริมการถ่ายโยงการเรียนรู้

4. การใช้สถานการณ์หรือบริบทที่มีความสัมพันธ์กับนักเรียน และให้นักเรียนได้มีโอกาสนำความรู้ที่ได้เรียนรู้นั้นไปใช้ในสถานการณ์หรือบริบทอื่นๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับแนวทางการสอนที่ส่งเสริมการถ่ายโยงการเรียนรู้ ทำให้ทราบถึงกลยุทธ์หรือวิธีการสอนที่จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ ในลำดับต่อไปจึงขอเสนอเกี่ยวกับแนวทางการวัดและประเมินการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.7 แนวทางการวัดและประเมินการถ่ายโยงการเรียนรู้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับวิธีการหรือเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินการถ่ายโยงการเรียนรู้ พบว่ามีหลากหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสำรวจ แบบสอบ แบบบันทึกการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบสัมภาษณ์ โดยจะสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อศึกษาข้อมูลเชิงลึกว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่ครูสอนอย่างไร และนักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในบริบทที่แตกต่างออกไปอย่างไร (Georghiades, 2000: 130) หรือโดยการสัมภาษณ์เพื่อถามคำถามนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการคิดในการตั้งคำถามเพื่อแก้ปัญหา วิธีการในการแก้ปัญหาในแต่ละสถานการณ์ที่นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้เรียนนั้นไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ที่ครูกำหนดสถานการณ์จำลองไว้ให้ (Mestre, 2000: 32-33)

2. แบบสำรวจ (survey) โดยจะแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ 1. แบบสำรวจข้อมูลพื้นฐาน เป็นคำถามเกี่ยวกับความคาดหวังของนักเรียนในการเรียนและประสบการณ์เกี่ยวกับการถ่ายโยงการเรียนรู้ 2. แบบสำรวจเนื้อหา เป็นคำถามที่ครอบคลุมเนื้อหาของวิชาหนึ่งและมีสถานการณ์หรือคำถามที่เป็นบริบทของอีกวิชาหนึ่ง เพื่อต้องการให้นักเรียนอธิบายถึงการประยุกต์ใช้ความรู้ของวิชาหนึ่งว่าสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์หรือบริบทของอีกวิชาหนึ่งอย่างไร 3. แบบสำรวจครั้งสุดท้าย เป็นคำถามให้นักเรียนสะท้อนถึงการเรียนรู้และคุณค่าที่ได้จากการเรียน (Johnson and Rutherford, 2010: 81-85)

3. แบบสอบ ประกอบด้วย ข้อสอบ 3 ส่วน ดังนี้ (ไพจิตร สดวกการ, 2539: 100-101)

3.1 แบบทดสอบชนิดปรนัยเลือกตอบ 5 ตัวเลือก เพื่อวัดความสามารถในการสร้างมโนทัศน์ใหม่

3.2 แบบทดสอบกึ่งปรนัยแบบมีคำตอบให้เลือก ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างของข้อย่อยแต่ละข้อ เพื่อวัดความสามารถในระดับที่สูงขึ้น

3.3 แบบทดสอบกึ่งปรนัยแบบไม่มีคำตอบให้เลือก เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีใหม่

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบเกินให้ 0 คะแนน

4. แบบบันทึก โดยพิจารณาจากผลงานการเขียนบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้สรุป สังเคราะห์ และเชื่อมโยงความรู้ แล้วกำหนดเกณฑ์ในการประเมินคุณลักษณะในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Scoring Rubrics โดยมีประเด็นที่ให้นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ดังนี้ (วิภาวรรณ วงษ์สุวรรณ์ คงเผ่า, 2548: 110)

1) ให้นักเรียนเขียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้ในการเรียนการสอนแต่ละครั้ง

2) ให้นักเรียนเขียนระบุประเด็นหรือหัวข้อที่ได้เรียนรู้ผ่านมาแล้วในหัวข้อที่ผ่านมา ซึ่งจะนำมาใช้เรียนรู้และปฏิบัติงานในหัวข้อเรื่องที่เรียนครั้งนี้ได้ รวมทั้งให้เขียนอธิบายว่าใช้ความรู้ที่ระบุนั้นอย่างไร ในการปฏิบัติงานในหัวข้อเรื่องที่เรียนครั้งนี้

3) ให้นักเรียนเขียนอธิบายว่าตนเองจะนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ในหัวข้อเรื่องนี้ไปใช้ในการเรียนรู้วิชาอื่นๆ และในชีวิตประจำวันของตนเองอย่างไร พร้อมให้เหตุผลประกอบการยกตัวอย่าง

สรุปได้ว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินการถ่ายโยงการเรียนรู้ มีหลากหลาย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสำรวจ แบบสอบทั้งเป็นแบบปรนัยและแบบกึ่งปรนัย และแบบบันทึก ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ เป็นแบบเขียนตอบปลายเปิด โดยจะกำหนดประเด็นคำถามให้ และให้นักเรียนเขียนตอบ เพื่อให้นักเรียนแสดงถึงการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่ได้เรียนมากับความรู้ใหม่ที่ได้เรียนในครั้งใหม่ และการเชื่อมโยงความรู้ในห้องเรียนกับการนำไปใช้ในวิชาอื่นหรือบริบทอื่นๆ ในชีวิตประจำวัน

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเกี่ยวกับการถ่ายโยงการเรียนรู้มาโดยสังเขป ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอเกี่ยวกับแนวคิดที่ช่วยสนับสนุนและส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ คือ การสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3. การสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้นักเรียนสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเน้นการสร้าง ประเมิน แก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ได้ปฏิบัติเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ มีประเด็นที่นำเสนอ 6 ประเด็น ได้แก่ ความสำคัญของแบบจำลองในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ความหมายของแบบจำลองทาง

วิทยาศาสตร์ ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง การสอนแบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์ แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความสำคัญของแบบจำลองในการศึกษาวิทยาศาสตร์

National Research Council (2012: 42-59) กล่าวว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องเน้นบทบาทของแบบจำลองอย่างชัดเจนและให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการปฏิบัติหลักทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาการสร้างและการประยุกต์ใช้แบบจำลองได้อย่างเหมาะสม และได้กำหนดการปฏิบัติหลัก 8 ประการ ตามกรอบแนวคิดของการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา (A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas) ดังนี้

1. การถามคำถามและกำหนดปัญหา (Asking questions and defining)
2. การพัฒนาและใช้แบบจำลอง (Developing and using models)
3. การวางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบ (Planning and carrying out investigations)
4. การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล (Analyzing and interpreting data)
5. การใช้คณิตศาสตร์และการคิดคำนวณ (Using mathematics and computational thinking)
6. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และออกแบบการแก้ไขปัญหา (Constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering))
7. มีส่วนร่วมในการโต้แย้งโดยอาศัยหลักฐาน (Engaging in argument from evidence)
8. การรับ ประเมิน และสื่อสารข้อมูล (Obtaining, evaluating, and communicating information)

Windschitl and Thompson (2006: 786-787) กล่าวว่า สำคัญอย่างยิ่งที่ต้องให้แบบจำลองอยู่ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่เพียงแต่บันทึกความคิดแล้วยังช่วยสร้างรูปแบบความคิดได้เป็นอย่างดีอีกด้วย อีกทั้งนักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการนำทางในการสำรวจตรวจสอบและพัฒนาความเข้าใจสิ่งที่เป็นตัวแทนอีกด้วย และ Schwarz (2009: 2) กล่าวว่า การศึกษาวิทยาศาสตร์เน้นย้ำถึงการสนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนเกี่ยวข้องในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยเปลี่ยนจากการฟังครูที่ให้ข้อมูลความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมาเป็นการรวบรวมข้อมูลและแปลความหมายข้อมูลและเชื่อมโยงกับรูปแบบของข้อมูลที่เป็นแบบจำลองและการอธิบายทางวิทยาสตร์ และนักเรียนควรรู้

เกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองและกระบวนการในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ (Schwarz and White, 2005; Gilbert, 1995 cited in Gobert and Buckley, 2000: 891)

อีกทั้ง Gilbert (1995 cited in Gobert and Buckley, 2000: 891) กล่าวว่า แบบจำลองมีความสำคัญในการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นการสร้างสมมติฐานเพื่อทดสอบและบรรยายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบบจำลองจะช่วยทำให้เกิดความเข้าใจอย่างเป็นระบบของคำอธิบาย และใช้เป็นกรอบคำถามสำหรับการสำรวจตรวจสอบหรือการปฏิบัติ และเป็นการแปลความหมายของผลลัพธ์จากการสืบสอบ (Darden , 1991; Giere, 1988; Kitcher, 1993 cited in Windshitl and Tompson, 2006: 785) และแบบจำลองเป็นทั้งผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเรียนรู้และการสอน (Gilbert, 1993 cited in Harrison and Treagust, 2000: 1011)

นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองในการปฏิบัติที่แสดงความคิดในรูปแบบของการบันทึก เช่น เนื้อความ ภาพ การแสดงเป็นกราฟิค (ข้อความ ภาพวาด แผนผัง แผนภูมิ แผนที่) การอุปมาโครงสร้างทางกายภาพ สถานการณ์จำลองคอมพิวเตอร์ เพื่ออธิบายและทำความเข้าใจกระบวนการทางธรรมชาติ (Latour, 1900 cited in Windschitl et al., 2008a: 944) แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของโครงสร้างทางทฤษฎีที่เป็นนามธรรมหรือความคิด เช่น พิรามิดพลังงานในระบบนิเวศ หรือสิ่งที่ไม่สามารถเข้าใจได้ด้วยการสังเกตโดยตรง เช่น สิ่งที่อยู่ภายในของโลก อีกทั้งแบบจำลองเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางธรรมชาติที่ใช้ในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ และแบบจำลองเป็นเครื่องมือของตัวแทนสำหรับการสื่อสารในการอ้างอิงแนวคิด (Romberg, Carpenter, & Kwako, 2005 cited in Windschitl et al., 2008a: 944) ในทางปฏิบัติทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์จะถูกทดสอบผ่านแบบจำลอง หลักฐานของแบบจำลองจะเกี่ยวข้องกับการสังเกต เช่น ผลึกน้ำตาลจะละลายในน้ำร้อนได้เร็วกว่าน้ำเย็น และสนับสนุนคำอธิบายที่ไม่สามารถสังเกตได้ เช่น ความร้อนทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่ได้เร็ว และสลายพันธะระหว่างโมเลกุลของผลึกน้ำตาลได้ง่ายขึ้น (Windschitl & Thompson, 2006: 785)

แบบจำลองจะแสดงแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ผสมผสานจากบริบทของปรากฏการณ์ (เหตุการณ์ คำถาม ปัญหา) และเกี่ยวข้องกับการระบุลักษณะสำคัญหรือคุณสมบัติของปรากฏการณ์ วิธีการและความเกี่ยวข้องต่างๆ จุดมุ่งหมายทั่วไปของการสร้างแบบจำลองเพื่อทดสอบความคิด ซึ่งเป็นตัวแทนของกระบวนการ เหตุการณ์ หรือโครงสร้าง ซึ่งเปรียบเทียบกับการสังเกตในโลกความเป็นจริง และเพื่อประเมินการเป็นตัวแทนที่เพียงพอ เปรียบเทียบกับมาตรฐานของหลักฐาน (Windschitl et al., 2008a: 945)

กรอบแนวคิดการเรียนการสอนที่ประสบความสำเร็จสำหรับการสร้างแบบจำลองจะชี้นำนักเรียนผ่านกระบวนการต่างๆ คือ การมีส่วนร่วมกับคำถามหรือปัญหา การสร้างแบบจำลองชั่วคราวหรือสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุหรือการเชื่อมโยงกับสิ่งที่เกี่ยวข้องในปรากฏการณ์ การสังเกตอย่างเป็นระบบเพื่อทดสอบสมมติฐาน สร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ที่มาจากการสังเกต การประเมินแบบจำลองโดยเปรียบเทียบกับประโยชน์ของแบบจำลอง ความสามารถในการทำนายหรือการอธิบายที่เพียงพอ และการปรับปรุงแบบจำลองและการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ (Lehrer & Schauble, 2006; Schwarz & White, 2005; Stewart, Passmore, Cartier, Rudolph, & Donovan, 2005 cited in Windschitl et al., 2008a: 945)

Justi and Gilbert (2002: 370) ได้กล่าวถึงบทบาทสำคัญของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในวิทยาศาสตร์ศึกษาไว้ดังนี้

1. เพื่อเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (to learn science) นักเรียนควรจะรู้ลักษณะ ขอบเขต และข้อจำกัดของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งแบบจำลองที่เป็นมติของส่วนรวม แบบจำลองที่ใช้ในการค้นคว้า หรือแบบจำลองทางประวัติศาสตร์

2. เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (to learn about science) นักเรียนควรจะมีความซาบซึ้งในบทบาทของแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับและเป็นที่แพร่หลายซึ่งเป็นผลลัพธ์ของการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. เพื่อเรียนรู้วิธีการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (to learn how to do science) นักเรียนควรจะสามารถสร้าง แสดง และทดสอบแบบจำลองของตนเองได้

Schwarz et al. (2009: 634-635) ได้กล่าวถึงข้อดีของการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ว่า การสร้างแบบจำลองจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งของแบบจำลองที่สำคัญในวิทยาศาสตร์และเข้าใจลักษณะของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยนักเรียนสามารถอธิบายกลไกและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ และนักเรียนจะใช้แบบจำลองในการแสดง อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และการสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์และสะท้อนความคิด และใช้แบบจำลองในการให้เหตุผล

นอกจากนี้ Schwarz et al. (2009: 636) ได้กล่าวถึงจุดประสงค์ของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสื่อสารที่แสดงถึงความเข้าใจหรือความรู้

3. แบบจำลองสามารถใช้สร้างความเข้าใจใหม่ โดยการทำนายแง่มุมใหม่ของปรากฏการณ์

4. แบบจำลองใช้ในการแสดง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า แบบจำลองเป็นตัวแทนของการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และใช้เป็นกรอบคำถามสำหรับการสำรวจตรวจสอบหรือการปฏิบัติ ช่วยทำให้เข้าใจคำอธิบายความรู้ที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น ทำให้เกิดการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิธีการและการปฏิบัติเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับความสำคัญของแบบจำลองในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอความหมายของแบบจำลองและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

องค์กรทางการศึกษาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของ “แบบจำลอง” และ “แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์” โดยมีรายละเอียดดังนี้

NSTA (1995 cited in Halloun, 2006: 3) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนในลักษณะของภาพหรือคณิตศาสตร์เพื่อการบรรยายหรือทำความเข้าใจปรากฏการณ์ ทฤษฎี กฎ ลักษณะเฉพาะทางกายภาพ โครงสร้างของสิ่งมีชีวิต หรือบางส่วนของโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต เช่นเดียวกับ Gilbert, Boulter, and Elmer (2000: 11) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง ตัวแทนของปรากฏการณ์เพื่อวัตถุประสงค์อย่างเฉพาะเจาะจง อาจจะเป็นสิ่งที่เป็นรูปธรรมหรือวัตถุ นามธรรม เช่น แรง พลังงาน ความคิด หรือเหตุการณ์

ส่วนแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นั้นมีนักการศึกษาให้ความหมายไว้ดังนี้

Gilbert et al. (2000) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ กฎ หรือทฤษฎี หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของเป้าหมาย ที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง ส่วน Halloun (2006: 24) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดระบบแนวคิดภายในบริบทของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไปยังแบบแผนของโครงสร้างและลักษณะของระบบทางกายภาพที่เฉพาะ และ Windschitl and Thompson (2006: 784) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือตัวแทนที่แสดงประเด็นของมุมมองของปรากฏการณ์ในโลก ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองในรูปแบบของการเปรียบเทียบ การแสดงแนวคิด แผนผัง กราฟ โครงสร้างทางกายภาพ และสถานการณ์จำลองคอมพิวเตอร์เพื่อบรรยายและสร้างความเข้าใจอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ Schwarz (2009: 2) กล่าวว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือเครื่องมือสำหรับรวบรวมหรือแสดงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และรูปแบบของข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถใช้เพื่อแสดง อธิบาย ทำนาย วัตถุหรือปรากฏการณ์

กล่าวโดยสรุป แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนเพื่อใช้ในการอธิบายแนวคิด หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับความหมายของแบบจำลองและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ประเภทต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Gilbert et al. (2000: 12) จำแนกแบบจำลองไว้ 8 ประเภท ตามลักษณะที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) เป็นแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคล คือ การเป็นตัวแทนทางความคิดของแต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นโดยบุคคลนั้นและอยู่ภายในความคิดของบุคคลนั้น ที่อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติอาจมีระดับของความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่างๆ กัน

2) แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed Model) เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางความคิดเพื่อสื่อสารหรือแสดงออกให้ผู้อื่นได้รับรู้ โดยบุคคลหรือกลุ่มคน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแบบจำลองทางความคิดและตอบสนองโดยการสะท้อนความคิดออกมาเป็นแบบจำลองที่แสดงออก ทำให้แบบจำลองทางความคิดมีความชัดเจนมากขึ้น

3) แบบจำลองที่เป็นมติ (Consensus Model) คือแบบจำลองที่แสดงออกซึ่งได้รับการยอมรับจากกลุ่มบุคคลหรือชั้นเรียน จากการอภิปรายหรือการทำการทดลองจนมีความเห็นร่วมกัน โดยเฉพาะในชุมชนวิทยาศาสตร์นั้น เมื่อนักวิทยาศาสตร์ทดสอบการทดลองและเผยแพร่ในวารสารวิชาการ หรือเป็นแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สำรวจตรวจสอบและสร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ก็จะกลายเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) ที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์และเป็นประโยชน์ในการสร้างคำทำนายและใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนความรู้นั้น

4) แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (Historical Model) คือ แบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอะตอมของโบว์

5) แบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตร (Curriculum Models) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบที่ง่ายขึ้น คือแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือแบบจำลองทางประวัติศาสตร์ที่อยู่ในหลักสูตรที่เป็นทางการหลังจากที่ทำให้อยู่ในรูปแบบของการทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองแบบจุดของลิวอีส

6) แบบจำลองการสอน (Teaching Model) คือแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยส่งเสริมความเข้าใจแบบจำลองหลักสูตรมากขึ้น ซึ่งอาจใช้แบบจำลองที่เป็นมติ แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ แบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตร ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถสร้างได้โดยครูหรือนักเรียน

7) แบบจำลองผสม (Hybrid Models) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้ลักษณะของแบบจำลองหลายๆ ประเภทร่วมกัน คือแบบจำลองที่ผู้สอนได้รวบรวมลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ หรือแบบจำลองที่ใช้ในหลักสูตรในบริบทของการสืบสอบ ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะใช้สำหรับการเรียนการสอนในห้องเรียน

8) แบบจำลองวิธีการสอน (Model of Pedagogy) คือ แบบจำลองที่ผู้สอนใช้ระหว่างการวางแผน การปฏิบัติ การจัดการ และการสะท้อนความคิดในกิจกรรมการเรียนรู้ และเกี่ยวข้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ส่วน Harrison and Treagust (2000: 1014-1017) แบ่งประเภทของแบบจำลองตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลองได้ 10 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองมาตราส่วน (Scale Models) คือ แบบจำลองที่สะท้อนถึงลักษณะทางภายนอก ขนาด สี รูปร่าง และโครงสร้างของสิ่งที่ต้องการสร้างขึ้นเป็นแบบจำลอง

2) แบบจำลองเชิงอุปมาที่ใช้ในการสอน (Pedagogical Analogical Models) คือ แบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะเสมือน เป็นแบบตำแหน่งต่อตำแหน่ง และเน้นลักษณะสำคัญ

3) แบบจำลองสัญลักษณ์ (Iconic and Symbolic Models) คือ แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ สูตร สมการ มักใช้ในทางเคมี เพื่ออธิบายและสื่อสารออกมาเป็นแบบจำลอง

4) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) คือแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ทางมโนทัศน์ในองค์ประกอบและกระบวนการทางกายภาพซึ่งแสดงได้เป็นสมการและกราฟ เช่น กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน เขียนได้เป็น F=ma ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เป็นนามธรรม

5) แบบจำลองทางทฤษฎี (Theoretical Models) คือ แบบจำลองที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานของลักษณะทางทฤษฎี เพื่อใช้ในการบรรยายหรืออธิบาย

6) แผนที่ แผนผัง และตาราง (Map, Diagrams and Tables) เป็นแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของแบบแผน เส้นทาง และความสัมพันธ์ที่นักเรียนสามารถสังเกตและจำแนกได้ง่าย มีลักษณะเป็นสองมิติ

7) แบบจำลองแนวคิดและกระบวนการ (Concept-Process Models) เป็นแบบจำลองที่เน้นการอธิบายกระบวนการในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

8) สถานการณ์จำลอง (Simulations) เป็นแบบจำลองที่เคลื่อนไหวโดยแสดงกระบวนการที่ซับซ้อนและยุ่งยากในการทำความเข้าใจ ซึ่งมีข้อดีคือไม่เป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน

9) แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) เป็นแบบจำลองของบุคคลที่เกิดจากกระบวนการทางปัญญา

10) แบบจำลองจากการสังเคราะห์ (Synthetic Models) เป็นแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเมื่อเรียนจบบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนเปรียบเทียบไข่กับชั้นอิเล็กตรอนที่สามารถป้องกันโครงสร้างได้

นอกจากนี้ Gilbert et al. (2000: 13) แบ่งแบบจำลองตามการเป็นตัวแทนของลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองที่เป็นวัตถุ (concrete model) เป็นการใช้วัสดุ 3 มิติ และทำจากวัสดุที่คงทน เช่น แบบจำลองระบบไหลเวียนเลือดของมนุษย์ที่ทำจากพลาสติกผสมสี

2. แบบจำลองที่เป็นภาษา (verbal model) เป็นการพูดหรือการเขียนที่ประกอบการบรรยายเกี่ยวกับเอกลักษณ์และความสัมพันธ์กันระหว่างสิ่งที่แสดงแทน

3. แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (symbolic model) เป็นชุดของตัวเลขหรือตัวอักษรที่แสดงข้อตกลงทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ สมการเคมี เช่น กฎของแก๊ส

4. แบบจำลองที่เป็นภาพ (visual model) เป็นการใช้กราฟ แผนผัง ภาพที่เป็น 2 มิติ และภาพเลื่อนไหว เช่น แผนผังแสดงโครงสร้างทางเคมี

5. แบบจำลองที่เป็นร่างกาย (gestural model) เป็นการใช้ร่างกายหรือส่วนหนึ่งของร่างกายในการแสดง เช่น นักเรียนเคลื่อนที่เพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลต์

Chulalongkorn University

จากที่กล่าวมาข้างต้น แบบจำลองสามารถจำแนกได้หลายประเภทอาจจะจำแนกตามลักษณะที่ใช้ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลอง โดยสรุปการวิจัยครั้งนี้จำแนกตามการเป็นตัวแทนของลักษณะที่สำคัญของแบบจำลอง แบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) แบบจำลองที่เป็นวัตถุ 2) แบบจำลองที่เป็นภาษา 3) แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ 4) แบบจำลองที่เป็นภาพ

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.4 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

Gilbert and Ireton (2003) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของแบบจำลองไว้ดังนี้

1. ไม่เป็นของจริง (artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่นๆ

2. ตระหนักถึงประโยชน์เป็นหลัก (utilitarian) แบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง เช่น แบบจำลองของลูกโลกใช้ประโยชน์เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์ แต่จะไม่ใช่เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

3. ง่าย (simplified) แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นต้องมีกระบวนการสร้างแบบง่ายๆ ไม่ซับซ้อน มีข้อมูลหรือรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย

4. ต้องอาศัยการแปลความหมาย (interpreted) แบบจำลองทุกชนิดจะต้องแปลความหมายเพื่อทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นเป้าหมาย การแปลความหมายนั้นจะมีความยากง่ายแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลอง

5. ไม่สมบูรณ์แบบ (imperfect) แบบจำลองทุกชนิดไม่มีความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสมบูรณ์ที่สุด

อีกทั้ง Schwarz et al. (2009: 636) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของแบบจำลองไว้ดังนี้

1. แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการหรือลักษณะที่ไม่สามารถมองเห็นได้และไม่สามารถเข้าถึงได้

2. แบบจำลองที่แตกต่างกันสามารถใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน

3. แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของสิ่งที่มีข้อจำกัดในการแสดงเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ

4. แบบจำลองมีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น แผนภาพ โมเดลวัตถุ สถานการณ์จำลอง

นอกจากนี้ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2558: 125) ได้อธิบายลักษณะของแบบจำลองไว้ดังนี้

1. แบบจำลองมีความสัมพันธ์กับเป้าหมาย (target) ซึ่งเป้าหมายนั้นอาจเป็นสิ่งของ ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ กระบวนการ ระบบ ข้อเท็จจริง แนวคิด ทฤษฎี กฎ และแบบจำลองถูกออกแบบมาเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ

2. แบบจำลองใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นความชัดเจนของเป้าหมายและการเปรียบเทียบทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเข้าถึงแบบจำลองได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตั้งสมมติฐานจากแบบจำลองเพื่อทำนายผล

3. แบบจำลองมีความแตกต่างจากเป้าหมาย ซึ่งทำให้แบบจำลองสามารถใช้ได้ง่ายกว่า เช่น หากเป้าหมายมีขนาดเล็กและซับซ้อน เช่น อะตอม นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองอะตอมขึ้น หรือถ้าเป้าหมายมีขนาดใหญ่เกินไป เช่น ระบบสุริยะจักรวาล นักวิทยาศาสตร์ก็สร้างแบบจำลองของระบบสุริยะจักรวาล

4. แบบจำลองสามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้

5. แบบจำลองสามารถถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นได้

6. แบบจำลองอาจแสดงลักษณะของปรากฏการณ์หรือวัตถุทั้งหมด เช่น ภาพวาดของหลอดทดลอง

7. แบบจำลองอาจแสดงเพียงบางส่วนของปรากฏการณ์หรือวัตถุ เช่น ภาพวาดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง

8. แบบจำลองอาจมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ เช่น แบบจำลองไวรัส

9. แบบจำลองบางชนิดจะแสดงตัวแทนของสิ่งที่เป็นนามธรรมหรือเอกลักษณ์ เช่น การแสดงเส้นการไหลของพลังงาน การแสดงเวกเตอร์ของแรง

10. แบบจำลองสามารถแสดงทั้งสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมในแบบจำลองเดียวกัน เช่น แสดงแรงผลักต่อโต๊ะเรียน

11. แบบจำลองสามารถแสดงแทนระบบหรือลำดับของเอกลักษณ์ของสิ่งต่างๆที่มีความสัมพันธ์กัน เช่น แบบจำลองอะตอมของคาร์บอนในเพชร

12. แบบจำลองสามารถแสดงแทนเหตุการณ์ ช่วงการเกิดพฤติกรรมของระบบหรือบางสิ่งบางอย่าง เช่น แบบจำลองแสดงการเคลื่อนที่ของไอออนผ่านเยื่อเลือกผ่าน

13. แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการที่มีเพียงหนึ่งองค์ประกอบหรือมากกว่า เช่น แบบจำลองเครื่องเปลี่ยนตัวเร่งปฏิกิริยาของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

สรุปได้ว่า แบบจำลองมีรูปแบบที่หลากหลายแต่ก็มีลักษณะและข้อจำกัด ซึ่งแบบจำลองเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะและแบบจำลองทุกชนิดต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นเป้าหมายหรือปรากฏการณ์นั้น แบบจำลองต้องมีความสัมพันธ์กับเป้าหมายซึ่งสามารถใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ แบบจำลองสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ แบบจำลองมีรูปแบบที่หลายหลายซึ่งอาจมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่าของจริง และแบบจำลองสามารถแสดงทั้งสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอการสอนแบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.5 การสอนแบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์

ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ครูสามารถใช้ประโยชน์จากการใช้แบบจำลองในการสาธิตวิธีการทำงานหรือการอธิบายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนทางวิทยาศาสตร์ และสามารถใช้แบบจำลองในการสร้างและให้เหตุผลของตัวแทนทางความคิดได้ (Oh & Oh, 2011: 1120) ดังที่ Nerssian (1999: 7 cited in Oh & Oh, 2011: 1120) กล่าวว่า แบบจำลองที่นำเสนอภายนอก เป็นเครื่องมือช่วยที่สำคัญในการจัดการความคิดในระหว่างการให้เหตุผล ช่วยให้เรียกและจัดเก็บข้อมูลที่สำคัญ แสดงการเชื่อมโยงระหว่างกัน และเป็นการสนับสนุนการสร้างการแบ่งปันแบบจำลองทางความคิดกับผู้อื่น

Gobert and Buckley (2000) ได้อธิบายการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองไว้ดังนี้

1. สร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และครูประเมินเพื่อสรุปแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. สร้างแบบจำลอง นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ พฤติกรรม สาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้นๆ เขียนเป็นแผนผังมโนทัศน์ โดยเปรียบเทียบกับปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกันกับที่นักเรียนรู้จัก ตรวจสอบข้อมูลแล้วลงมือสร้างแบบจำลอง

3. ทดลองใช้และประเมินแบบจำลอง เมื่อแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากแบบจำลองนั้นใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีขึ้น

4. ขยายแบบจำลอง นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

ส่วน Campbell, Oh and Neilson (2013, cited in Campbell et al., 2015: 162) ได้เสนอวิธีการสอนโดยใช้แบบจำลองสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลองเพื่อการสำรวจ (Exploratory modeling) ให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบคุณสมบัติของแบบจำลองที่มีอยู่ก่อน โดยการเข้าไปมีส่วนร่วมกับแบบจำลอง เช่น การเปลี่ยนแปลงตัวแปร และการสังเกตผลกระทบ

2. การสร้างแบบจำลองเพื่อการแสดงออก (Expressive modeling) ให้นักเรียนแสดงความคิดของตนเองในการบรรยายหรืออธิบายปรากฏการณ์ โดยสร้างแบบจำลองใหม่หรือใช้แบบจำลองที่มีอยู่เดิม

3. การสร้างแบบจำลองเพื่อการทดลอง (Experimental modeling) ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและการคาดการณ์จากแบบจำลองและทดสอบแบบจำลองผ่านการทดลองกับปรากฏการณ์

4. การสร้างแบบจำลองเพื่อการประเมิน (Evaluative modeling) ให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองทางเลือกที่อยู่ในปรากฏการณ์หรือปัญหาเดียวกัน ประเมินข้อดีและข้อจำกัด และเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดในการอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ไขปัญหา

5. การสร้างแบบจำลองเป็นวัฏจักร (Cyclic modeling) ให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องในกระบวนการพัฒนา ประเมิน และปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้ได้แบบจำลองที่ค่อนข้างสมบูรณ์

นอกจากนี้ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2558: 131-133) ได้เสนอการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (generating model) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองขึ้นมา เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ให้นักเรียนทำนายผลของการปฏิบัติและการอธิบายเหตุผลการทำนาย

2. การประเมินแบบจำลอง (evaluating model) ครูกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ขั้นนี้ควรฝึกให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ นักเรียนต้องตรวจสอบดูว่าแบบจำลองของตนนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่เพียงใด และแบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (modyfing model) ขั้นนี้นักเรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยนักเรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม

4. การขยายแบบจำลอง (elaborating model) นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่นๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองที่ตนเองสร้างและได้เรียนรู้ว่าแบบจำลองสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

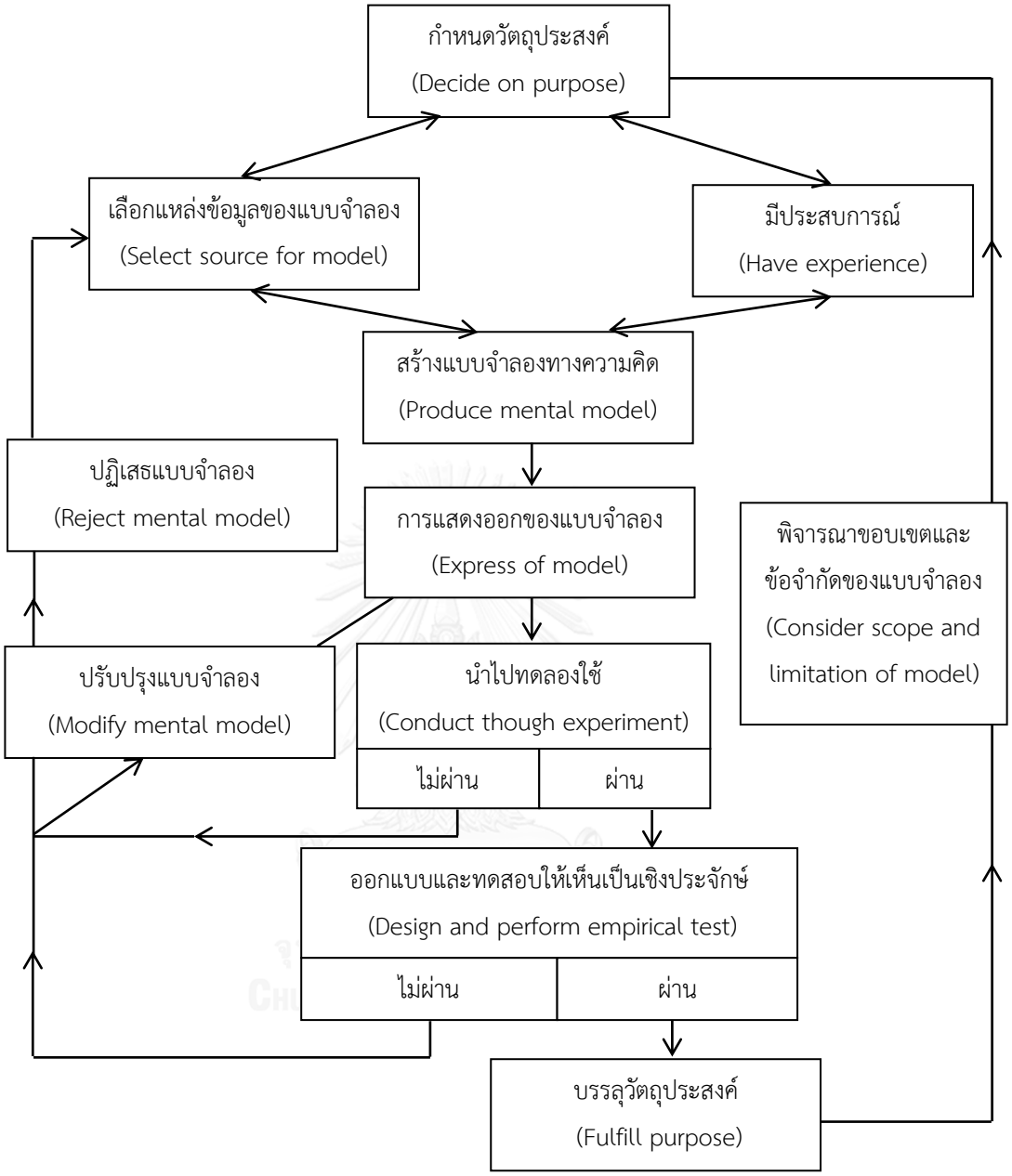
อีกทั้ง Oh & Oh (2011: 1124) ได้สรุปลักษณะของแบบจำลองและการใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ดังแสดงในตารางที่ 2

Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 ลักษณะของแบบจำลองและการใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์

หัวข้อ	ลักษณะสำคัญ
ความหมายของแบบจำลอง	- แบบจำลองเป็นตัวแทนของเป้าหมาย - แบบจำลองทำหน้าที่เป็นสะพานหรือสื่อกลางในการเชื่อมโยงทฤษฎีกับปรากฏการณ์
จุดประสงค์ของแบบจำลอง	- แบบจำลองมีบทบาทในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติและสื่อสารความคิดทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้อื่น - บทบาทการทำงานของแบบจำลองจะอำนวยความสะดวกโดยการแสดงแบบจำลองกับทรัพยากรเชิงสัญญะที่ไม่ใช่ภาษา โดยใช้การเปรียบเทียบ ใช้การคิดและการจำลองภายนอก
ความหลากหลายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	- ความหลากหลายของแบบจำลองสามารถที่จะพัฒนาเพื่อการศึกษาเป้าหมายเดียวกัน เพราะนักวิทยาศาสตร์อาจจะมีความคิดแตกต่างกันในเป้าหมาย มีวิธีการทำงานเหมือนกัน มีความหลากหลายของทรัพยากรและเครื่องหมายสำหรับการสร้างแบบจำลอง - แบบจำลองแต่ละแบบมีข้อจำกัด เพราะสามารถเป็นตัวแทนที่เฉพาะเจาะจงในแง่มุมหนึ่งของเป้าหมาย และแบบจำลองที่แตกต่างกันอาจจะมีความจำเป็นในการเติมเต็มคำอธิบายให้สมบูรณ์
การเปลี่ยนแปลงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	- แบบจำลองจะถูกทดสอบเชิงประจักษ์ และสามารถเปลี่ยนแปลงให้สอดคล้องกับการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
การใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์	- ในห้องเรียน ครูสามารถใช้ประโยชน์จากแบบจำลองในการแสดงให้เห็นถึงการทำงานและอธิบายความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อน - นักเรียนควรจะมีโอกาสที่จะมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่มีความหลากหลาย เช่น การสำรวจ การแสดงออก การสร้าง การประยุกต์ใช้ และการแก้ไขแบบจำลอง

นอกจากนี้ Justi and Gilbert (2002: 371) ได้เสนอกรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองไว้ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Justi & Gilbert, 2002: 371)

สรุปได้ว่า ครูใช้แบบจำลองในการสาธิตวิธีการทำงานหรือการอธิบายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนทางวิทยาศาสตร์ และใช้แบบจำลองในการสร้างและให้เหตุผลตัวแทนทางความคิด ส่วนนักเรียนควรจะมีโอกาสที่จะมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่มีความหลากหลาย มีดังนี้ 1. การสร้างแบบจำลอง 2. การประเมินแบบจำลอง 3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง 4. การขยายแบบจำลอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นเกี่ยวกับการสอนแบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์ ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอเกี่ยวกับแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

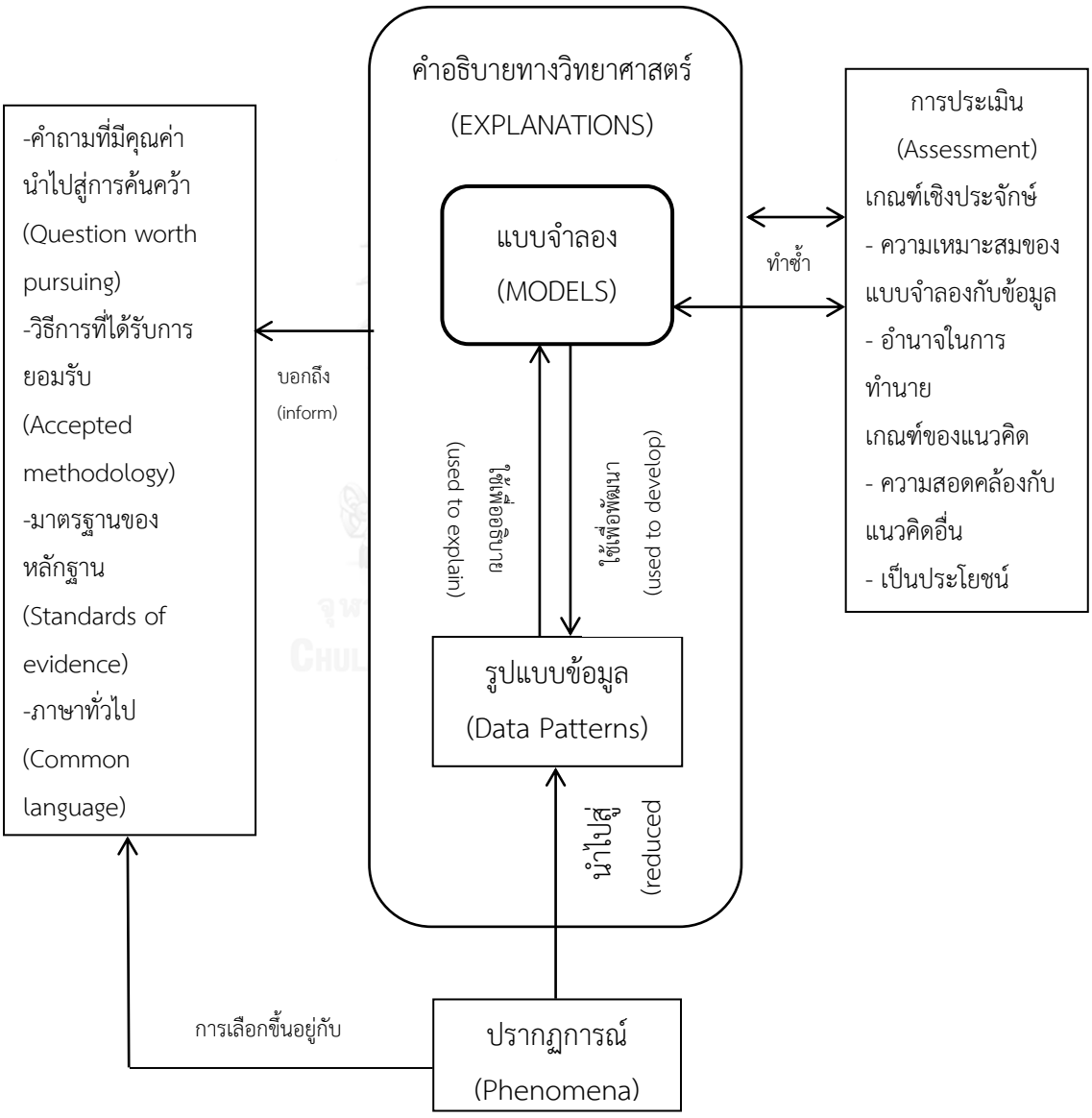
3.6 แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้นักเรียนสืบสอบหาความรู้โดยการสร้าง ประเมิน และปรับปรุงแบบจำลองมาใช้พัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเนื้อหาและลักษณะสำคัญของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การทดสอบ (testable) การแก้ไข (revisable) การอธิบาย (explanatory) การคาดเดา (conjectural) การสร้าง (generative) (Windschitl et al., 2008a: 944-945)

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับลักษณะสำคัญของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะสำคัญของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์	การสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI)
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือ การทดสอบ (testable)	- ความคิดในรูปแบบของแบบจำลองสามารถทดสอบและปรับปรุงแก้ไขได้
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือ การแก้ไข (revisable)	- การประเมินสมมติฐานที่สมเหตุสมผลด้วยบริบทของแบบจำลองเพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือ การอธิบาย (explanatory)	- ใช้ลักษณะของข้อมูล หรือแหล่งข้อมูลของหลักฐานเพื่ออธิบายว่าทำไมจึงเกิดปรากฏการณ์ - แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการอธิบาย
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือ การคาดเดา (conjectural)	- คำอธิบายจะถูกอธิบายโดยอาศัยการสังเกต สาเหตุของกระบวนการ หรือโครงสร้าง
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือ การสร้าง (generative)	- แบบจำลองหรือทฤษฎีสามารถใช้สร้างสมมติฐานที่เป็นไปได้ แนวคิดใหม่ คำทำนายใหม่ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการสืบสอบ

Passmore, Stewart, and Cartier (2009: 395-397) ได้เสนอกรอบการปฏิบัติของการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลอง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และปรากฏการณ์ที่ผ่านการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยแบบจำลองเป็นศูนย์กลางของการปฏิบัติ ซึ่งแบบจำลองและรูปแบบของข้อมูลจะเป็นถูกสร้างเป็นคำอธิบาย ทั้งแบบจำลองและคำอธิบายจะได้รับการประเมินตามเกณฑ์ของแนวคิดและหรือเกณฑ์เชิงประจักษ์ และรูปแบบที่สำคัญและการยอมรับคำอธิบายเป็นปัจจัยสำคัญของบรรทัดฐานของการปฏิบัติ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กรอบการปฏิบัติของการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Passmore et al., 2009: 396)

ลักษณะสำคัญของแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Windschitl et al. (2008b: 314) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1. การสำรวจตรวจสอบควรเริ่มด้วยความสนใจในบางแง่มุมของโลกธรรมชาติและนักเรียนจะถูกให้แหล่งข้อมูล หรือประสบการณ์ในการสร้างการเริ่มต้นโดยการใช้ตัวแทนชั่วคราวของปรากฏการณ์ เช่น แบบจำลอง

2. แบบจำลองแสดงกระบวนการ คุณสมบัติหรือโครงสร้างที่มองไม่เห็น ซึ่งสามารถอธิบายปรากฏการณ์เป้าหมายได้

3. แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ในการสร้างการทดสอบสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผล

4. ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมเพื่อทดสอบแบบจำลองที่ใช้ในการระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ที่สามารถสังเกตได้

5. ข้อโต้แย้งที่ถูกสร้างขึ้นนั้นไม่เพียงแต่เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของสิ่งที่มีอยู่เท่านั้น แต่จะต้องสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้างที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอธิบายหรือสมมติฐานที่เป็นเอกลักษณ์ในแบบจำลองเดิมด้วย

Passmore et al. (2009: 395-397) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1. เน้นการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากกว่าการควบคุมการทดลอง

2. ใช้แบบจำลองที่มีอยู่ในการสืบสอบหาความรู้

3. สืบสอบหาความรู้เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

4. ใช้แบบจำลองในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

5. ใช้แบบจำลองในการสร้างความเข้าใจ

6. มีส่วนร่วมในการโต้แย้ง

อีกทั้ง Nuffield Foundation (2013: 2) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1. ใช้ความรู้ของแบบจำลองในการทำนายผลของการทดลองและอธิบายด้วยเหตุผล

2. ทดสอบคำทำนายกับหลักฐานที่เก็บรวบรวมได้จากการสังเกตและการทดลอง

3. มีส่วนร่วมในการตั้งคำถามและการอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จะสามารถอธิบายในรูปแบบของแบบจำลอง

4. พัฒนาคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลอง

สรุปได้ว่า ลักษณะสำคัญของการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีดังนี้

1. ใช้แบบจำลองในการนำทางเพื่อสืบสอบหาความรู้

2. การสืบสอบหาความรู้ เป็นกระบวนการในการแสวงหาความรู้ โดยตั้งคำถาม สมมติฐาน ควบคุมตัวแปร ออกแบบ สำรวจตรวจสอบ และเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำไปสู่การสร้าง ประเมินและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

3. แบบจำลองใช้ในการสร้างการทดสอบสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผล

4. แบบจำลองใช้ในการบรรยาย การอธิบาย และการทำนายปรากฏการณ์ให้เข้าใจได้ง่าย

5. การโต้แย้งเพื่อเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล โดยใช้ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนหรือคัดค้าน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ดีที่สุด

การสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ ดังนี้

1. แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการ คุณสมบัติหรือโครงสร้างที่มองไม่เห็น ทำให้เข้าใจแนวคิดหรือปรากฏการณ์ได้ง่ายขึ้น และทำให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้น

2. ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลองได้

3. ทำให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ของแบบจำลองในการทำนายผลของปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องหรือสอดคล้องกันได้

4. ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้ง ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้แสดงเหตุผล ผ่านการเสนอ ประเมิน และลงข้อสรุป โดยใช้แบบจำลองในการสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่าวอ้าง

5. ทำให้นักเรียนสามารถแสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้ผู้อื่นเข้าใจได้ และสามารถนำแบบจำลองไปใช้ในสถานการณ์หรือปรากฏการณ์อื่นๆได้

สรุปได้ว่า แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ใช้กระบวนการในการแสวงหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นแนวทางในการตั้งคำถาม สร้างสมมติฐาน ควบคุมตัวแปร ออกแบบ สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล ลงข้อสรุป และใช้การโต้แย้งในประเมิน และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง เพื่อใช้ในการบรรยาย การอธิบาย และการทำนายปรากฏการณ์

จากที่นำเสนอเกี่ยวกับการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในประเด็นต่างๆ แล้วนั้น ในลำดับต่อไปขอเสนอเกี่ยวกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4. การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (context-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และการเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงของนักเรียน โดยเน้นการจัดประสบการณ์ที่ใช้บริบทที่อยู่รอบตัวนักเรียนมาเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการ รวมทั้งเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีประเด็นที่นำเสนอ 5 ประเด็น ได้แก่ ความสำคัญของการใช้บริบทในวิชาวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ขอบเขตของบริบท และลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ในแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ความสำคัญของการใช้บริบทในวิชาวิทยาศาสตร์

ในปัจจุบันหลายประเทศมีการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการหลักสูตรวิทยาศาสตร์แยกความสนใจของนักเรียนออกจากสังคมและเทคโนโลยีและชีวิตประจำวันของนักเรียน สิ่งที่จะแก้ปัญหานี้ได้อย่างหนึ่งคือ การใช้บริบทอย่างมีความหมายในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้บริบทนั้นมีการนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาตลอดจนถึงระดับอุดมศึกษา โดยหลายประเทศได้สร้างหลักสูตรและพัฒนาหลักสูตรที่จัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบท เช่น หลักสูตร Chemistry in context (CiC) สำหรับระดับอุดมศึกษา ของประเทศสหรัฐอเมริกา หลักสูตร Salter Advanced Chemistry สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ของสหราชอาณาจักร หลักสูตร Industrial Chemistry สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ของประเทศอิสราเอล หลักสูตร Chemie in Context สำหรับระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย ของประเทศเยอรมันนี หลักสูตร Meaningful Chemistry สำหรับระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย ของประเทศเนเธอแลนด์ (Bennett & Lubben, 2006; Bulte et al., 2006; Hofstein & Kesner, 2006; Parchmann et al., 2006; Schwartz, 2006)

โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ได้ให้ความสำคัญกับการใช้สถานการณ์และบริบทด้วยเช่นกัน โดยเน้นย้ำว่าการรู้วิทยาศาสตร์คือ ความผูกพันกับวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่างๆ ที่หลากหลายในการจัดการกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การเลือกวิธีการที่ใช้มักจะขึ้นอยู่กับสถานการณ์ของประเด็นปัญหานั้น ปัญหาแบบเดียวกันแต่ถ้าอยู่ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน วิธีการเลือกใช้ก็จะต่างกัน การประเมินจึงไม่จำกัดที่ความรู้หรือความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ตาม

หลักสูตร แต่จะใช้วิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิต เช่น ตัวเอง ครอบครัว หรือเพื่อน จากสิ่งที่เป็นประเด็นที่ส่งผลกระทบต่อสังคม วัฒนธรรม สุขภาพ ชีวิตมนุษย์ วิทยาศาสตร์ที่เป็นข่าวในสื่อมวลชน หรือวิทยาศาสตร์ที่จะมีผลกระทบสืบเนื่องถึงสังคมโลกหรือต่ออนาคต (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: 65-66)

บริบทมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากบริบทช่วยทำให้นักเรียนเห็นความเกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้จากสิ่งที่ได้เรียนในห้องเรียน หรือเป็นการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม ความสนใจ และความคิดซึ่งจะทำให้กระบวนการเรียนรู้นั้นประสบความสำเร็จ (Parchmann et al., 2006: 1046) อีกทั้งบริบทที่เกี่ยวกับกิจกรรมนอกห้องเรียนช่วยเพิ่มความสนใจของนักเรียน ประชาชนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันมากกว่าปัญหาที่ถูกกำหนดไว้ และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ดีกว่าปัญหาวิทยาศาสตร์เพียงหนึ่งเดียว การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานทำให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และชีวิตประจำวันของนักเรียน (Köse & Tosun, 2011: 108)

การสอนโดยใช้บริบทและการเชื่อมโยงกับชีวิตจริงนั้นเป็นประเด็นที่สำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์ปัจจุบัน (Bennett, Lubben, & Hogarth, 2007; Fensham, 2009) การใช้ประเด็นทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับตัวนักเรียน ครอบครัว และเพื่อน จะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจวิทยาศาสตร์ได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น และยังช่วยสนับสนุนแรงจูงใจและการเรียนรู้ของนักเรียนอีกด้วย (Bennett et al., 2007) อีกทั้งช่วยสนับสนุนความเข้าใจมโนทัศน์ ทำให้นักเรียนสนใจในวิชามากขึ้น และทำให้นักเรียนที่มีเจตคติทางลบกลับมามีเจตคติทางบวกได้ (Arroio, 2010: 139-140)

นอกจากนี้ Gilbert et al. (2011: 817-818) กล่าวว่า ปัญหาสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่สำคัญมี 5 ประการ คือ

1. หลักสูตรที่กว้างและมีเนื้อหามากเกินไป และข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ต่างๆ แยกกัน และไม่สัมพันธ์กับตัวนักเรียน
2. เนื้อหาหลักสูตรแยกกันเป็นท่อนๆ ไม่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่างแนวคิดต่างๆ
3. นักเรียนไม่สามารถถ่ายโยงความรู้จากสถานการณ์หนึ่งไปยังสถานการณ์อื่นๆ ได้
4. ความรู้ที่สอนนักเรียนมักไม่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน
5. นักเรียนสับสนเกี่ยวกับเหตุผลว่าทำไมนักเรียนต้องเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การแก้ไขปัญหาเหล่านี้ นักเรียนต้องเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งเพื่อจะได้สามารถถ่ายโยงความรู้ระหว่างบริบทหนึ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ก่อนไปยังบริบทอื่นๆ ได้ และนักเรียนจะเห็นคุณค่าของความสัมพันธ์ระหว่างบริบท ซึ่งจะช่วยพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ในเรื่องที่เรียนได้ดีขึ้น และสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ โดยวิธีการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐาน นั้นมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาของการศึกษาวิทยาศาสตร์เหล่านี้ได้ ซึ่งไม่เพียงแต่นักเรียนจะเข้าใจประเด็นความรู้ที่

เกี่ยวข้องกับบริบทแล้วยังสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ โดยบริบทที่เลือกใช้นั้นควรมีความเหมาะสมกับนักเรียนจะทำให้นักเรียนรู้ว่าทำไมต้องเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเลือกบริบทที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของหลักสูตร เพื่อช่วยแก้ปัญหาเรื่องหลักสูตรที่มีเนื้อหามากเกินไปด้วย (Gilbert et al., 2011: 817-818)

สรุปได้ว่า การสอนโดยใช้บริบทและการเชื่อมโยงกับชีวิตจริงนั้นเป็นประเด็นที่สำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์ปัจจุบัน การใช้บริบทในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นได้มีการนำมาใช้ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศต่างๆ เนื่องจากช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ช่วยสนับสนุนแรงจูงใจและการเรียนรู้ของนักเรียน ช่วยสนับสนุนความเข้าใจมโนทัศน์ ทำให้นักเรียนสนใจในเนื้อหาวิชามากขึ้น และทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

จากที่นำเสนอเกี่ยวกับความสำคัญของการใช้บริบทในวิชาวิทยาศาสตร์มาแล้วนั้น ในลำดับต่อไปขอเสนอทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2 ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน

แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน (context-based learning) มีเป้าหมายสำคัญเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีความสนใจในการเรียน ตระหนักถึงความสำคัญในสิ่งที่เรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสนใจการศึกษาต่อทางวิทยาศาสตร์ และที่สำคัญคือการมุ่งพัฒนานักเรียนให้เป็นพลเมืองที่เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Scienctific literacy) ซึ่งแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีรากฐานจากทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ (Social Constructivism) (Bennett and Holman, 2003 อ้างถึงใน เอกรัตน์ ศรีตัญญู, 2555: 37) ที่มองว่านักเรียนนั้นเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และการเรียนรู้ของนักเรียนเกิดขึ้นในบริบทของสังคมและวัฒนธรรม ดังนั้นเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูและสิ่งแวดล้อมรอบตัวนักเรียนจึงมีอิทธิผลต่อการเรียนรู้ บริบทจะต้องสนับสนุนเขตใกล้เคียงของการพัฒนาการ (The Zone of Proximal Development) ซึ่ง Vygotsky (1978: 86) กล่าวว่า The Zone of Proximal Development หรือ ZPD เป็นช่วงหรือระยะห่างระหว่างระดับพัฒนาการทางปัญญาที่แท้จริง (actual development) ที่พิจารณาได้จากการที่บุคคลสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง และระดับศักยภาพของพัฒนาการ (the level of potential development) ที่พิจารณาได้จากความสามารถที่บุคคลจะสามารถแก้ปัญหาได้เมื่อได้รับคำแนะนำหรือข้อความรู้จากครู ผู้ใหญ่หรือเพื่อนที่มีศักยภาพมากกว่า การพัฒนาทางสติปัญญาของมนุษย์ต้องการความช่วยเหลือที่จะทำให้

เกิดผลสำเร็จของงานในเขตพัฒนาสูงสุดของแต่ละคน บริบทจะต้องสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นครูจึงต้องคอยเป็นผู้พัฒนาและช่วยเหลือนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้มากที่สุด

นอกจากนี้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานยังอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้ตามสถานการณ์จริง (situated learning) ที่เน้นการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำเสนอความรู้หรือมโนทัศน์ผ่านสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่อยู่ในชีวิตประจำวันของนักเรียน (McLellan, 1996) ซึ่งการเรียนรู้ตามสถานการณ์จริงอยู่ภายใต้กรอบของทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ โดยการเรียนรู้ดังกล่าวนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานว่าสิ่งแวดล้อมทางภายภาพ สังคม และจิตวิทยาทั้งภายในและภายนอกของนักเรียนมีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน สิ่งแวดล้อมจะเหมาะสมที่สุดเมื่อนักเรียนและครูเข้าไปมีส่วนร่วมกับกิจกรรมของสังคมหรือสิ่งแวดล้อมนั้น ซึ่งจะช่วยพัฒนาความเข้าใจมากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะเกิดจากการปฏิสัมพันธ์ การอภิปราย การพูดคุย และในที่สุดครูและนักเรียนจะเห็นคุณค่ากับสิ่งที่ตนเองเข้าไปมีส่วนร่วมและเข้าใจการเรียนรู้ของตนเอง (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2558: 155-156)

สรุปได้ว่า แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีรากฐานมาจากทฤษฎีโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ซึ่งเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และการเรียนรู้ของนักเรียนเกิดขึ้นในบริบทของสังคมและวัฒนธรรม ดังนั้นเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูและสิ่งแวดล้อมรอบตัวนักเรียนจึงมีอิทธิผลต่อการเรียนรู้ และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานยังอยู่บนพื้นฐานของการเรียนรู้ตามสถานการณ์จริง ที่เน้นการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำเสนอความรู้หรือมโนทัศน์ผ่านสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่อยู่ในชีวิตประจำวันของนักเรียน

จากข้างต้นที่ได้นำเสนอเกี่ยวกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานของการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ในลำดับต่อไปขอเสนอความหมายของการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

Chulalongkorn University

4.3 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

คำว่า บริบท (context) มีนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายความหมายไว้ดังนี้

Bennett (2005: 2) กล่าวว่า บริบท หมายถึง สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีและอุตสาหกรรม ส่วน De Jong (2008: 1) กล่าวว่า บริบทหมายถึง สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ช่วยทำให้เข้าใจแนวคิด หลักการ กฎ และสิ่งต่างๆ สอดคล้องกับ Gilbert (2006: 960) กล่าวว่า บริบทนั้นหมายถึง สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยให้เข้าใจเหตุการณ์ แนวคิด คำศัพท์ต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น

กล่าวโดยสรุปได้ว่า บริบท หมายถึง สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยทำให้เข้าใจคำศัพท์ เหตุการณ์ แนวคิด หลักการ กฎ และสิ่งต่างๆ ได้มากขึ้น

นักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายความหมายของการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานไว้ ดังนี้

Center for Occupation Research and Development (1999: 3) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เป็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการที่นักเรียนนำข้อมูลหรือความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้นจากโครงสร้างทางความคิดของตนเองไปสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันของบุคคลนั้น เช่นเดียวกับ Bennett (2005: 2) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ใช้บริบทหรือประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนหรือการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นจุดเริ่มต้นหรือผลักดันในการพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ Glynn and Koballa (2005: 75) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานนั้น เป็นการใช้มโนทัศน์และกระบวนการในบริบทชีวิตจริงเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียนที่หลากหลาย และ Williams (2007: 868) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เป็นวิธีการสอนที่เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ทางวิชาการกับเงื่อนไขในชีวิตจริง และนักเรียนถูกกระตุ้นว่าสิ่งที่นักเรียนได้เรียนนั้นสัมพันธ์กับชีวิตของนักเรียนอย่างไร อีกทั้ง Overton (2007: 7) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรมที่อยู่รอบๆ ตัวของนักเรียน ครู และโรงเรียน

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบบริบทเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทที่เกี่ยวข้องกับปัญหา สถานการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันของนักเรียนโดยนักเรียนจะถูกกระตุ้นให้สร้างการเชื่อมโยงระหว่างความรู้และการประยุกต์ใช้ความรู้กับการดำเนินชีวิต และเมื่อนักเรียนเชื่อมโยงได้แล้วสามารถนำความรู้เหล่านี้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้

จากที่นำเสนอเกี่ยวกับความหมายของการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ในลำดับต่อไปขอเสนอขอบเขตของบริบท โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.4 ขอบเขตของบริบท

บริบทที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นมี 4 ขอบเขต ดังนี้ (Gilbert, 2006; De Jong, 2008: 1-2)

1. ขอบเขตด้านบุคคล (Personal domain) เป็นบริบทที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์หรือประเด็นต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียนโดยตรง เช่น บริบทเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพของบุคคลเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาเรื่องผลของสารที่เป็นพิษต่อร่างกาย

2. ขอบเขตด้านชุมชนและสังคม (Social and Society domain) เป็นบริบทที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์หรือประเด็นต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชุมชนและสังคม เช่น บริบทเกี่ยวกับผลกระทบจากฝนกรดเป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาเรื่องปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะ

3. ขอบเขตด้านการประกอบอาชีพ (Professional practice demain) เป็นบริบทที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์หรือประเด็นต่างๆ ในการประกอบอาชีพส่วนตัวและส่วนรวม เช่น บริบทเกี่ยวกับอาชีพนักเคมีวิเคราะห์ เชื่อมโยงกับเนื้อหาเรื่องกระบวนการตรวจสอบคุณภาพน้ำ อาหาร ยา

4. ขอบเขตด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Scientific and Technological domain) เป็นบริบทที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์หรือประเด็นที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น บริบทเกี่ยวกับกระบวนการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาเรื่องกระบวนการสืบสอบหาความรู้ในการทดลองในห้องเรียน

แม้ว่าบริบทจะมีหลากหลาย แต่ครูผู้สอนควรพิจารณาและเลือกบริบทให้เหมาะสมกับธรรมชาติและสังคมของนักเรียน โดยมีหลักในการเลือกดังนี้ (De Jong, 2008: 4-5)

1. ควรเป็นบริบทที่เป็นที่รู้จักดีของนักเรียน ซึ่งต้องมีความสัมพันธ์กับนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนรู้เนื้อหาที่ต้องการ เช่น บริบทด้านเทคโนโลยีเกี่ยวกับการสร้างอาวุธเคมีจะมีความเหมาะสมกับชั้นเรียนที่มีนักเรียนชายเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่บริบทเกี่ยวกับสมบัติหรือองค์ประกอบในเครื่องสำอางต่างๆ เช่น ลิปสติก จะมีความเหมาะสมกับชั้นเรียนที่เป็นนักเรียนหญิงเป็นส่วนใหญ่

2. บริบทต้องมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาและไม่แยกออกจากเนื้อหา โดยบริบทต้องสอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการสอน กล่าวคือ บริบทที่ใช้ต้องเป็นตัวแทนที่ดีของเนื้อหาหรือแนวคิด โดยควรทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาหรือแนวคิดนั้นได้อย่างชัดเจนและไม่เกิดความสับสน

3. บริบทไม่ควรมีความซับซ้อนมากนัก ควรเป็นบริบทที่เข้าใจง่ายและไม่ทำให้นักเรียนเกิดความสับสน หากบริบทที่ใช้ยากต่อการเข้าใจหรือประเด็นมากเกินไปที่จะให้วิเคราะห์ อาจทำให้นักเรียนไม่สนใจและไม่สามารถเชื่อมโยงถึงแนวคิดที่จะเรียนรู้ต่อไป

สรุปได้ว่า บริบทที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อยู่ใน 4 ขอบเขต คือ 1. ขอบเขตด้านบุคคล 2. ขอบเขตด้านชุมชนและสังคม 3. ขอบเขตด้านการประกอบอาชีพ 4. ขอบเขตด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งครูควรต้องพิจารณาและเลือกบริบทให้เหมาะสมกับลักษณะ และสังคมของนักเรียน โดยควรเป็นบริบทที่นักเรียนรู้จัก บริบทต้องสัมพันธ์กับเนื้อหา และบริบทไม่ควรมีความซับซ้อนมากนัก

จากที่นำเสนอเกี่ยวกับขอบเขตของบริบทและการเลือกบริบทไปแล้วนั้น ในลำดับต่อไปขอเสนอ ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.5 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เป็นการจัดประสบการณ์ให้กับนักเรียนโดยเริ่มต้นจากการใช้สถานการณ์ เหตุการณ์หรือประเด็นปัญหาเพื่อขับเคลื่อนกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจมโนทัศน์ ทักษะกระบวนการ และเจคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

De Jong (2008: 2-3) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานนั้นขึ้นอยู่กับลำดับการนำเสนอบริบทและมโนทัศน์หรือความรู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานแบบดั้งเดิม (Traditional context-based learning) การเรียนรู้แบบนี้จะเสนอบริบทตามหลังจากการเสนอมโนทัศน์ ซึ่งบริบทจะมี 2 หน้าที่คือ เป็นตัวอย่างประกอบมโนทัศน์ และทำหน้าที่เสนอความเป็นไปได้ที่นักเรียนจะสามารถประยุกต์ใช้ความรู้นั้น

2. การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานแบบร่วมสมัยใหม่ (Modern context-based learning) เป็นการนำเสนอบริบทก่อนนำเสนอมโนทัศน์ ซึ่งบริบทจะมี 2 หน้าที่ คือ บริบททำหน้าที่เป็นตัวกำหนดทิศทางหรือเหตุผลในการสอนมโนทัศน์ และทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้สิ่งใหม่

3. การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานแบบปัจจุบัน (Recent context-based learning) บริบทจะมาก่อนมโนทัศน์และบริบทจะตามหลังมโนทัศน์นั้นๆด้วย ซึ่งอาจเป็นบริบทอื่นๆ หน้าที่ของบริบทจึงทั้งใช้เป็นตัวอย่างประกอบ การประยุกต์ใช้ความรู้ กำหนดทิศทางและเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน จำเป็นต้องคำนึงถึงประเด็นดังต่อไปนี้ (Gilbert et al., 2011: 820-821; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2558: 156-157)

1. เหตุการณ์ที่ต้องการเน้น (Setting of focal events) นักเรียนต้องตระหนักและเห็นคุณค่าของสิ่งที่อยู่รอบข้างของตนเอง ทั้งทางสังคม วัฒนธรรมหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นซึ่งนักเรียนกำลังเผชิญอยู่ และเหตุการณ์นั้นมีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เช่น มลพิษในสระว่ายน้ำเป็นจุดเน้น โดยเหตุการณ์ที่อยู่รอบตัวนักเรียนอาจเป็นห้วย หนอง คลอง บึง หรือแม่น้ำที่เป็นสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ของนักเรียนแต่มีมลพิษ ซึ่งนักเรียนจะรู้สึกกังวลและมีส่วนร่วมกับปัญหามลพิษที่เกิดขึ้น นักเรียนจะรู้สึกตระหนักถึงสถานการณ์มลพิษและอยากเข้าไปมีส่วนร่วมในเรื่องนั้นด้วย

2. สิ่งแวดล้อมเชิงพฤติกรรม (Behavioral environment) การมีส่วนร่วมของนักเรียนโดยการเข้าไปมีส่วนร่วมทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแผนการศึกษาและวิจัย การวิเคราะห์ทาง

วิทยาศาสตร์ และทักษะการทดลองโดยการกระทำเหล่านี้จำเป็นต้องใช้แนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับตัวอย่างเรื่องมลพิษในสระน้ำ เมื่อนักเรียนเก็บตัวอย่างมาจากแม่น้ำหรือคลอง แล้วทำการทดสอบและตามด้วยการประเมินและตัดสินใจว่าน้ำนั้นปลอดภัยหรือไม่ ปลอดภัยสำหรับการว่ายน้ำหรือไม่ การกระทำนี้เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ แนวคิด ความสัมพันธ์ การคำนวณ ทักษะกระบวนการ และเจตคติ

3. ภาษาเฉพาะ (Specific language) สิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในกิจกรรมจะเป็นจุดเน้นที่ทำให้นักเรียนเกิดการพูดคุยกันในเรื่องวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนพูดคุยกันเรื่องค่า pH การวิเคราะห์แบบ colorimetric การวัดค่าความเข้มข้นของแบคทีเรีย E. coli และการเก็บตัวอย่างน้ำจากสระว่ายน้ำ ซึ่งคำว่าภาษานั้นไม่ได้จำกัดเฉพาะคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่รวมถึงภาษาที่ใช้ในการสื่อสารหรือสื่อความหมายของนักเรียน เช่น การใช้กราฟ การวาดภาพ การแสดงละคร

4. การเชื่อมโยงสถานการณ์กับความรู้เดิม (Extra-situational background knowledge) นักเรียนต้องสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมของตนกับเหตุการณ์ที่ต้องการเน้นเพื่อขยายความรู้ของนักเรียนให้มากขึ้น ดังนั้นสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ในกิจกรรมจะทำให้นักเรียนใช้คำศัพท์และคุ้นเคยกับคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งคำศัพท์เหล่านั้นล้วนมีความสัมพันธ์กับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะสามารถขยายความรู้และคำศัพท์จากการทำกิจกรรมเหล่านี้

ลักษณะสำคัญของแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีองค์กรทางการศึกษาและนักการศึกษาได้เสนอไว้ดังนี้

Center for Occupation Research and Development (1999: 3-6) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานไว้ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ (relating) การเรียนรู้จากบริบท (เหตุการณ์หรือสถานการณ์) ที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน

2. ประสบการณ์ (experiencing) การเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่มีการลงมือทำหรือปฏิบัติ (Hand-on activities) เช่น การทดลอง การสืบค้น การประดิษฐ์คิดค้นสิ่งต่างๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้หรือมโนทัศน์ใหม่ๆ

3. การประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง การประยุกต์ใช้มโนทัศน์หรือความรู้ไปสู่บริบทอื่นๆ ที่มีความหมายต่อนักเรียน เช่น การประกอบอาชีพ เหตุการณ์ในชีวิตจริง

4. การร่วมมือ (cooperating) หมายถึง การเรียนรู้ที่มีการร่วมมือกันทำงาน มีการตอบสนองและการติดต่อสื่อสารกับนักเรียนคนอื่นๆ เช่น การทำกิจกรรมการทดลองเป็นกลุ่ม

5. การถ่ายโยง (Tranferring) หมายถึง การทำความเข้าใจในสิ่งที่ได้เรียนรู้และสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ต่อไปได้

Gilbert (2006: 960-962) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานไว้ดังนี้

1. การกำหนดสถานการณ์ (setting focal event) ที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน หรือสถานการณ์ที่นักเรียนสนใจ เพื่อให้นักเรียนได้ระลึกถึงและอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์นั้นว่าเกิดขึ้นที่ไหน เมื่อไร อย่างไร และผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร รวมทั้งให้นักเรียนได้กำหนดปัญหาและคิดหาแนวทางการแก้ไขปัญหานั้นด้วย

2. การศึกษาค้นคว้าหรือการลงมือปฏิบัติภาระงาน (learning task) เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ดังกล่าว

3. การนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการลงมือปฏิบัติงาน (learning key concept) และมีการอภิปรายเกี่ยวกับเนื้อหาหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ โดยนักเรียนจะต้องคำนึงถึงความรู้เดิมและความรู้พื้นฐานของนักเรียนด้วย

4. การอภิปรายเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ความรู้ (recontextualise) หรือการอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์อื่นๆ หรือการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตประจำวันของนักเรียน

De Jong (2008: 6) เสนอลักษณะสำคัญของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ไว้ดังนี้

1. การนำเสนอบริบทนำ เพื่อทำให้นักเรียนตระหนักถึงความจำเป็นที่ต้องเรียนรู้ โดยให้นักเรียนตั้งคำถาม

2. การรวบรวมและปรับปรุงคำถามของนักเรียน เพื่อเตรียมนักเรียนสำหรับการค้นหาคำตอบโดยการเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องที่เกี่ยวข้อง

3. การทบทวนเนื้อหาจากการสืบค้นข้อมูล เพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างคำถามและข้อมูลที่อยู่ในหนังสือหรือข้อมูลจากการสืบค้น

4. การนำไปใช้ในบริบทอื่น เพื่อกระตุ้นนักเรียนให้มีการประยุกต์ใช้ความรู้

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีลักษณะสำคัญ 4 ประการ ได้แก่

1. การเรียนรู้จากบริบทที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน คือ ใช้บริบทที่เกี่ยวข้องหรือเป็นที่รู้จักคุ้นเคย ทั้งทางสังคม วัฒนธรรมหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นซึ่งนักเรียนกำลังเผชิญอยู่หรือสัมพันธ์กับนักเรียน

2. การสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้ คือ การให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่มีการลงมือปฏิบัติ โดยการสืบค้น การสำรวจ การทดลอง การสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบและสร้างความรู้ด้วยตนเอง

3. การปฏิสัมพันธ์กัน คือ การให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกัน มีปฏิสัมพันธ์กัน อภิปราย พูดคุย และแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน

4. การประยุกต์ใช้ความรู้ คือการให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในบริบทอื่นๆ ที่มีความหมายต่อนักเรียน

จากที่ได้กล่าวมาในประเด็นต่างๆ เกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การถ่ายโยงการเรียนรู้ แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มาแล้วนั้น ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

5. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอน เป็นแบบแผนของการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนรับรู้เกี่ยวกับข้อมูล ความคิด ทักษะ คุณค่า และครูสอนให้นักเรียนรู้ว่าจะเรียนรู้ได้อย่างไร ซึ่งมีประเด็นที่นำเสนอ 4 ประเด็น ได้แก่ ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน ลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอน องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนสอนมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมายของรูปแบบไว้ดังนี้

Joyce and Weil (2000: 6-7) กล่าวว่ารูปแบบการเรียนการสอนเป็นแบบหรือแผนที่นำไปใช้สำหรับช่วยในการจัดการเรียนการสอนหรือเป็นแนวทางในการสอนของครูที่จะช่วยให้นักเรียนได้ข้อความรู้ ความคิด ทักษะ ค่านิยม วิธีการคิด และวิธีการแสดงออกในการเรียนรู้ของตนเองให้ง่ายและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อีกทั้ง ทิศนา แขมมณี (2551: 475) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอน หมายถึงแบบแผนการดำเนินการจัดการเรียนการสอนที่ได้รับการจัดไว้อย่างเป็นระบบอย่างสัมพันธ์สอดคล้องกับทฤษฎี หลักการเรียนรู้ หรือการสอนที่รูปแบบนั้นยึดถือมีกระบวนการสอนที่มีลักษณะเฉพาะที่ได้รับการพิสูจน์ ทดสอบว่ามีประสิทธิภาพสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายเฉพาะของรูปแบบนั้นๆ

สรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนการสอน หมายถึงแบบแผนการดำเนินการสอนที่ได้รับการจัดอย่างเป็นระบบและสัมพันธ์สอดคล้องกับทฤษฎีหรือหลักการที่รูปแบบนั้นยึดถือ โดยอาศัยวิธีการสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ เข้ามาช่วยให้สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามหลักการที่ยึดถือ ครู

สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนของตนเองเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

จากที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับความหมายของรูปแบบการเรียนการสอน ต่อไปจะนำเสนอลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอน ดังนี้

5.2 ลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอน

การศึกษาลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอนของ ทิศนา แขมมณี (2551) และ Joyce and Weil (2000) สรุปได้ดังนี้

1. รูปแบบการเรียนการสอนมีแนวคิดหรือหลักการพื้นฐานจากแนวคิดทางการศึกษา ทฤษฎีการเรียนรู้ ทฤษฎีทางจิตวิทยา โดยแนวคิดพื้นฐานจะเป็นหลักหรือแนวทางในการเลือกกำหนดและจัดระเบียบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบให้สอดคล้องสัมพันธ์กัน

2. รูปแบบการเรียนการสอนมีองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่มีความเป็นเหตุเป็นผล สอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานของรูปแบบ การกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนจะขึ้นอยู่กับความรู้ ประสบการณ์ ของผู้พัฒนาที่จะต้องวิเคราะห์จนมองเห็นความสัมพันธ์กันอย่างสมเหตุสมผล โดยคำนึงถึงองค์ประกอบให้มีความสัมพันธ์และส่งผลโดยตรงต่อการเรียนรู้ของนักเรียน อีกทั้งรูปแบบการเรียนการสอนควรให้ความสำคัญกับองค์ประกอบทั้งหมด โดยแต่ละองค์ประกอบควรมีความสัมพันธ์ทัดเทียมกัน และมีบทบาทร่วมกัน จึงจะทำให้รูปแบบการเรียนการสอนนั้นๆ บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้

3. รูปแบบการเรียนการสอนต้องมีการพัฒนาและออกแบบอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นผลจากการออกแบบจัดองค์ประกอบอย่างมีขั้นตอนและเป็นระบบ เริ่มตั้งแต่การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลและองค์ประกอบการสอนที่เกี่ยวข้อง การกำหนดองค์ประกอบที่สำคัญและจำเป็น การจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบให้สอดคล้องสัมพันธ์กัน การนำแผนการจัดองค์ประกอบไปทดลองใช้จริงเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและยืนยันผลว่าสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในสิ่งที่ต้องการได้จริง

4. รูปแบบการเรียนการสอนมีผลต่อพัฒนาการของนักเรียนในด้านต่างๆ ของนักเรียน ซึ่งจะส่งผลแตกต่างกันออกไปตามแนวคิดและหลักการของรูปแบบนั้น

สรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนการสอนต้องมีหลักการหรือแนวคิดพื้นฐานที่ใช้เป็นแนวทางในการกำหนดและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบอย่างเป็นระบบ ซึ่งต้องมีผลต่อการพัฒนานักเรียนในด้านต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบนั้น

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของรูปแบบการเรียนการสอน ในลำดับถัดไปจึงขอเสนอเกี่ยวกับองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนว่าต้องมีองค์ประกอบอะไรบ้าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.3 องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน

จากการสังเคราะห์เอกสารต่างๆ พบว่า นักการศึกษาหลายท่านได้กำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนไว้คล้ายคลึงกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ทิศนา แขมมณี (2551: 219-220) ได้อธิบายองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนว่าประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอนนั้น 2) มีการบรรยายและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ 3) มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำนักเรียนไปสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้นๆ 4) มีการอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนนั้นๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้ง Joyce and Weil (2000: 13-14) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนการสอนประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) เป้าหมายของรูปแบบการเรียนการสอน อธิบายถึงสิ่งที่มุ่งพัฒนาหรือคุณลักษณะที่ต้องการให้เกิดกับนักเรียน 2) หลักการหรือแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของรูปแบบ 3) รายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการสอนหรือการดำเนินการสอน 4) การประเมินผลที่จะชี้ให้เห็นถึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบนั้น

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนจะต้องประกอบด้วย หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐาน จุดมุ่งหมาย ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และการประเมินผล โดยการออกแบบและพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้

จากที่กล่าวมาในเรื่ององค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนแล้ว ในลำดับถัดไปจึงขอนำเสนอกระบวนการในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.4 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

นักการศึกษาได้กล่าวถึงการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนไว้ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2551: 199-201) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนไว้ว่ามีขั้นตอนสำคัญ 10 ขั้นตอน ดังนี้

1) การกำหนดจุดมุ่งหมายในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนให้ชัดเจน

2) การศึกษาหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดองค์ประกอบและเห็นแนวทางในการจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน

3) การศึกษาสภาพการณ์และปัญหาที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ค้นพบองค์ประกอบที่สำคัญที่จะช่วยให้รูปแบบการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้จริง และช่วยป้องกันปัญหาอันจะทำให้รูปแบบการเรียนการสอนขาดประสิทธิภาพ

4) การกำหนดองค์ประกอบสำคัญของรูปแบบ โดยพิจารณาว่าสิ่งใดที่ช่วยให้เป้าหมายหรือจุดมุ่งหมายบรรลุผลสำเร็จ

5) การจัดกลุ่มองค์ประกอบ โดยนำองค์ประกอบที่กำหนดไว้มาจัดหมวดหมู่เพื่อความสะดวกในการดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

6) การจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ โดยพิจารณาว่าองค์ประกอบใดเป็นเหตุและเป็นผลขึ้นต่อกันในลักษณะใด สิ่งใดควรมาก่อนมาหลัง สิ่งใดสามารถดำเนินการคู่ขนานกันไปได้

7) การจัดผังรูปแบบ โดยแสดงลำดับขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน และแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน

8) การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้น

9) การประเมินผลรูปแบบการเรียนการสอนว่าบรรลุผลตามเป้าหมายหรือใกล้เคียงกับเป้าหมายมากน้อยเพียงใด

10) การปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอน โดยนำผลจากการทดลองใช้ไปปรับปรุงให้รูปแบบการเรียนการสอนนั้นดียิ่งขึ้น

Joyce and Weil (2000) ได้กล่าวถึงการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนว่ามี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) รูปแบบการเรียนการสอนต้องมีทฤษฎีรองรับ เช่น ทฤษฎีจิตวิทยาการเรียนรู้

2) เมื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแล้วก่อนนำไปใช้จะต้องมีการวิจัยเพื่อทดสอบทฤษฎีและตรวจสอบคุณภาพในเชิงการใช้ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและนำข้อค้นพบต่างๆมาปรับปรุงแก้ไข

3) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนอาจจะออกแบบให้ใช้ได้อย่างกว้างขวางหรือเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่ง

4) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนมีจุดมุ่งหมายหลักที่เป็นตัวตั้งในการพิจารณาเลือกรูปแบบไปใช้ คือ ถ้าผู้ใช้นำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้ตรงกันกับจุดมุ่งหมายหลักจะให้เกิดผลสูงสุดแต่ก็สามารถนำรูปแบบนั้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้ ถ้าเห็นว่าเหมาะสม

สรุปได้ว่า การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนนั้นจะต้องจัดทำอย่างเป็นระบบโดยการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสภาพหรือปัญหาจากเอกสาร การวิจัย หรือการสังเกต แล้วกำหนดหลักการ เป้าหมาย องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนอย่างมีความสัมพันธ์และเป็นเหตุเป็นผลกัน แล้วกำหนดแนวทางในการนำไปใช้ จากนั้นประเมินรูปแบบการเรียนการสอนโดยการทดสอบความมีประสิทธิภาพของรูปแบบ

จากที่ได้กล่าวมาในประเด็นต่างๆเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การถ่ายโยงการเรียนรู้ แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน และการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนมาแล้วนั้น ในลำดับสุดท้ายนี้จึงขอเสนอผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การถ่ายโยงการเรียนรู้ แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

อารยา ปาละโชติ (2551) ศึกษาการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิค fading scaffold เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่องสสารในชีวิตประจำวันเพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และศึกษาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้ต่อทักษะการให้เหตุผล ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง สารและสมบัติของสาร การจำแนกสาร สารละลาย การแยกสาร และสารละลายกรด-เบส กิจกรรมเป็นไปตามวัฏจักรการเรียนรู้ที่สอดแทรกเทคนิคการปรับความซับซ้อนของงาน (fading scaffold) โดยการออกแบบกิจกรรมที่เน้นการสืบสอบหาความรู้แบบเปิด ประกอบด้วย 7 กิจกรรม เป็นเวลา 23 คาบเรียน กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 43 คน กิจกรรมทั้งหมด 7 กิจกรรม เป็นระยะเวลา 23 คาบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบวัดทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ แบบสำรวจชั้นเรียน และแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้

ผลการวิจัยพบว่า 1) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากเรียนโดยใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลการวิเคราะห์

ข้อมูลไม่พบหลักฐานที่ยืนยันได้ว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มนี้สูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 2) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ 3) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากเรียนโดยใช้หน่วยการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและอยู่ในระดับสูง

สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ (2555) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อตัวแทนความคิดเรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา เพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์พื้นฐานสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 2) ศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง ปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์พื้นฐาน 3) เพื่อศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นในด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์พื้นฐาน และเจตคติต่อรายวิชาดาราศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ศรีสะเกษ จำนวน 28 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐาน รวมเวลาทั้งหมด 18 คาบ (2) แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเกี่ยวกับตัวแทนความคิดต่อปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐาน (3) แบบทดสอบความเข้าใจ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์พื้นฐาน (4) แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (5) แบบวัดเจตคติต่อรายวิชาดาราศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์พื้นฐานมีผลต่อ 1) ตัวแทนความคิดของนักเรียน โดยทำให้นักเรียนมีระดับความสมบูรณ์ของแนวคิดสูงขึ้น 2) ความเข้าใจปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์พื้นฐานหลังเรียนมีค่าสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าเฉลี่ยการพัฒนา (Normalized gain (<g>)) เท่ากับ 0.56 3) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน มีค่าสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่าเฉลี่ยการพัฒนา (<g>) เท่ากับ 0.44 และเมื่อพิจารณาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนในภาพรวมทุกด้าน มีค่าเท่ากับ 5.00 (33%) เมื่อเรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยรายด้าน พบว่าด้านการสรุปผลมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือด้านการแสดงโอกาส ด้านการแสดงความสัมพันธ์ ด้านการแสดงสัดส่วน และด้านการควบคุมตัวแปร ส่วนค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนในภาพรวมทุกด้าน มีค่าเท่ากับ 9.39 (63%) จากคะแนนดังกล่าวทำให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการในการให้เหตุผลเชิง

วิทยาศาสตร์สูงขึ้นในทุกด้าน 4) เจตคติต่อรายวิชาดาราศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Jensen (2008) ได้ศึกษาผลของการเรียนรู้แบบร่วมกันและการเรียนรู้แบบสืบสอบหาความรู้ที่มีต่อการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการสอน 2 วิธี คือ การเรียนรู้แบบสืบสอบหาความรู้และการสอนแบบไม่สืบสอบหาความรู้ (non-inquiry) ที่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง โดยจะแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1. กลุ่มที่มีสมาชิกที่มีลักษณะแตกต่างกันโดยใช้การสอนแบบสืบสอบหาความรู้ 2. กลุ่มที่มีสมาชิกที่มีลักษณะเหมือนกันโดยใช้การสอนแบบสืบสอบหาความรู้ 3. กลุ่มที่มีสมาชิกมีลักษณะแตกต่างกันโดยการสอนแบบไม่สืบสอบหาความรู้ 4.กลุ่มที่มีสมาชิกที่มีลักษณะเหมือนกันโดยใช้การสอนแบบไม่สืบสอบหาความรู้ โดยจะศึกษาระดับการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจบการเรียนการสอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ (The California Achievement Test), แบบทดสอบความเข้าใจทักษะพื้นฐาน (the Comprehensive Test of Basic Skills), แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ (The Science Subject Achievement Test), แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (The Classroom Test of Scientific Reasoning), และแบบทดสอบวิชาชีววิทยา (The NABT/NSTA Biology Exam)

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่มีสมาชิกที่มีลักษณะแตกต่างกันโดยใช้การสอนแบบไม่สืบสอบหาความรู้มีคะแนนเฉลี่ยของการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่มีสมาชิกเหมือนกัน และนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบหาความรู้จะมีการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบไม่สืบสอบหาความรู้ แสดงให้เห็นว่าการสอนแบบสืบสอบหาความรู้ให้ผลดีกว่าการสอนแบบไม่สืบสอบหาความรู้ในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล อีกทั้งการสอนแบบสืบสอบหาความรู้พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถต่ำจะมีการให้เหตุผลสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีสมาชิกลักษณะเหมือนกัน นอกจากนี้การสอนแบบสืบสอบทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในตัวเองมากขึ้นในการให้เหตุผลและมีเจตคติทางบวกต่อการเรียนรู้ร่วมกัน

Walker, Sampson, Grooms, Anderson, and Zimmerman (2010) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับการโต้แย้ง (ADI) ที่มีต่อแนวคิดเคมี ความสามารถในการใช้หลักฐาน การให้เหตุผล และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีวิชาปฏิบัติการเคมี แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่เรียนปฏิบัติการเคมีด้วยวิธีสอนแบบปกติ และกลุ่มที่เรียนปฏิบัติการเคมีด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับการโต้แย้ง (ADI) ผลการวิจัยพบว่า 1. นักศึกษากลุ่มทดลองมีแนวคิดเคมีไม่แตกต่างกับนักศึกษาที่เรียน

แบบปกติ 2. นักศึกษากลุ่มทดลองมีความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลสูงกว่านักศึกษาที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่พบว่าคะแนนของนักศึกษาอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากนักศึกษาส่วนใหญ่ใช้หลักฐานในการสนับสนุนข้อสรุปได้น้อย 3. มีความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับวิธีการจัดการเรียนการสอนที่มีต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักศึกษาเพศหญิงที่เรียนด้วยรูปแบบ ADI มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักศึกษาเพศหญิงที่เรียนด้วยวิธีปกติ ส่วนนักศึกษาเพศชายมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

She and Liao (2010) ได้ศึกษาการใช้รูปแบบการเรียนรู้สองสถานการณ์ (Dual Situated Learning Model) ร่วมกับการเรียนรู้ผ่านเว็บไซต์ (Web-Based Learning) เพื่อการสร้างและปรับแนวคิด และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียน เกรด 8 จำนวน 108 คน วิธีวิจัยแบบกึ่งทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอะตอม แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดการให้เหตุผลโดยอาศัยแนวคิดเรื่องอะตอม โดยจะเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียน หลังเรียน 1 สัปดาห์ และ 2 เดือนหลังจากเรียนแล้ว และสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละห้องๆ ละ 18 คน เพื่อวิเคราะห์ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการเปลี่ยนแปลงแนวคิด ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องอะตอม การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการเปลี่ยนแปลงแนวคิดมีการพัฒนาสูงขึ้น อีกทั้งยังพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วยสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงแนวคิด แสดงให้เห็นว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจสำคัญของการเปลี่ยนแปลงแนวคิดและกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงระหว่างชุดความคิดใหม่และชุดความคิดเก่าที่อยู่ในโครงสร้างความคิด

Kisiel et al. (2012) ได้ศึกษาหลักฐานการสนับสนุนของครอบครัวในด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีการปฏิสัมพันธ์ที่นิทรรศการสัตว์ งานวิจัยนี้สำรวจการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบริบทของนิทรรศการวิทยาศาสตร์บนฐานของวิชาฟิสิกส์ เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับนิทรรศการการอยู่อาศัยของสัตว์ที่สวนสัตว์และพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ ศึกษาจากวีดีโอของครอบครัว 41 ครอบครัว โดยทำกิจกรรม Tuch Tanks ที่พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ Southern California และ Central Oregon อยู่ทางชายฝั่งตะวันตกของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้นิทรรศการทั้งหมด 4 รูปแบบ คือ 1) Utilitarian design, primarily 2) vertebrates Naturalistic design, invertebrates 3) Naturalistic design, primarily invertebrates 4) Utilitarian design, invertebrates ซึ่ง Tuch Tanks เป็นการรวมทั้งศูนย์วิทยาศาสตร์และพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำไว้รวมกัน ซึ่งผู้ชมสามารถสังเกตและมีปฏิสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้โดยตรง ทำให้มีประสบการณ์กับลักษณะของสัตว์ทะเล

สัตว์น้ำที่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูสันหลัง งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นว่าครอบครัวช่วยสนับสนุนกิจกรรม Touch Tanks อย่างไร โดยระบุลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ที่แตกต่างอย่างชัดเจน

ผลการวิจัยพบว่า ในระหว่างการทำกิจกรรมต่างๆ แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมที่ช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น กิจกรรมการสร้างข้อกล่าวอ้าง สมาชิกกลุ่มสร้างข้อกล่างอ้างทันทีเมื่อสังเกต ซึ่งเกี่ยวข้องกับพฤติกรรม รูปร่าง หรือการสังเกตประเด็นอื่นๆ กิจกรรมท้าทายข้อกล่าวอ้าง สมาชิกกลุ่มตั้งคำถามที่เป็นข้อกล่าวอ้างของผู้อื่น และใช้หลักฐานที่สามารถมองเห็นได้ในการสนับสนุน กิจกรรมค้นหาหลักฐาน สมาชิกกลุ่มจะมองหาสิ่งที่เกี่ยวข้องที่เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง เพื่อเป็นการยืนยันข้อกล่าวอ้างนั้น เป็นต้น ซึ่งการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตช่วยสนับสนุนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างสมาชิกในครอบครัว และสมาชิกในครอบครัวมีส่วนร่วมในการสังเกต การสร้างข้อสรุป การค้นหาหลักฐาน การใช้ความรู้เดิม การสร้างและทดสอบคำทำนายและสมมติฐาน การสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งทำให้ทุกวันมีการพูดและคิดข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับสัตว์ โดยอาศัยการสังเกตและการปฏิสัมพันธ์กับสัตว์ ซึ่งเป็นบทบาทสำคัญของการสนับสนุนการปฏิบัติของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Piraksa et al. (2014) ได้ศึกษาผลของเพศต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กรณีศึกษาในประเทศไทย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 400 คน จาก 4 โรงเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (LCTSR) ของ Lawson จำนวน 24 ข้อคำถาม โดยการสำรวจความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 6 ด้าน คือ 1) การอนุรักษ์เชิงมวลและปริมาตร (Conservation of Mass and Volume) 2) การคิดเชิงสัดส่วน (Proportional Thinking) 3) การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Control of Variables) 4) การคิดเชิงความน่าจะเป็น (Probabilistic Thinking) 5) การคิดเชิงความสัมพันธ์ (Correlational Thinking) 6) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานนิรนัย (Hypothetical-deductive Reasoning) ซึ่งจะวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ paired t-test ในการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างเพศ

ผลการวิจัยพบว่า เพศไม่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละด้าน และพบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานนิรนัย การกำหนดและควบคุมตัวแปร การคิดเชิงสัดส่วน มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งการที่นักเรียนมีความสามารถด้านการคิดเชิงสัดส่วนต่ำแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ในระดับต่ำ และการที่ความสามารถด้านการกำหนดตัวแปรมีคะแนนต่ำแสดงให้เห็นว่าการเรียนการสอนขาดการเน้นการปฏิบัติการทดลอง อีกทั้ง

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการออกแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการสนับสนุนเนื้อหาความรู้เพียงอย่างเดียวนั้นอาจจะไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนั้นควรจะต้องพัฒนาหลักสูตรที่เน้นการสนับสนุนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยเฉพาะด้านการคิดเชิงสัดส่วน การกำหนดตัวแปรควบคุมด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานนิรนัย

สรุปได้ว่า การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นส่วนใหญ่ครูจะจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพื่อให้มีประสบการณ์ตรงจากการเห็น สัมผัส หรือได้ยิน เช่น การทำกิจกรรมที่พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ อีกทั้งนำแนวคิดการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้แบบร่วมกัน รูปแบบการเรียนรู้สองสถานการณ์ (Dual Situated Learning Model) ร่วมกับการเรียนรู้ผ่านเว็บไซต์ (Web-Based Learning) การสอดแทรกการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิค fading scaffolding เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งพบว่าการสอนแบบสืบสอบหาความรู้ช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในตนเองมากขึ้นในการให้เหตุผล การปฏิสัมพันธ์กับบุคคลและสิ่งแวดล้อมช่วยสนับสนุนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ อีกทั้งพบว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นมีผลทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกด้วย และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาการเปลี่ยนแปลงแนวคิด และงานวิจัยที่ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยพบว่า เพศไม่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ อีกทั้งพบว่า นักเรียนไทยมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ

จากการทบทวนงานวิจัยข้างต้นเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่า มีการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบต่างๆ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นเพียงการศึกษาระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านต่างๆ โดยแปลความออกมาเป็นคะแนนเท่านั้น แต่ไม่มีการศึกษาถึงลักษณะของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในเชิงลึกของนักเรียนว่าเป็นอย่างไร และควรจัดกิจกรรมอย่างไรเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโยงการเรียนรู้

ปรัชญานันท์ นิลสุข (2544) ได้ศึกษาผลของการเชื่อมโยงและรูปแบบเว็บเพจใจการเรียนการสอนด้วยเว็บที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การแก้ปัญหา และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักศึกษาที่มีกระบวนการเรียนรู้ต่างกัน โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ 2 แบบ คือ กระบวนการเรียนรู้แบบลึก และกระบวนการเรียนรู้แบบตื้น และใช้รูปแบบเว็บเพจ 2 แบบ คือ เว็บเพจแบบลำดับ และเว็บเพจแบบแถบเลื่อน กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ สถาบันราชภัฏ จำนวน 120 คน เรียนจากการเรียนการสอนด้วยเว็บ 4 แบบ คือ รูปแบบเว็บเพจแบบลำดับที่มีการเชื่อมโยงน้อย รูปแบบเว็บเพจแบบลำดับที่มีการเชื่อมโยงมาก รูปแบบเว็บเพจแบบแถบเลื่อนที่มีการเชื่อมโยงน้อย และรูปแบบเว็บเพจแบบแถบเลื่อนที่มีการเชื่อมโยงมาก ผลการศึกษา พบว่า นักศึกษาที่เรียนจากรูปแบบเว็บเพจที่มีการเชื่อมโยงมากมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษาที่เรียนจากรูปแบบเว็บเพจที่มีการเชื่อมโยงน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักศึกษาที่มีกระบวนการเรียนรู้แบบตื้นเรียนจากรูปแบบเว็บเพจแบบลำดับที่มีการเชื่อมโยงน้อย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษากลุ่มที่มีกระบวนการเรียนรู้ลึกเรียนจากรูปแบบเว็บเพจแบบลำดับที่มีเชื่อมโยงมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบเว็บเพจกับการเชื่อมโยงที่มีผลต่อการถ่ายโยงการเรียนรู้ ส่วนนักศึกษาที่มีกระบวนการเรียนรู้ต่างกัน เรียนจากรูปแบบเว็บเพจต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีผลการแก้ปัญหาและมีผลการถ่ายโยงการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน

วิภาวรรณ วงษ์สุวรรณ์ คงเผ่า (2548) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีขยายความคิดของเรเกลลูท เพื่อส่งเสริมความแม่นยำด้านเนื้อหาความรู้ ความชำนาญในการปฏิบัติงาน และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 75 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 45 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 คน ใช้เวลา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มทดลอง โดยการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความแม่นยำด้านเนื้อหาความรู้ และความชำนาญในการปฏิบัติงานสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้หลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพพบว่า การเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาสาระแต่ละหัวข้อในวิชาที่เรียน เนื้อหาสาระของวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกัน และนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปเชื่อมโยงใช้ในชีวิตประจำวันได้ดี และยังช่วยพัฒนานักเรียนในด้านต่างๆ ได้แก่

ความสามารถในการสังเคราะห์และสรุปความ ด้านการถ่ายโยงการเรียนรู้ ด้านความสามารถในการให้เหตุผล และด้านความชำนาญในการปฏิบัติงาน

Georghiades (2000) ได้ศึกษาการถ่ายโยงการเรียนรู้ ความคงทนในการเรียนรู้ และอภิปัญญา กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนเกรด 5 โรงเรียนประถมศึกษาของรัฐบาลในไซปรัส จำนวน 68 คน เรียนเนื้อหาเรื่อง ไฟฟ้า งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการถ่ายโยงการเรียนรู้และความคงทนในการเรียนรู้ของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ใหม่ที่ได้รับและการสำรวจผลทางบวกของการสอนอภิปัญญา ใช้เวลา 5 สัปดาห์ การวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง กลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยกิจกรรมอภิปัญญามีนักเรียนจำนวน 34 คน และกลุ่มควบคุมมีนักเรียนจำนวน 34 คนเช่นเดียวกัน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบทดสอบแบบเขียนตอบและการสัมภาษณ์ โดยทำการศึกษาใน 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ระยะที่ 1 หลังจากเรียนแล้ว 1 สัปดาห์ ระยะที่ 2 หลังจากเรียนแล้ว 2 เดือน และระยะที่ 3 หลังจากเรียนแล้ว 8 เดือน หรือจบปีการศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถของนักเรียนโดยรวม ในกลุ่มเล็กที่มีสมาชิก 4 คน นักเรียนสามารถเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบอภิปัญญาได้ดีกว่าการเรียนแบบรวมทั้งห้องเรียน เนื่องจากการทำงานกลุ่มย่อยนักเรียนสามารถอภิปราย สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นรายบุคคล และบันทึกความก้าวหน้าในการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยิ่งไปกว่านั้นนักเรียนรู้สึกปลอดภัยเมื่อถูกถามคำถามมากกว่าการเรียนรวมทั้งห้อง และพบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยอภิปัญญามีความสามารถสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างชัดเจนตลอดทั้ง 3 ช่วงเวลา แสดงให้เห็นว่า การสอนแบบอภิปัญญามีผลทางบวกต่อความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้และความคงทนในการเรียนรู้แม้เวลาจะผ่านไปหลายเดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Jacobson and Archodidou (2000) ได้ศึกษาการออกแบบเครื่องมือไฮเปอร์มีเดียสำหรับการเรียนรู้ในด้านการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อน มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลลัพธ์การเรียนรู้ในด้าน ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับลึก การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ และการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยพัฒนากรอบการทำงานมีเดียความรู้ (the knowledge mediator framework: KMF) ซึ่งมีองค์ประกอบและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาทางสังคม กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อายุ 14-16 ปี จำนวน 8 คน โดยนักเรียนได้เรียนระบบไฮเปอร์มีเดียแบบ KMF ในการเรียน เรื่อง วิวัฒนาการของยุคนีโอดาวินเนียน ประกอบด้วยมโนทัศน์ 5 เรื่อง ได้แก่ ความหลากหลายของประชากร เงื่อนไขสิ่งแวดล้อม การคัดเลือกทางธรรมชาติ จุดกำเนิดของคุณสมบัติใหม่ รุ่นใหม่และเวลา และหัวข้อพิเศษเรื่อง criss-crossing นักเรียนใช้เวลาทำงาน 4 ชั่วโมง นักเรียนจะถูกบันทึกเสียงและบันทึกวีดิโอ แบ่งเป็น 3 กิจกรรมๆละ 2 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลองนักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง วิวัฒนาการสูงกว่าก่อนเรียน

อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ได้อย่างมีคุณภาพ และสามารถเก็บความรู้และถ่ายโยงการเรียนรู้นี้ได้ แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้โดยใช้ KMF สามารถช่วยพัฒนาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้

Mestre (2002) ศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์และการถ่ายโยงการเรียนรู้เรื่องกลศาสตร์โดยการตั้งปัญหา โดยใช้ประเด็นกฎอนุรักษ์พลังงานและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาในมหาวิทยาลัยที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน สาขาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพิตช์เบิร์ก จำนวน 8 คน แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การศึกษาการเชื่อมโยงหลักการกับบริบทของปัญหา และการตั้งปัญหาจากมโนทัศน์จากสถานการณ์จำลอง เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบทดสอบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่องกลศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่มีสถานการณ์ให้แล้วให้นักศึกษาหาวิธีการแก้ไขปัญหานั้น และแบบสำรวจเพื่อวัดการถ่ายโยงการเรียนรู้ เป็นแบบสำรวจที่มีการกำหนดมโนทัศน์หรือหลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา แล้วให้นักศึกษากำหนดปัญหาที่สอดคล้องกับหลักการที่กำหนด และสัมภาษณ์หลังจากทำแบบทดสอบแล้ว เพื่อให้นักศึกษาอธิบายมโนทัศน์ในการแก้ปัญหาจากแบบทดสอบ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่สามารถเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม แต่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และพบว่านักศึกษาขาดวิธีการในการจัดการมโนทัศน์ความรู้และขาดการเชื่อมโยงบริบทของปัญหากับการแก้ไขปัญหา

Johnson and Rutherford (2010) ศึกษาความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้วิชาเคมีและวิชาโลกศาสตร์ (Earth science) ของนักเรียนศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จำนวน 129 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาเคมีสำหรับครูประถมศึกษาจำนวน 83 คน และวิชาโลกศาสตร์สำหรับครูประถมศึกษาจำนวน 46 คน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ 1) แบบสำรวจเขียนตอบ เพื่อศึกษาความคาดหวังจากรายวิชาและประสบการณ์เกี่ยวกับการถ่ายโยงการเรียนรู้ 2) แบบสำรวจเชิงเนื้อหา เพื่อศึกษาการประยุกต์ความรู้ในวิชาเคมีกับบริบททางโลกศาสตร์ โดยให้เขียนอธิบายคำตอบ 3) แบบสำรวจเพื่อสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้และสิ่งที่ได้จากรายวิชา ผลการวิจัยพบว่า การสำรวจความคาดหวังจากรายวิชาและประสบการณ์เกี่ยวกับการถ่ายโยงการเรียนรู้สามารถจัดกลุ่มคำตอบได้เป็น 4 กลุ่ม คือ 1) ด้านผลการเรียน 2) ด้านความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ 3) ด้านความเข้าใจในวัตถุประสงค์ของรายวิชา 4) ด้านวิธีสอนและแหล่งการเรียนรู้ และพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่ให้ความสนใจการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยนักศึกษาจากทั้งสองกลุ่มยังไม่สามารถถ่ายโยงการเรียนรู้จากวิชาเคมีไปใช้ในบริบทของวิชาโลกศาสตร์ได้ นอกจากนี้ นักศึกษาที่เรียนวิชาโลกศาสตร์สามารถระบุแหล่งความรู้ในการตอบคำถามได้โดยส่วนใหญ่มาจากความรู้ด้านโลกศาสตร์และฟิสิกส์ ส่วนนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมีสามารถระบุแหล่ง

ความรู้ในการตอบคำถามได้โดยส่วนใหญ่มาจากความรู้ด้านเคมีและฟิสิกส์ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า นักศึกษาส่วนใหญ่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้เฉพาะในบริบทที่ตนเองคุ้นเคยเท่านั้น

สรุปได้ว่าการพัฒนาความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ นั้นครูใช้การจัดการเรียนการสอนหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบการเรียนรู้ตามทฤษฎีขยายความคิดของเรเกลลูท การสอนด้วยเว็บเพจ การสอนด้วยกิจกรรมอภิปัญญา การสอนแบบกรอบการทำงานมีเดียความรู้ (KMF) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา และจากการวิจัยยังพบว่า จากการศึกษาการถ่ายโยงการเรียนรู้เรื่องกลศาสตร์ พบว่านักเรียนยังขาดการจัดการความรู้และการเชื่อมโยงกับบริบทของปัญหา และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้วิชาเคมีและวิชาโลกศาสตร์นั้นพบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้เฉพาะในบริบทที่ตนเองคุ้นเคยเท่านั้น

จากการทบทวนงานวิจัยข้างต้นเกี่ยวกับการถ่ายโยงการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่า มีการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบต่างๆ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยจะเน้นที่ระดับความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ เปรียบเทียบกับการสอนแบบปกติ หรือเปรียบเทียบระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง แต่ไม่มีการศึกษาในเชิงลึกว่านักเรียนมีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้อย่างไร และไม่มีการศึกษาความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และไม่มีการศึกษาว่าควรจะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างไรที่จะส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงขึ้น หรืออะไรที่เป็นอุปสรรคในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

Chulalongkorn University

6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Windschitl and Thompson (2006) ได้ศึกษาผลกระทบของการเรียนการสอนของนักศึกษาครูเกี่ยวกับความเข้าใจการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) มีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่สนับสนุนให้เข้าใจบทบาทของแบบจำลอง ทฤษฎี และการโต้แย้งในการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาที่เรียนโปรแกรมการศึกษาที่มหาวิทยาลัยรัฐ ในแถบตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 21 คน ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การสังเกตแบบมีส่วนร่วม ผลงานของนักศึกษา การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ การบันทึกย่อ และแบบสอบถาม ใช้เวลาทั้งหมด 11 สัปดาห์

ผลการวิจัยพบว่า ก่อนทำกิจกรรมนักศึกษาครู 9 คน มีความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและหน้าที่ของแบบจำลองในระดับสูง และนักเรียน 12 คน มีความเข้าใจในระดับต่ำ และหลังการทำกิจกรรมพบว่า นักเรียน 14 คน มีคะแนนความเข้าใจแบบจำลองสูงขึ้น และพบว่าปัจจัยที่ทำให้นักศึกษาครูใช้การสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ยาก เนื่องจากนักศึกษาเชื่อว่าการสร้างแบบจำลองและการสืบสอบนั้นเป็นกระบวนการที่แยกจากกัน และพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถช่วยให้นักศึกษาครูพัฒนาความเข้าใจที่มีความซับซ้อนของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น และส่งเสริมการนำแบบจำลองไปใช้ในบทเรียนในห้องเรียนของนักศึกษาครู อย่างไรก็ตามพบว่านักศึกษาครูส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้แบบจำลองทางทฤษฎีในการสร้างการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ของนักศึกษาครู และพบว่ามีปัจจัย 2 ประการที่ช่วยสร้างความคิดเกี่ยวกับการสืบสอบ ได้แก่ ประสบการณ์ในการค้นคว้าที่มีมาก่อน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเข้าใจแบบจำลองและยังขึ้นอยู่กับความเชื่อของนักศึกษาครูเกี่ยวกับแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นไปสู่การสืบสอบ

Campbell et al. (2011) ศึกษาผลลัพธ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) การวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมของการเรียนการสอนแบบ MBI ที่ช่วยสนับสนุนให้นักเรียนสืบสอบหาความรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับแนวคิด และพัฒนากระบวนการทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาตร์ให้ดีขึ้น โดยการเปรียบเทียบการสอนแบบ MBI กับวิธีการสอนแบบสาธิตและการบรรยายแบบเดิม (Traditional Demonstration and Lecture: TDL) ในวิชาฟิสิกส์ของโรงเรียนมัธยมศึกษา 2 แห่ง โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 54 คน เป็นกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบ TDL จำนวน 26 คน และกลุ่มที่เรียนด้วย MBI จำนวน 28 คน โดยทั้งสองกลุ่มเรียนโดยครูคนเดียวกันที่มีประสบการณ์สอน 14 ปี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสำรวจ the Physics, Attitudes, Skills, and Knowledge Survey (PASKS) เพื่อศึกษาผลลัพธ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในด้านต่างๆ ได้แก่ ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และหลังจากการทดสอบหลังเรียน 1 เดือน

ผลการวิจัยพบว่า ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และหลังจากการทดสอบหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าคะแนนโดยรวมของกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบ MBI สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ มี

คะแนนสูงกว่าก่อนเรียน โดยเฉพาะในด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนสูงขึ้นมากเมื่อทดสอบครั้งสุดท้ายหลังจากการทดสอบหลังเรียนไป 1 เดือน

Campbell, Oh, and Neilson (2012) ได้ศึกษากลยุทธ์ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษารูปแบบและลำดับของวิธีการที่พบในการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และศึกษาฟังก์ชั่นของกลยุทธ์ของวิธีการที่พบในการสอนแบบ MBI เป็นการศึกษาการสอนฟิสิกส์ของครูนิลสันซึ่งมีประสบการณ์ในการสอน 15 ปีสอนนักเรียน 2 ห้องเรียน คือ ห้อง A และห้อง B กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาเกรด 9 อายุ 14-15 ปี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การบันทึกวีดิโอเป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำข้อมูลการบันทึกวีดิโอมาวิเคราะห์ข้อมูล การจัดการเรียนการสอนนั้นใช้การสำรวจในการดำเนินการระหว่างครูกับนักเรียนในชั้นเรียน มีความแตกต่างกันของการสำรวจ คือ 1) การสำรวจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยให้ครูและนักเรียนได้อธิบายปรากฏการณ์และการระบุลักษณะเฉพาะที่เป็นการอธิบายโดยแบบจำลอง 2) การสำรวจการสนทนามีแนวโน้มที่จะดึงความคิดของนักเรียนในเรื่องแรงจูงใจในการมีส่วนร่วมและการเริ่มต้นสร้างแบบจำลองของนักเรียน

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นในกิจกรรมต่างๆ เช่น การสนทนา (metadiscourse) การเจรจาต่อรอง (negotiating) การขยายความรู้ (elaborating) และการสร้างความรู้ใหม่ (reformulating) และบทบาทของครูมีความสำคัญต่อการสร้างแบบจำลองของนักเรียน และประเด็นการปฏิบัติในห้องเรียน MBI เป็นแบบยืดหยุ่น ซึ่งแสดงบทบาทอย่างกระตือรือร้นในการเรียนการสอนที่สำคัญ

Ogan-Bekiroğlu and Arslan (2014) ได้ศึกษาผลของการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาครูฟิสิกส์ ชั้นปีที่ 4 ของมหาวิทยาลัย State อายุประมาณ 23 ปี จำนวน 25 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 13 คน และกลุ่มควบคุม 12 คน โดยกลุ่มควบคุมจะได้รับการสอนแบบสืบสอบแต่ไม่มีการสร้างแบบจำลอง และกลุ่มทดลองจะได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นเวลา 10 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ (the Intregrated Process Skill Tests) เป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ ซึ่งวัด 5 ทักษะ ได้แก่ การกำหนดตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การตั้งสมมติฐาน การแปลความหมายข้อมูล การออกแบบการทดลอง และแบบทดสอบแนวคิดเรื่องแรง เป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ได้รับการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งนักศึกษาสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแบบจำลอง กำหนดตัวแปร ตั้งสมมติฐาน กำหนดนิยมเชิงปฏิบัติการ และแปลความหมายข้อมูลและกราฟได้ดีกว่าก่อนเรียน ส่วนคะแนนความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Wang et al. (2015) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในห้องปฏิบัติการเสมือนฟิสิกส์ มีจุดประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเปรียบเทียบกับการสอนแบบดั้งเดิม 2) เพื่อศึกษาผลของห้องปฏิบัติการเสมือนฟิสิกส์ (VPL) มีผลต่อการพัฒนาทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ 3) เพื่อศึกษาความแตกต่างของเพศในการพัฒนาทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) เพื่อศึกษาทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้โมดูลที่พัฒนามาจากการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและห้องปฏิบัติการเสมือนฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนมัธยมศึกษาเกรด 11 ประเทศจีน จำนวน 145 คน โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบดั้งเดิมจำนวน 49 คน นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจำนวน 48 คน และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและห้องปฏิบัติการเสมือนฟิสิกส์ (MBI-VPL) จำนวน 48 คน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบสอบถามการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคำถาม 15 ข้อ แบ่งการให้คะแนนเป็น 0-4 คะแนน

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) และวิธีการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและห้องปฏิบัติการเสมือนฟิสิกส์ (MBI-VPL) ช่วยพัฒนาทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับการสอนแบบดั้งเดิม ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยพัฒนาในด้านทักษะกระบวนการ ความรู้ความเข้าใจ เจตคติการเรียนรู้ ทักษะการสื่อสาร และทักษะการสะท้อนความคิดอย่างมีนัยสำคัญ และนักเรียนมีการพัฒนาทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันระหว่างเพศชายและหญิง โดยนักเรียนชายมีทักษะกระบวนการและทักษะความรู้ความเข้าใจสูงกว่านักเรียนหญิง ส่วนนักเรียนหญิงมีเจตคติในการเรียนรู้และทักษะการสื่อสารสูงกว่านักเรียนชาย

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนานักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาระดับ

ปริญญาตรี ซึ่งช่วยพัฒนานักเรียนในด้านต่าง ๆ เช่น ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสร้างและพัฒนาแบบจำลอง ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำให้นักเรียนเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นในระหว่างทำกิจกรรมต่างๆ

จากการวิจัยข้างต้น การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีนักการศึกษาและครูได้นำแนวคิดนี้มาใช้เพื่อพัฒนานักเรียนในด้านต่างๆ มากขึ้น แต่ยังไม่มีการวิจัยที่พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในบริบทของประเทศไทยว่าควรจะจัดการเรียนการสอนอย่างไรที่จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

6.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

จินดา พราหมณ์ชู และคณะ (2553) ได้ศึกษาผลของการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรีเขต 2 จำนวน 41 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ ครอบคลุมเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ถูกต้องเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น โดยก่อนเรียนมีนักเรียนเพียงร้อยละ 30.29 ที่มีมโนทัศน์ถูกต้อง ส่วนหลังเรียนนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 64.72 โดยมโนทัศน์เรื่อง พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเป็นมโนทัศน์ที่นักเรียนมีความเข้าใจเพิ่มมากที่สุด รองลงมาคือ มโนทัศน์เรื่องความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กฎอัตราและอันดับของปฏิกิริยา ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามลำดับ อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนครึ่งหนึ่งที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และกลไกของปฏิกิริยาเคมี

Bulte et al. (2006) ได้ศึกษาการใช้หลักสูตร Meaningful Chemistry หน่วยการเรียนรู้เรื่อง คุณภาพของน้ำ ที่ใช้การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน โดยบริบทที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนนั้นเกี่ยวกับคุณภาพของน้ำจากแหล่งต่างๆ เพื่อใช้ในการสอนเรื่องความเข้มข้นและวิธีการวิเคราะห์

คุณภาพของน้ำ การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนากรอบการจัดการเรียนการสอนที่ผสมผสานหลักการ need-to-know และวิเคราะห์กรอบแนวคิดเพื่อนำไปพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรื่องอื่น และศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น ซึ่งบริบทเรื่องคุณภาพน้ำนั้นเหมาะสมกับเป้าหมายการเรียนรู้ของนักเรียนที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้หน้าที่ของเคมีหรือวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริงในสังคม กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ประเทศเนเธอแลนด์ เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ การบันทึกวีดิโอเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนการสอน การสังเกตในห้องเรียน แบบสอบถามเพื่อถามนักเรียนหลังจากเรียนจบแต่ละหน่วย การสัมภาษณ์ รวมทั้งเก็บข้อมูลจากใบงานและแบบฝึกหัดของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานทำให้นักเรียนเกรด 10 มีความสนใจในการเรียนวิชาเคมีสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าชอบเรียนวิชาเคมีเพราะได้ทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อค้นหาความรู้หรือคำตอบด้วยตนเอง

Parchmann et al. (2006) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้การสอนโดยใช้บริบทเป็นฐาน ตามหลักสูตร Chemie im Kontext ซึ่งเป็นการนำบริบทเกี่ยวกับสิ่งที่อยู่ในชีวิตประจำวัน ปัญหาที่สำคัญทางสังคม อาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างและสมบัติของสาร พลังงาน ปฏิกิริยารีดอกซ์ สมดุลเคมี และอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนเกรด 10-11 ผลการวิจัยพบว่า ช่วงแรกของการเรียนการสอนนักเรียนทั้งสองกลุ่มทั้งกลุ่มที่เรียนด้วยหลักสูตร Chemie im Kontext และกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ มีความสนใจในวิชาเคมีในระดับที่ใกล้เคียงกัน แต่หลังจากจบหลักสูตรพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตร Chemie im Kontext มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาเคมีมากกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ โดยนักเรียนรู้สึกว่าการเรียนวิชาเคมีเป็นเรื่องที่สนุกสนานและวิชาเคมีทำให้ได้เรียนรู้เนื้อหาที่มีความหมายต่อตัวนักเรียน

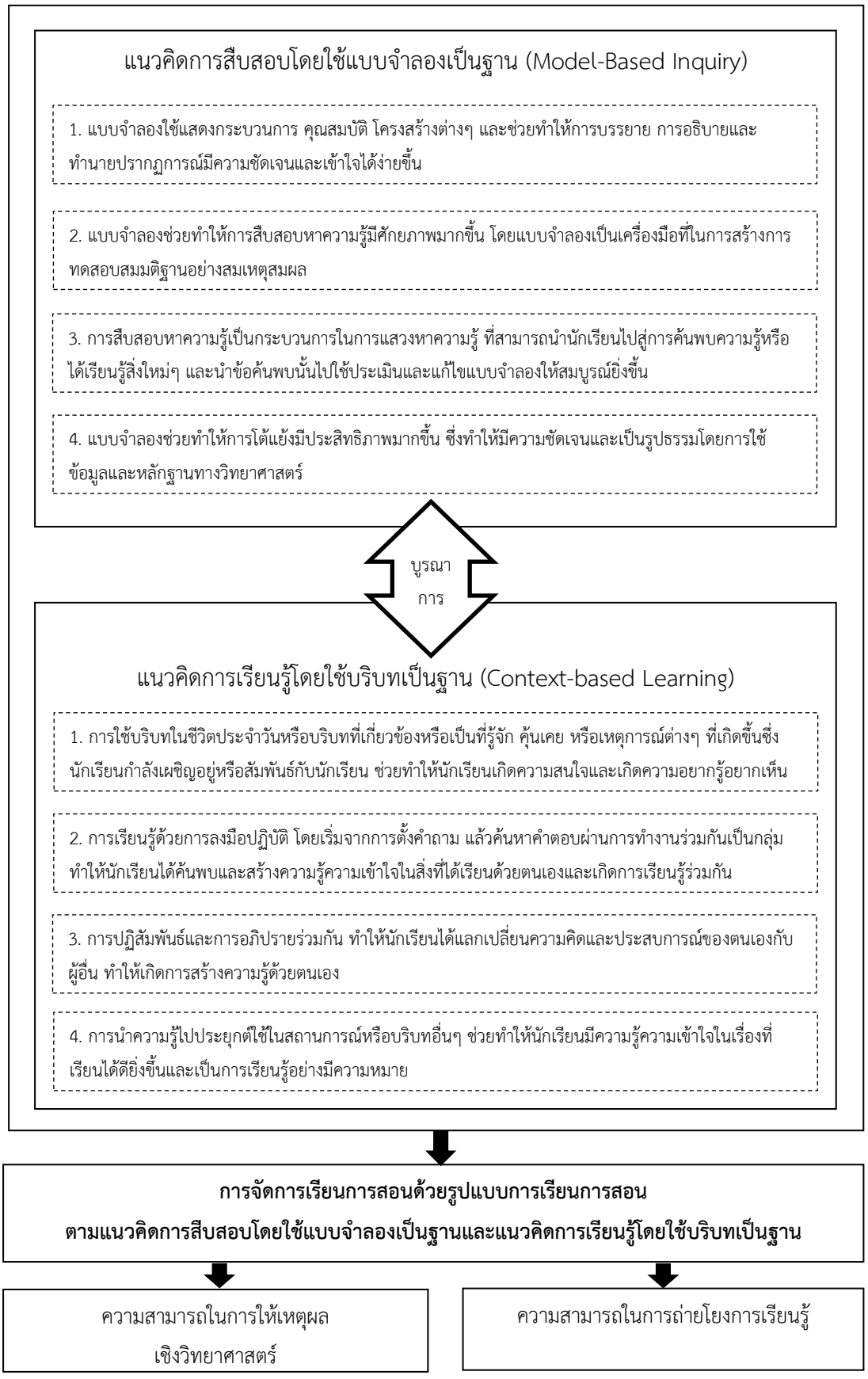
Köse and Tosun (2011) ศึกษาการพัฒนาวัสดุอุปกรณ์และการเรียนการสอนสำหรับครูและนักเรียนที่สอนและเรียนในวิชาชีววิทยาทั่วไปเรื่อง ระบบประสาท โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานและเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 37 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ เรื่อง ระบบประสาท จำนวน 17 ข้อ และแบบสอบถามความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐาน เป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ และคำถามปลายปิด จำนวน 8 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานมีความเข้าใจเรื่องระบบประสาทสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

Kuhn and Müller (2014) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานในการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาจากหนังสือพิมพ์ที่มีผลต่อแรงจูงใจและการเรียนรู้ของนักเรียน งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ 1. เพื่อศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานที่ใช้ปัญหาจากหนังสือพิมพ์ (newspaper story problems) มีแรงจูงใจมากกว่าการเรียนแบบปกติหรือไม่ อย่างไร 2. เพื่อศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานที่ใช้ปัญหาจากหนังสือพิมพ์ มีการเรียนรู้มากกว่าการเรียนแบบปกติหรือไม่ อย่างไร เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนเกรด 10 ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ประเทศเยอรมัน จากโรงเรียนทั้งหมด 6 โรงเรียน แบ่งเป็น 3 คู่โรงเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 122 คน อายุ 15-17 ปี แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง คือกลุ่มที่เรียนโดยใช้บริบทของปัญหาจากหนังสือพิมพ์ จำนวน 62 คนและกลุ่มควบคุมเป็กลุ่มที่เรียนแบบปกติ จำนวน 60 คน ใช้เนื้อหาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานไฟฟ้า เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบวัดแรงจูงใจและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้ปัญหาจากหนังสือพิมพ์ มีการพัฒนาแรงจูงใจสูงขึ้นอย่างมากและสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยเฉพาะด้านความตระหนักรู้ในตนเอง (self-concept) และนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม และพบว่า เมื่อเวลาผ่านไปหลายเดือนนักเรียนกลุ่มทดลองมีแรงจูงใจสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตอนเริ่มแรก ขณะที่กลุ่มควบคุมมีแรงจูงใจลดลงหลังจากเวลาผ่านไป

สรุปได้ว่า แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ช่วยพัฒนานักเรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ และแรงจูงใจในการเรียน ซึ่งมีการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐาน และการพัฒนาหลักสูตรโดยใช้บริบทเป็นฐาน ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในวิชาเคมี ฟิสิกส์ และชีววิทยา ซึ่งมีการใช้บริบทในลักษณะต่างๆ เช่น ปัญหาที่สำคัญทางสังคม อาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปัญหาจากหนังสือพิมพ์

จากการวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่า ครูนำแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมาใช้ในการพัฒนานักเรียนในด้านต่างๆ แต่ไม่มีการศึกษาว่าการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีผลต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้อย่างไร และยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานว่าควรจะจัดอย่างไรที่จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยและพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

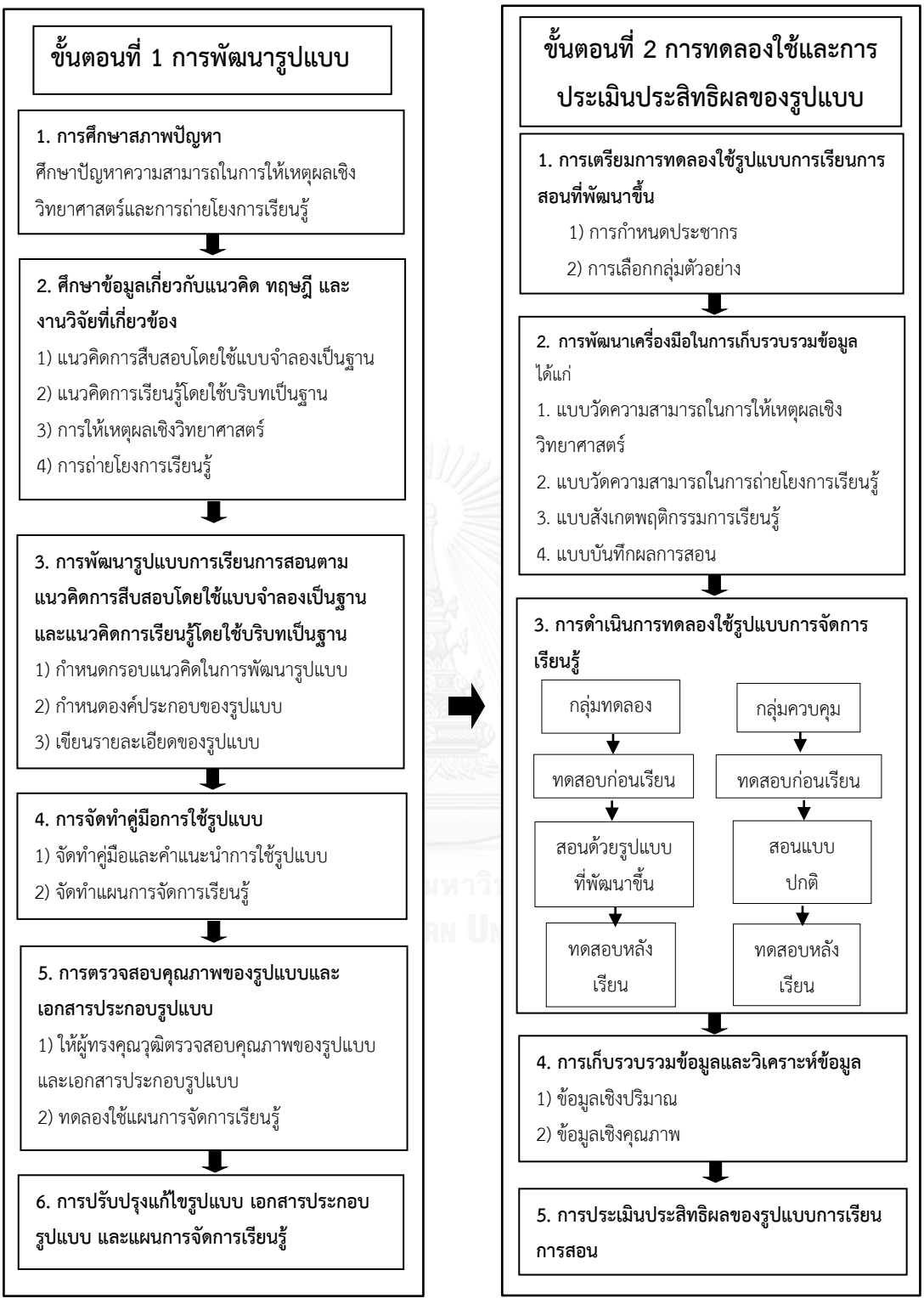
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน โดยการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่นำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน การจัดทำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนและการตรวจสอบคุณภาพ และขั้นตอนที่ 2 เป็นการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนโดยการพัฒนาเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน การดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอน มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีดังนี้

1. การศึกษาปัญหาด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
2. การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน
4. การจัดทำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน
5. การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนและเอกสารประกอบรูปแบบ
6. การแก้ไขปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนและเอกสารประกอบรูปแบบ

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีดังนี้

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



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

1. การศึกษาสภาพปัญหา

ศึกษาปัญหาด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากการการศึกษาเอกสารและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และการสังเกตในระหว่างการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวกับแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยรวบรวมจากเอกสาร แล้วนำผลการศึกษามาใช้ในการกำหนดแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยสังเคราะห์แนวการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ ดังแสดงในตารางที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้

ความสามารถของนักเรียน	แนวทางการจัดการเรียนการสอน
1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการแสดงความคิดเกี่ยวกับการสร้างหลักการ การวิเคราะห์ การหาความสัมพันธ์ของหลักการ กฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์หนึ่งๆ เพื่อใช้ในการแสดงข้อสรุป ข้อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งใช้การให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย โดยการให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นความสามารถในการใช้แนวคิดหลักการ กฎ ทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์มาสรุปหรืออธิบายเหตุการณ์ที่มีลักษณะเฉพาะที่สอดคล้องกันได้ และการให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นความสามารถในการหาข้อสรุปจากการสังเกตลักษณะร่วมของเหตุการณ์ย่อยๆ	1. ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์และพิจารณาไตร่ตรองว่าแต่ละข้อสรุปนั้นมีหลักฐานใดบ้างที่สนับสนุน และการสนับสนุนข้อสรุปนั้นเป็นอย่างไร เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผล 2. จัดการเรียนการสอนโดยใช้คำถามทางวิทยาศาสตร์ การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ การวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลความผลลัพธ์เพื่อลงข้อสรุป และนำเสนอผลในรูปแบบต่างๆ 3. สนับสนุนให้นักเรียนได้ร่วมอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน 4. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกแสดงเหตุผลได้อย่างหลากหลายในสถานการณ์ต่างๆ
2. การถ่ายโยงการเรียนรู้ เป็นความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ที่เรียนรู้จากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์ที่มีบริบทแตกต่างไปจากสถานการณ์เดิม และนักเรียนตระหนักรู้ว่าตนเองได้ใช้ความรู้นั้นในสถานการณ์ใหม่ โดยสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้อย่างใกล้และอย่างไกล ซึ่งการถ่ายโยงการเรียนรู้อย่างใกล้ (Near transfer) เป็นความสามารถในการนำความรู้เดิมจากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม แต่องค์ประกอบของสถานการณ์เดิมไม่เหมือนกับสถานการณ์ใหม่ และการถ่ายโยงการเรียนรู้อย่างไกล (Far transfer) เป็นความสามารถในการนำความรู้เดิมจากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่บริบทแตกต่างออกไปจากสถานการณ์เดิมมาก และมีเงื่อนไขความซับซ้อนของสถานการณ์มากขึ้น หรือเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน	1. จัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดหลักการของความรู้ในเรื่องนั้นๆ อย่างเข้าใจ มีความชัดเจน จนสามารถสรุปเป็นหลักเกณฑ์หลักการ นักเรียนจึงจะสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์การเรียนรู้ใหม่ได้ 2. สร้างสถานการณ์ปัญหาหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของนักเรียนแต่ละคน 3. จัดการเรียนการสอนโดยการใช้ตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกับสิ่งที่นักเรียนเคยเรียนรู้ จะช่วยส่งเสริมการถ่ายโยงการเรียนรู้ 4. การใช้สถานการณ์หรือบริบทที่มีความสัมพันธ์กับนักเรียน และให้นักเรียนได้มีโอกาสนำความรู้ที่ได้เรียนรู้นั้นไปใช้ในสถานการณ์หรือบริบทอื่นๆ

3. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

3.1 กำหนดกรอบแนวคิดทฤษฎีและหลักการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน และประมวลสาระสำคัญจากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น นำมาสร้างกรอบแนวคิดของการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการถ่ายโยงการเรียนรู้

3.1.2 วิเคราะห์สาระสำคัญและหลักการของแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

3.1.3 วิเคราะห์ทฤษฎีการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

3.2 กำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน โดยองค์ประกอบและรายละเอียดของรูปแบบการเรียนการสอนกำหนดไว้ดังนี้

3.2.1 หลักการของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อให้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายของรูปแบบ ซึ่งหลักการของรูปแบบการเรียนการสอนได้มาจากการสังเคราะห์ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

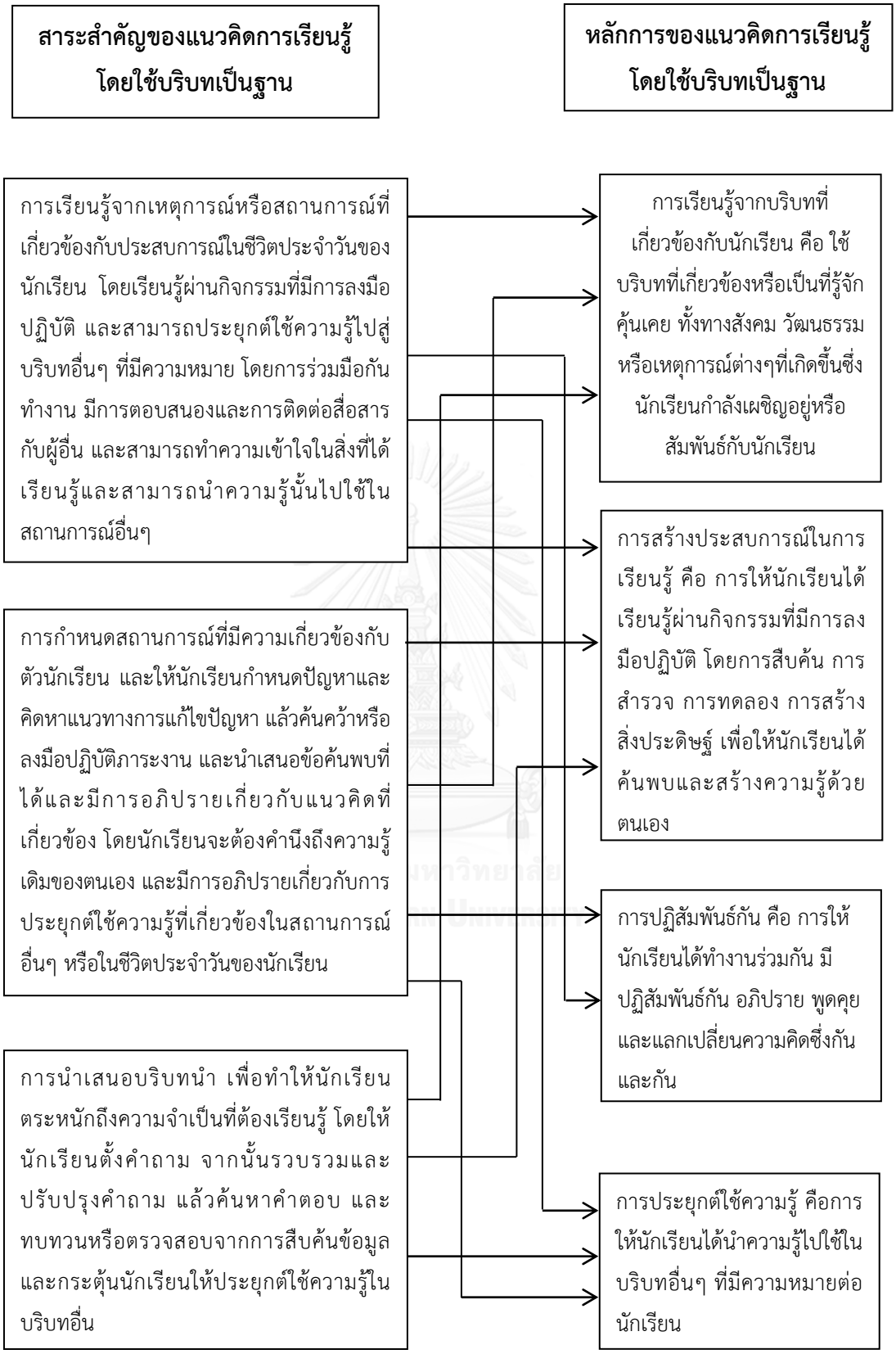
3.2.2 วัตถุประสงค์ของกระบวนการ ระบุถึงวัตถุประสงค์ที่ต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนหลังจากที่ได้นำรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้

3.2.3 การดำเนินการเรียนการสอน ระบุถึงองค์ประกอบด้านการดำเนินการเรียนการสอนซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน และกิจกรรมในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้

3.2.4 การวัดและประเมินผล ระบุถึงองค์ประกอบด้านการวัดและประเมินผลประกอบด้วยวิธีการวัดและการประเมินผลทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน

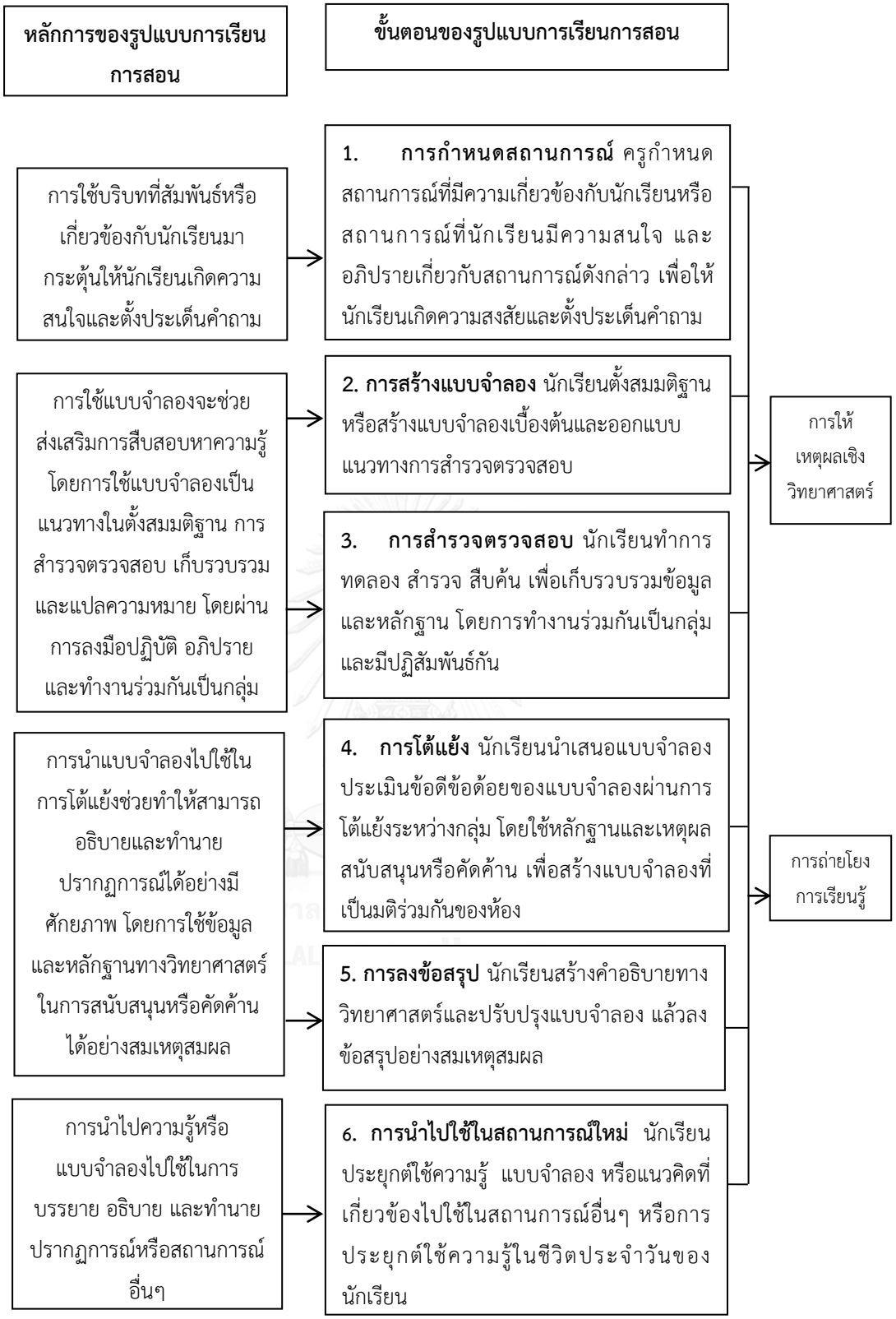
3.3 นำองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนมาสร้างความสัมพันธ์ จัดเรียงลำดับองค์ประกอบ เขียนรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบของกระบวนการเรียนการสอน

ภาพที่ 6 ผลการสังเคราะห์หลักการของแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน



ภาพที่ 7 ผลการสังเคราะห์หลักการของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

ภาพที่ 8 หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการ ขั้นตอน และวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

4. การจัดทำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

การจัดทำคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

4.1 การสร้างคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างคู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนเพื่อช่วยให้การดำเนินการจัดการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลตามรูปแบบการจัดการเรียนการสอนดำเนินไปได้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ และเพื่อให้ผู้สอนที่ต้องการนำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนนี้ไปทดลองใช้มีความเข้าใจความเป็นมาและองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน และสามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน รวมทั้งวัดและประเมินตามรูปแบบได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ คู่มือดังกล่าวประกอบด้วย

1) ทฤษฎี และแนวคิดพื้นฐานของรูปแบบการเรียนการสอน

2) หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน

3) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน

4) ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน

5) การวัดและประเมินการจัดการเรียนการสอน

6) แนวทางในการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปใช้

7) เงื่อนไขในการใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอน

4.2 การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น แต่ละแผนประกอบด้วย วัตถุประสงค์ เนื้อหา/สาระ กิจกรรมการจัดการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

5. การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอน และเอกสารประกอบรูปแบบ

การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอน และเอกสารประกอบรูปแบบ ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

5.1 ผู้วิจัยนำเอกสารรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เอกสารประกอบรูปแบบ และแผนการจัดการเรียนรู้ ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน (รายชื่อในภาคผนวก ก) ตรวจสอบแก้ไขและให้ข้อเสนอแนะโดยกำหนดคุณสมบัติของผู้ทรงคุณวุฒิต้องเป็นผู้ที่มีความชำนาญ

ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำผลการประเมินและข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอน เอกสารประกอบรูปแบบ และแผนการจัดการเรียนรู้ รายละเอียดแสดงในบทที่ 4

5.2 ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองสอนกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในสภาพการเรียนการสอนจริง ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน 2 ครั้ง ดังนี้

5.2.1 ผลการทดลองสอนครั้งที่ 1 พบว่า ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดสถานการณ์ นักเรียนใช้เวลาเกินจากที่กำหนด ประมาณ 5-6 นาที เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถตั้งคำถามจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยนักเรียนไม่เข้าใจว่าจะต้องตั้งคำถามอย่างไร และขั้นที่ 2 ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลองนักเรียนใช้เวลาในการสร้างแบบจำลองนานกว่าเวลาที่กำหนด มีนักเรียนหลายกลุ่มถามครูว่าจะต้องวาดอย่างไร ขั้นที่ 3 ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เคยนำเสนอประเด็นหรือโต้แย้งระหว่างกัน และไม่กล้าพูดและไม่กล้าอธิบาย ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปความรู้ นักเรียนใช้เวลาในการปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มและครูให้นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอคำอธิบายจึงใช้เวลาค่อนข้างนาน และขั้นที่ 5 ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ นักเรียนบางคนไม่ทำกิจกรรมตามคำสั่งและใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานกว่าที่กำหนดมาก

หลังการทดลองสอนครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้นำผลที่ได้จากการทดลองไปปรับปรุงแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบที่กำหนด โดยขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดสถานการณ์ โดยปรับให้เป็นการตั้งคำถามร่วมกันภายในกลุ่ม กลุ่มละ 2-3 คำถาม และครูใช้คำถามนำที่สามารถเป็นแนวทางให้นักเรียนตั้งคำถามในการสำรวจตรวจสอบเองได้ ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง ครูอธิบายและนำแบบจำลองของครูให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่าง ขั้นที่ 3 ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ครูอธิบายวิธีการโต้แย้งและยกตัวอย่างการนำเสนอประเด็น และใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนสามารถนำเสนอประเด็นและใช้หลักฐานมาสนับสนุนการโต้แย้งนั้น ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปความรู้ ครูปรับการนำเสนอเป็นการสุ่มนักเรียน 4-5 กลุ่มนำเสนอคำอธิบาย ขั้นที่ 5 ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ครูปรับกิจกรรมโดยกำหนดเงื่อนไขหรือกติกาให้ชัดเจนและใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันมากขึ้น ผู้วิจัยปรับปรุงเอกสารประกอบรูปแบบการเรียนการสอนและปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปใช้ในการทดลองครั้งที่ 2

5.2.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2 พบว่า การจัดกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนใช้เวลาเป็นไปตามที่กำหนดมากขึ้น โดยขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดสถานการณ์ นักเรียนกระตือรือร้นในการตอบคำถามจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ และนักเรียนสามารถตั้งคำถามได้ดีขึ้นแต่มีนักเรียนบางคนที่ไม่ค่อยกล้านำเสนอ ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการสำรวจตรวจสอบได้ดีขึ้น แต่มีบางกลุ่มยังใช้เวลานานกว่าที่กำหนด ขั้นที่ 3 ขั้นโต้แย้งทาง

วิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถทำกิจกรรมโต้แย้งได้ดีขึ้น โดยครูและนักเรียนร่วมกันกำหนดเกณฑ์ในการโต้แย้ง และนักเรียนสามารถเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มตนเองกับกลุ่มอื่นได้ดีขึ้น โดยนักเรียนสามารถระบุได้ว่ามีประเด็นใดที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันได้ แต่ครูต้องใช้คำถามกระตุ้นในเรื่องการใช้หลักฐานและการลงข้อสรุปร่วมกัน ในขั้นที่ 4 ขั้นสรุปความรู้ ครูให้นักเรียนเขียนอธิบายลงในกระดาษฟลิปชาร์ตเป็นกลุ่ม พบว่ามีนักเรียนหลายคนไม่ร่วมมือและไม่ช่วยสมาชิกในกลุ่มทำ จึงควรปรับเป็นให้นักเรียนทำรายบุคคล และขั้นที่ 5 ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ครูวางเงื่อนไขและจัดลำดับขั้นตอนในการทำกิจกรรมให้เป็นระบบ ทำให้กระชับเวลาดีขึ้น และนักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมมากขึ้น

เมื่อได้ผลจากการทดลองสอนครั้งที่ 2 แล้ว ผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนยิ่งขึ้น เพื่อนำไปทดลองและประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนต่อไป

6. การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอนและเอกสารประกอบรูปแบบ

ผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการเรียนการสอน โดยนำข้อมูลที่ได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองใช้รูปแบบ มาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขให้ได้รูปแบบและเอกสารประกอบรูปแบบการเรียนการสอน และแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความสมบูรณ์ พร้อมที่จะนำไปใช้ในการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

1. การเตรียมทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 3 (นนทบุรี-พระนครศรีอยุธยา)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้การศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยมีขั้นตอนในการคัดเลือกโรงเรียน ดังนี้

1.1 เกณฑ์การพิจารณาในการเลือกโรงเรียน

1) เป็นโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2) เป็นโรงเรียนที่เปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 3 (นนทบุรี-พระนครศรีอยุธยา) สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

3) กลุ่มตัวอย่างมีทั้งนักเรียนเพศชายและเพศหญิงในห้องเรียนเดียวกัน

4) มีจำนวนนักเรียนในห้องไม่ต่ำกว่า 50 คน

5) นักเรียนมาจากครอบครัวที่มีอาชีพหลากหลาย

6) ผู้บริหารและครูในโรงเรียนให้การสนับสนุนและให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

1.2 การเลือกโรงเรียน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) คือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นตัวแทนของประชากร เนื่องจากโรงเรียนมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดและมีบริบทที่ใกล้เคียงกับโรงเรียนส่วนใหญ่ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 3 (นนทบุรี-พระนครศรีอยุธยา)

1.3 เลือกระดับชั้น จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาเชาวน์ปัญญาการคิด การให้เหตุผล และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นนักเรียนที่อยู่ในช่วงระดับอายุ 11-15 ปี ซึ่งถือได้ว่าเป็นช่วงวัยที่นักเรียนคิดหาเหตุผล สามารถที่จะคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ และนักเรียนใช้เหตุผลได้อย่างขั้นสูงสุด โดยนักเรียนสามารถตั้งสมมติฐาน อธิบายและสื่อสารสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554: 57-59; Piaget, 1986: 45-48) การวิจัยครั้งนี้จึงเลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งมีอายุ 12-13 ปี เป็นตัวแทนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

1.4 การสุ่มห้องเรียน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (sample random sampling) ด้วยวิธีจับสลาก จากนักเรียนทั้งหมด 18 ห้อง เพื่อเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง จากนั้นดำเนินการทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลองด้วยการทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1.4.1 นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ซึ่งเป็นคะแนนปลายภาค มีคะแนนเต็ม 30 คะแนน ระหว่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้ง 2 ห้อง มาทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ด้วยสถิติทดสอบที (t-test) ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ระหว่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้ง 2 ห้อง

ห้องเรียน	$\overline{X}$	S.D.	t	p
ก	19.26	2.79	1.72	.09
ข	18.26	3.03		

*p < .05

จากตารางที่ 5 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.4.2 เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (sample random sampling) ด้วยวิธีจับสลาก ผลปรากฏว่านักเรียนห้อง ก เป็นกลุ่มทดลอง และห้อง ข เป็นกลุ่มควบคุม

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ เครื่องมือที่ใช้ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ มีดังนี้

1. แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียน

2. แบบวัดการถ่ายโยงการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน

3. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเรียน

4. แบบบันทึกผลการสอน เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเรียน

1. แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 3 ประการ คือ 1) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ 2) ความสามารถในการสร้างข้อสรุป 3) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ เป็นแบบคู่ขนานวัดก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดย

กำหนดสถานการณ์ปัญหาให้เป็นลักษณะบทความทางวิทยาศาสตร์ รูปภาพ หรือคำอธิบายประกอบภาพ ซึ่งมีรายละเอียดของการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อนำหลักการและวิธีการดังกล่าวมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.2 สร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเนื้อหาในข้อสอบจะเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์รอบตัว โดยกำหนดรูปแบบของสถานการณ์ที่นำมาสร้างเป็นข้อคำถาม ตามกรอบนิยามเชิงปฏิบัติการที่ได้กำหนดไว้ คือ 1) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ 2) ความสามารถในการสร้างข้อสรุป 3) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ ฉบับละ 15 ข้อ เป็นแบบทดสอบชนิดเขียนตอบปลายเปิด กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Scorring rubrics โดยแบ่งตามระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกทั้งหมดให้ 2 คะแนน ถ้าตอบถูกบางส่วนให้ 1 คะแนน และถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

1.3 นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาและความถูกต้องในการใช้ภาษา แล้วปรับปรุงแก้ไขแบบวัดตามคำแนะนำ

1.4 นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 7 ท่าน (รายชื่อในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) รวมทั้งความถูกต้องของการใช้ภาษา จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไข

คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และการปรับปรุงแก้ไขแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สรุปได้ดังนี้

(1) ควรปรับคำชี้แจงจากคำว่า “ข้อความ” เป็น “สถานการณ์”

(2) ควรปรับการใช้อักษรย่อเป็นชื่อเต็ม เช่น ชม. เป็น ชั่วโมง

(3) ควรเพิ่มชื่อกราฟ และตาราง

(4) ควรให้ข้อความและรูปภาพอยู่ในหน้าเดียวกัน

(5) ควรเพิ่มสูตรวิทยาศาสตร์ เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl)

(6) ควรปรับการใช้ภาษาในคำถามให้ชัดเจน เช่น สถานการณ์เรื่อง อนุสาวรีย์พระนางเรือล่ม เปลี่ยนเป็น “เด็กหญิงปราณีทำการทดลองนำหินอ่อน 2 กรัม ใส่ลงไปในกรดเกลือ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งพบว่า หินอ่อนไม่เปลี่ยนสี แต่มีมวลลดลง เด็กหญิงปราณีควรจะสรุปปรากฏการณ์นี้ได้ว่าอย่างไร สถานการณ์เรื่อง ปลาหางนกยูง แก้จากคำว่า “ประเด็นใด” เป็น “ข้อมูลใดบ้าง” สถานการณ์เรื่อง ไฟดับ แก้ไขเป็น “สอดคล้องกับขวดโหลหมายเลขใด”

(7) ควรเพิ่มข้อมูลของกลุ่มควบคุมในสถานการณ์เรื่อง “ปลาหางนกยูง” และ “ทะเลสาบเดดซี”

(8) ควรเพิ่มหน่วยของปริมาณต่างๆ เช่น สถานการณ์เรื่อง ต้นมะลิ เพิ่มหน่วย “ต้น” สถานการณ์เรื่อง กังหันลมกับการผลิตไฟฟ้า เพิ่มหน่วยของความเร็วลมและเดือนในกราฟ

(9) ควรปรับแก้คำถามซ้อนคำถาม “เป็นอย่างไร” และ “เพราะเหตุใด”

(10) รูปภาพควรใช้คำอธิบายภาษาไทยและเพิ่มอ้างอิงที่ของที่มาภาพ

(11) ควรปรับแก้คำที่ใช้ให้เหมือนกันตลอด เช่น สถานการณ์ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ ให้ใช้คำว่า “น้ำมันแก๊สโซฮอล์” ให้ตรงกันทุกครั้ง

(12) ควรปรับแก้รูปแบบตัวอักษรให้เหมือนกันทั้งในกราฟและเนื้อหา

1.5 นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 51 คน ปีการศึกษา 2558 แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.6 พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดและคุณภาพข้อสอบรายข้อแล้วทำการเลือกข้อสอบเพื่อสร้างเป็นแบบวัด โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากง่ายที่อยู่ในช่วง 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และตรวจสอบความเที่ยงของแบบวัด โดยผู้วิจัยประเมินแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่สร้างขึ้นและให้ครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน ประเมินแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษา และความเข้าใจเกี่ยวกับการทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าแบบวัดฉบับก่อนเรียน มีค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.83 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.27-0.77 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21-0.58 และฉบับหลังเรียนมีค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.85 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.23-0.78 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.23-0.62

2. แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือเพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน วัดก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน โดย

พิจารณาจากแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้สรุป สังเคราะห์ และเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นการถ่ายโยงการเรียนรู้ในวิชา รวมทั้งการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในวิชาอื่นๆ หรือใช้ในชีวิตประจำวัน มีรายละเอียดของการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

2.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายโยงการเรียนรู้

2.2 กำหนดวิธีการวัดคุณลักษณะในการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ หลังจากการเรียนรู้แล้ว โดยให้นักเรียนเขียนบรรยายการถ่ายโยงความรู้ของตนเอง ประเด็นที่ให้นักเรียนเขียน ได้แก่ ระบุประเด็นหรือหัวข้อที่ได้เรียนรู้ในเรื่องที่เรียนครั้งนี้ อธิบายว่าความรู้ที่ระบุไว้นั้นคืออะไร อย่างไร และเขียนอธิบายแนวคิด หลักการหรือการหาคำตอบของสถานการณ์ที่กำหนดให้ และเขียนอธิบายว่าตนเองจะนำความรู้ที่ได้เรียนในหัวข้อเรื่องนี้ไปใช้ในการเรียนรู้วิชาอื่นๆ และในชีวิตประจำวันของตนเองอย่างไร พร้อมยกตัวอย่างประกอบ

2.3 กำหนดเกณฑ์ในการประเมินคุณลักษณะในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งจะมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Scorring rubrics ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน โดยแบ่งตามระดับความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสร้างแบบประเมินความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนและให้คะแนน ในเด็นต่างๆ ดังนี้

1) การระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์

2) การระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์

3) การเขียนอธิบายแนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน หรือการหาคำตอบของสถานการณ์

4) การระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่น ๆ นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำไปใช้ในวิชาอื่น ๆ

2.4 นำแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาและความถูกต้องในการใช้ภาษา แล้วปรับปรุงแก้ไขแบบวัดตามคำแนะนำ

2.5 นำแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 7 ท่าน (รายชื่อในภาคผนวก ก) เป็นผู้พิจารณาความเหมาะสมของข้อความตรวจสอบความเที่ยงและความตรงของเครื่องมือ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิได้เกณฑ์ในการประเมินดังตารางที่ 6

คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และการปรับปรุงแก้ไข สรุปได้ดังนี้

(1) ควรปรับแก้การใช้คำให้เหมาะสม เช่น คำว่า “รู้สึก” แก้ไขเป็น “มีอาการ” คำว่า “มาดู” แก้ไขเป็น “สังเกต” คำว่า “รู้สึกว่า” แก้ไขเป็น “พบว่า” เป็นต้น

(2) ควรแยกคำถามออกจากสถานการณ์

(3) ควรเพิ่มประเด็นในข้อ 4 เป็นให้นำไปใช้ในเรื่องอื่นๆ หรือในวิชาอื่นๆ

(4) ควรเปลี่ยนคำถามให้ชัดเจนขึ้น เช่น บรรยากาศประกอบด้วยอะไรบ้าง และจะได้รับผลกระทบจากองค์ประกอบของบรรยากาศนี้อย่างไร

(5) ควรปรับสถานการณ์บางข้อที่มีความซับซ้อนและไม่ชัดเจน

(6) ควรปรับเพิ่มข้อมูลให้ชัดเจน เช่น ต่างจังหวัด ทำให้ไม่ทราบว่าเป็นจังหวัดใด มีสภาพแวดล้อมเป็นอย่างไร

(7) ควรปรับสถานการณ์ให้แคบลง เช่น ป่าไม้กับโรงงานอุตสาหกรรม

2.6 นำแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 53 คน ปีการศึกษา 2558 แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ รวมถึงสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษา และความเข้าใจเกี่ยวกับการทำแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน

ผู้วิจัยทดลองใช้แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจที่ต้องให้ระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่จะนำมาใช้ นักเรียนส่วนมากจึงไม่เขียนในประเด็นนี้ ผู้วิจัยจึงปรับแก้ข้อคำถามให้ชัดเจนขึ้น และในประเด็นที่ 3 ข้อคำถามคือ เขียนอธิบายแนวคิดหลักการ วิธีการ การหาคำตอบของสถานการณ์ที่กำหนดให้ พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจว่าจะต้องเขียนอย่างไร ผู้วิจัยจึงปรับแก้ข้อคำถามให้ชัดเจน เช่น ให้นักเรียนเขียนอธิบายว่าเด็กหญิงกิ่งแก้วจะรู้สึกอย่างไรเมื่ออยู่ในห้องนอนนี้ เพราะเหตุใด และจากการสอบถามนักเรียนถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจสถานการณ์บางเรื่องว่าต้องการให้นักเรียนเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องใด เช่น สถานการณ์การตากผ้า นักเรียนเข้าใจว่าเป็นการเชื่อมโยงความรู้เรื่อง การระเหยของน้ำ ผู้วิจัยจึงปรับแก้ข้อความในสถานการณ์ให้ชัดเจนขึ้น

2.7 ผู้วิจัยตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินในการประเมินความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน โดยผู้วิจัยประเมินแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่สร้างขึ้นและให้ครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน ประเมินแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน ผลการตรวจสอบพบว่า มีค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.85

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินของแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

รายการ	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (3 คะแนน)	**ดี (2 คะแนน)**	**ปานกลาง (1 คะแนน)**	**ต้องปรับปรุง (0 คะแนน)**
1. การระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์	ระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์ได้ถูกต้องชัดเจน	ระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่ชัดเจน	ระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์ได้บ้างบางส่วน	ไม่ระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์
2. การระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์	ระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้ถูกต้องชัดเจน	ระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่ชัดเจน	ระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้บ้างบางส่วน	ไม่ระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์
3. การเขียนอธิบาย แนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน หรือการหาคำตอบของสถานการณ์	เขียนอธิบาย แนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน หรือการหาคำตอบของสถานการณ์ได้ถูกต้อง ชัดเจน	เขียนอธิบาย แนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน หรือการหาคำตอบของสถานการณ์ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่ชัดเจน	เขียนอธิบาย แนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน หรือการหาคำตอบของสถานการณ์ได้บ้างบางส่วน	ไม่เขียนอธิบาย แนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน หรือการหาคำตอบของสถานการณ์
4. การระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่น ๆ นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำไปใช้ในวิชาอื่นๆ	ระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่น ๆ นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำไปใช้ในวิชาอื่นๆ ได้อย่างชัดเจน	ระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่น ๆ นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำไปใช้ในวิชาอื่นๆ ได้ไม่ชัดเจน	ระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่น ๆ นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำไปใช้ในวิชาอื่นๆ ได้บ้างบางส่วน	ไม่ระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่น ๆ นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำไปใช้ในวิชาอื่นๆ

3. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้โดยจะบันทึกลักษณะที่สังเกตพฤติกรรมนักเรียน ซึ่งเป็นการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เทปที่ทำการบันทึกวีดีทัศน์ระหว่างปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน โดยจะเน้นการสังเกตเกี่ยวกับพฤติกรรมในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ การถ่ายโยงการเรียนรู้ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในกลุ่ม การแสดงความคิดผ่านการพูดหรือพฤติกรรมทางวาจา มีรายละเอียดของการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

3.1 กำหนดจุดประสงค์ของการสังเกต ซึ่งพิจารณาจากจุดประสงค์ของแผนการสอนที่กำหนดไว้

3.2 ศึกษาวิธีสร้างและการเขียนจากเอกสารและตำราที่เกี่ยวกับแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

3.3 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ จากนั้นนำแบบสังเกตที่สร้างเสร็จให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

3.4 นำแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

4. แบบบันทึกผลการสอน

แบบบันทึกผลการสอนเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงกิจกรรมเพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งรายละเอียดของการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสาร งานวิจัยและตำราที่เกี่ยวข้องกับแบบบันทึกผลการสอน และกำหนดประเด็นที่ใช้ในการบันทึกผลการสอน ได้แก่ การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามที่วางแผนไว้หรือไม่ อย่างไร นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไรบ้าง สิ่งที่ส่งเสริมหรือเป็นอุปสรรคต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

4.2 สร้างแบบบันทึกผลการสอนตามประเด็นที่กำหนดไว้ เพื่อใช้ในการบันทึกผลการสอนระหว่างการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน

4.3 นำแบบบันทึกผลการสอนให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

4.4 นำแบบบันทึกผลการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนในการเขียนแผนและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน รวมถึงศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในด้านสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ขอบข่ายเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

2. ศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จากคู่มือครู และแบบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน แล้วนำมาจัดสาระเพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 33 คาบ คาบละ 50 นาที สรุปได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ
1. พลังงานความร้อน	1.1 อุณหภูมิ	3
	1.2 การถ่ายโอนความร้อนแบบการนำความร้อน	3
	1.3 การถ่ายโอนความร้อนแบบการพาความร้อน	2
	1.4 การถ่ายโอนความร้อนแบบการแผ่รังสีความร้อน	2
	1.5 การดูดความร้อนและการคายความร้อน	3
	1.6 สมดุลความร้อน	2
	1.7 การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากความร้อน	3
2. บรรยากาศ	2.1 องค์ประกอบของบรรยากาศ	3
	2.2 การแบ่งชั้นบรรยากาศ	3
	2.3 อุณหภูมิของอากาศ	3
	2.4 ความชื้นของอากาศ	3
	2.5 ความกดอากาศ	3
	รวม	33

3. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครอบคลุมเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ โดยในขั้นดำเนินการสอนจะมีการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนปกติ โดยเปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนสรุปได้ดังตารางที่ 8

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาตรวจสอบเพื่อให้ข้อเสนอแนะแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจพิจารณาในด้านความตรงตามจุดประสงค์และเนื้อหา แล้วแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้อีกครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานกับการเรียนการสอนแบบปกติ 5 ขั้นตอน

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน	**รูปแบบการเรียนการสอนแบบปกติ**
1. ขั้นกำหนดสถานการณ์ เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน และกำหนดสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีความสนใจ และอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถาม	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางความคิด ซึ่งจะนำไปสู่การศึกษาค้นคว้าหรือการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ
2. ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นหรือตั้งสมมติฐาน แล้วลงมือปฏิบัติโดยทำการทดลอง สังเกต สำรวจ สืบค้น ด้วยการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและมีปฏิสัมพันธ์กัน และเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน เพื่อทดสอบแบบจำลอง	**2. ขั้นสำรวจและค้นหา** เป็นขั้นที่นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบ ทำการทดลองและลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล
3. ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง ประเมินข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองผ่านการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม โดยการใช้หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่าวอ้างที่นำเสนอ เพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของห้อง	**3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป** เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์แปลผล อภิปรายร่วมกัน เพื่อสรุปความรู้
4. ขั้นสรุปความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการอภิปราย ข้อคิดเห็นที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มอื่น และปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง แล้วลงข้อสรุปร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องและสมเหตุสมผล	
5. ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นที่นักเรียนนำแบบจำลอง ความรู้ หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ภายใต้เงื่อนไขใหม่ และบริบทใหม่ เพื่อบรรยาย อธิบาย หรือทำนายสถานการณ์ใหม่หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน	**4. ขั้นขยายความรู้** เป็นขั้นที่นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้จากการศึกษามาอธิบายขยายความร่วมกัน
	5. ขั้นประเมิน เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ระบุสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือตรวจสอบความถูกต้องของความรู้โดยนักเรียนเองหรือครูเป็นผู้ตรวจสอบ

3. การดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอน

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยใช้วิธีการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental research) และใช้แบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (Pretest-posttest control group design) ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 รูปแบบการวิจัยที่ใช้ในการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน แบบ Pretest-posttest control group design

กลุ่มตัวอย่าง	การวัดก่อนการทดลอง	ตัวแปรจัดกระทำ	การวัดหลังการทดลอง
E	O_1	X	O_2
C	O_3	~X	O_4

E คือ กลุ่มทดลอง
C คือ กลุ่มควบคุม
O_1 คือ ผลที่วัดได้ก่อนการทดลอง
O_2 คือ ผลที่วัดได้หลังการทดลอง
O_3 คือ ผลที่วัดได้ก่อนการทดลอง
O_4 คือ ผลที่วัดได้หลังการทดลอง
X คือ การเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน
~X คือ การเรียนการสอนแบบปกติ

ขั้นตอนการดำเนินการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ขั้นเตรียมนักเรียนและเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

3.1.1 แนะนำการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น และสาธิตขั้นตอนต่างๆ ในการเรียน พร้อมทั้งแจ้งวัตถุประสงค์ในการเรียนและเงื่อนไขในการเรียนให้กลุ่มทดลองทราบ

3.1.2 ทำการทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

3.2 ขั้นดำเนินการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานโดยในแต่ละห้องใช้เวลาในการเรียนทั้งหมดรวม 33 คาบ คาบละ 50 นาที

3.3 ขั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

3.3.1 การดำเนินการหลังทดลอง หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และประเมินความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

3.3.2 นำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ผู้วิจัยเก็บรวบรวม ได้แก่ ข้อมูลซึ่งเป็นผลของการทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ข้อมูลผลการทดสอบแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และแบบบันทึกผลการสอน

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นจึงนำคะแนนทั้งหมดมาคำนวณโดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows version 22 ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ ผู้วิจัยจะนำไปประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนต่อไป

5. การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการโดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ ขั้นตอนการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบมีดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ดำเนินการโดยวิเคราะห์ค่าคะแนนจากผลการทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยการดำเนินการดังนี้

5.1.1 หาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละของค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองด้วยสถิติทดสอบที (Dependent t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.1.2 หาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละของค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที (Independent t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.1.3 หาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละของค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง ด้วยสถิติทดสอบที (Dependent t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.1.4 หาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละของค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบที (Independent t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ดำเนินการโดยการสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลจากคำตอบในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และแบบบันทึกผลการสอน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสรุปจัดหมวดหมู่ และนำเสนอในลักษณะการพรรณนาความ เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

5.2.1 อ่านข้อมูลในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และแบบบันทึกผลการสอน

5.2.2 นำข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และแบบบันทึกผลการสอน มาจัดไว้เป็นหมวดหมู่ ดังนี้

1) ข้อมูลที่แสดงถึงการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน

2) ข้อมูลที่แสดงถึงข้อดี ข้อด้อย ปัญหาหรืออุปสรรคของกิจกรรมการเรียนการสอน

5.2.3 พิจารณาข้อมูลส่วนต่างๆ ในข้อ 5.2.2 ที่แสดงถึงพัฒนาการของนักเรียนในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ แล้วสรุปผลจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น และตอนที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

การนำเสนอผลการวิจัยในตอนนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1. องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 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 4 ประการ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวคิดพื้นฐาน 2 แนวคิด คือ แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน หลักการของรูปแบบการเรียนการสอน มีดังนี้

1) การใช้บริบทที่สัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับนักเรียนมากระตุ้นช่วยทำให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้และมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น

2) การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมการสืบสอบหาความรู้ให้มีประสิทธิภาพ โดยใช้แบบจำลองเป็นแนวทางในตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมและแปลความหมายข้อมูล ผ่านการลงมือปฏิบัติ อภิปรายและทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มที่มีการปฏิสัมพันธ์กัน

3) การนำแบบจำลองมาใช้ในการโต้แย้งช่วยทำให้การโต้แย้งมีคุณภาพ มีความชัดเจน เห็นเป็นรูปธรรม รวมทั้งประเมินและแก้ไขแบบจำลอง โดยการใช้ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์

4) การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในบริบทอื่นๆ ช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

ผลการสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น แสดงดังภาพที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 10 หลักการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

1.2 วัตถุประสงค์

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่พัฒนาขึ้น มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อดังนี้

(1) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

(2) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

ผลการวิเคราะห์หลักการเพื่อเชื่อมโยงไปสู่วัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 หลักการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้

หลักการเรียนรู้ของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น	**การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์**	**การถ่ายโยงการเรียนรู้**
1) การใช้บริบทที่สัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับนักเรียนมากระตุ้นช่วยทำให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้และมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น	-การอธิบายปรากฏการณ์	- การถ่ายโยงการเรียนรู้
2) การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมการสืบสอบหาความรู้ให้มีประสิทธิภาพ โดยใช้แบบจำลองเป็นแนวทางในตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมและแปลความหมายข้อมูลผ่านการลงมือปฏิบัติ อภิปรายและทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มที่มีการปฏิสัมพันธ์กัน	- การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ - การสร้างข้อสรุป - การอธิบายปรากฏการณ์	- การถ่ายโยงการเรียนรู้
3) การนำแบบจำลองมาใช้ในการโต้แย้งช่วยทำให้การโต้แย้งมีคุณภาพ มีความชัดเจน เห็นเป็นรูปธรรม รวมทั้งประเมินและแก้ไขแบบจำลองโดยการใช้ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์	- การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ - การสร้างข้อสรุป - การอธิบายปรากฏการณ์	- การถ่ายโยงการเรียนรู้
4) การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในบริบทอื่นๆ ช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย	- การอธิบายปรากฏการณ์	- การถ่ายโยงการเรียนรู้

1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน

ผู้วิจัยนำหลักการและวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนมาวิเคราะห์เพื่อเสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่เป็นไปตามหลักการและรูปแบบ แล้วสรุปเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมี 5 ขั้นตอน คือ

(1) ขั้นกำหนดสถานการณ์

เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน และกำหนดสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีความสนใจ และอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถาม

(2) ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง

เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นหรือตั้งสมมติฐาน แล้วลงมือปฏิบัติโดยทำการทดลอง สังเกต สำรวจ สืบค้น ด้วยการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและมีปฏิสัมพันธ์กัน และเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน เพื่อทดสอบแบบจำลอง

(3) ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง ประเมินข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองผ่านการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม โดยการใช้หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่าวอ้างที่นำเสนอเพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของห้อง

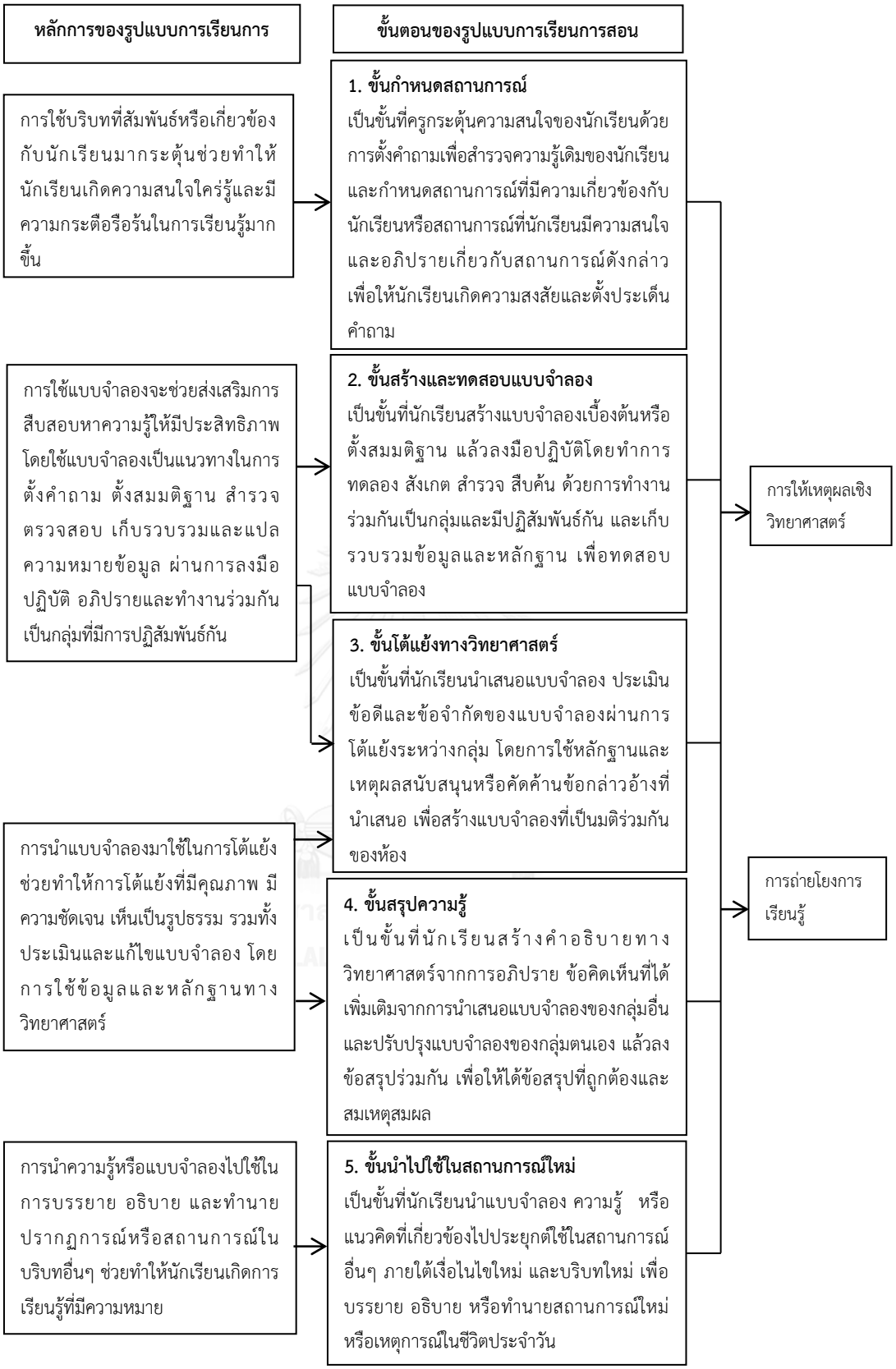
(4) ขั้นสรุปความรู้

เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการอภิปราย ข้อคิดเห็นที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มอื่น และปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง แล้วลงข้อสรุปร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องและสมเหตุสมผล

(5) ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

เป็นขั้นที่นักเรียนนำแบบจำลอง ความรู้ หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ภายใต้เงื่อนไขใหม่ และบริบทใหม่ เพื่อบรรยาย อธิบาย หรือทำนายสถานการณ์ใหม่หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

ผลการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น และความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนกับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการ ขั้นตอน และวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

บทบาทครูและนักเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดของบทบาทครูและบทบาทนักเรียนตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 11 ขั้นตอนการเรียนการสอน บทบาทครู และบทบาทนักเรียน ตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน บริบทเป็นฐาน

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นกำหนดสถานการณ์ เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน และกำหนดสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีความสนใจและอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถาม	1) นำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน 2) ใช้คำถามนำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายและวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อเชื่อมโยงความคิดจากสิ่งที่นักเรียนเคยเรียนผ่านมาแล้ว ซึ่งเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับสิ่งที่นักเรียนกำลังจะเรียนรู้ใหม่	1) แสดงความกระตือรือร้นหรือสนใจต่อสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอ 2) ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์และเชื่อมโยงความรู้เดิมในสิ่งที่เคยเรียนกับสิ่งที่กำลังเรียนรู้ใหม่ 3) ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ
2. ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นหรือตั้งสมมติฐาน แล้วลงมือปฏิบัติโดยทำการทดลอง สังเกต สำรวจ สืบค้น ด้วยการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและมีปฏิสัมพันธ์กัน และเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเพื่อทดสอบแบบจำลอง	1) จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองและการสำรวจตรวจสอบ 2) แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ 3) กระตุ้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยความกระตือรือร้น และช่วยเหลือกันและเรียนรู้ร่วมกันในระหว่างการทำงานกลุ่ม 4) ชี้ให้เห็นถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้องเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการสำรวจตรวจสอบ	1) สร้างแบบจำลองเบื้องต้นอย่างสมเหตุสมผล 2) ลงมือปฏิบัติหรือทำการสำรวจตรวจสอบอย่างตั้งใจ 3) แบ่งหน้าที่ในการทำงานอย่างเป็นระบบและช่วยเหลือกันทำงานในกลุ่ม 4) เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือการสำรวจตรวจสอบ 5) สร้างแบบจำลองของกลุ่มที่สอดคล้องกับข้อมูลและ

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
		หลักฐาน
3. ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง ประเมินข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองผ่านการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม โดยการใช้หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่าวอ้างที่นำเสนอ เพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของห้อง	1) ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับผลจากการสำรวจตรวจสอบ และควบคุมสถานการณ์และเวลาในการโต้แย้ง 2) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองของตนเอง 3) กระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลองและร่วมกันสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกัน	1) นำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเองและเสนอประเด็นข้อโต้แย้งต่อกลุ่มอื่น 2) แสดงความคิด ความรู้ หรือคำอธิบายที่เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับแบบจำลองที่นำเสนอและให้เหตุผลประกอบการอธิบาย 3) นักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลองของแต่ละกลุ่มและสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของห้อง
4. ขั้นสรุปความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการอภิปรายข้อคิดเห็นที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มอื่นและปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง แล้วลงข้อสรุปร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องและสมเหตุสมผล	1) ร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงแบบจำลองและลงข้อสรุป 2) กระตุ้นให้นักเรียนสร้างการบรรยายหรืออธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง 4) ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง	1) นักเรียนสร้างข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง 2) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น 3) นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล
5. ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นที่นักเรียนนำแบบจำลองความรู้ หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ภายใต้เงื่อนไขใหม่ และบริบทใหม่ เพื่อบรรยาย อธิบาย หรือทำนายสถานการณ์ใหม่หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน	1) นำเสนอสถานการณ์อื่นๆ ที่แตกต่างไปจากเดิม เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ 2) กระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้หรือแบบจำลองที่ได้เรียนรู้มาใช้ในสถานการณ์ใหม่ 3) ตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบและประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียน	1) นำแบบจำลองหรือแนวคิดความรู้ไปใช้เพื่อบรรยาย อธิบาย หรือทำนายสถานการณ์ใหม่หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่กำหนดให้ 2) ร่วมตอบคำถามอย่างกระตือรือร้นและแสดงถึงความรู้และความเข้าใจของตนเอง

1.4 แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน

การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ประเมินผลทั้งด้านความรู้และกระบวนการตามสภาพที่เป็นจริงของผู้เรียน ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย โดยเน้นการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการประเมินความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และแบบบันทึกผลการสอน

1.5 เงื่อนไขในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

การใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีเงื่อนไขในการใช้รูปแบบดังต่อไปนี้

1) เงื่อนไขด้านผู้สอน

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ การสร้างข้อสรุป การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้จากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานอื่นๆ ได้ ดังนั้น นอกจากผู้สอนจะต้องมีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างดีแล้ว ยังควรเป็นผู้ที่สามารถนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันต่างๆ มากระตุ้นความสนใจของนักเรียนในประเด็นหรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา และเห็นความสำคัญของการสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง เพื่อเป็นแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่างอ้างและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

2) เงื่อนไขด้านเวลา

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการสืบสอบหาความรู้ซึ่งให้ลงมือปฏิบัติหรือทำการทดลอง และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองผ่านการโต้แย้งซึ่งเปิดโอกาสให้มีการเสนอประเด็นสนับสนุนและคัดค้าน ดังนั้นผู้สอนที่จะนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอนจะต้องพิจารณาว่า รายวิชาดังกล่าวนั้นมีระยะเวลาที่มีจำนวนชั่วโมงเพียงพอที่จะเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อสืบสอบความรู้และโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาหรือแนวคิดที่ได้เรียนรู้และสามารถลงมือปฏิบัติสิ่งที่ได้เรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) เงื่อนไขด้านผู้เรียน

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่นำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งผู้สอนสามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปใช้ในระดับการศึกษาอื่นๆ ได้ ทั้งระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา โดยผู้สอนควรพิจารณาเนื้อหาสาระในรายวิชาที่ต้องการสอนนั้นว่าต้องการพัฒนาผู้เรียนในด้านใด ถ้าหากรายวิชาที่สอนเน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสร้างข้อสรุป ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนนี้ ผู้สอนสามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้โดยพิจารณาเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระในรายวิชา และด้านเวลา ซึ่งผู้สอนสามารถคัดเลือกเนื้อหาสาระที่เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียนและวัยของผู้เรียน และควรเลือกใช้บริบทที่สัมพันธ์กับผู้เรียนหรือบริบทที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และปรับเปลี่ยนกิจกรรมหรือใช้เทคนิคต่างๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นเรียน

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

การนำเสนอผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 2.1 การตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 2.2 การทดลองสอน มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

2.1.1 การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

พบว่า องค์ประกอบแต่ละส่วนของรูปแบบมีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน รายละเอียดข้อเสนอแนะในแต่ละด้านของผู้ทรงคุณวุฒิ มีดังนี้

1) ด้านแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

1.1) กรอบแนวคิดมีบางส่วนยังขยายความไม่ชัดเจน

1.2) มีความเหมาะสมในการเรียบเรียงและเชื่อมโยงแนวคิดมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนดี

2) ด้านองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน

2.1) หลักการที่ใช้ในรูปแบบการเรียนการสอนยังไม่ค่อยชัดเจน มีบางส่วนที่ต้องขยายและอธิบายเพิ่มเติม เช่น ลักษณะสำคัญของการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ควรเพิ่มการประเมินแบบจำลองด้วย

2.2) วัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบการเรียนการสอน และวัตถุประสงค์มีความชัดเจนสามารถนำไปใช้พัฒนาผู้เรียนได้จริง

2.3) ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนควรมีทางเลือกหรือเงื่อนไขที่ครูจะใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งต้องสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบที่แนะแนวทางการปฏิบัติได้

2.4) ขั้นตอนมีกระบวนการที่เหมาะสมต่อเนื่องและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

2.5) การวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเนื้อหา แต่ควรมีการประเมินตามสภาพจริงโดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม

การปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ประเด็น คือ 1) ปรับคำอธิบายของกรอบแนวคิดให้ชัดเจน 2) ปรับการเขียนหลักการที่ใช้ในรูปแบบการเรียนการสอนให้ชัดเจน 3) ปรับการวัดและการประเมินผลโดยเพิ่มการประเมินตามสภาพจริง

2.1.2 การตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และหลักการของรูปแบบการเรียนการสอน แต่มีข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเพิ่มเติม ดังนี้

1) ขาดความครอบคลุมจุดประสงค์ในด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

2) ขั้นกำหนดสถานการณ์ควรใช้บริบทที่เป็นข่าว ภาพ วีดีทัศน์ หรืออื่นๆ เป็นสถานการณ์ และอาจเพิ่มคำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปราย

3) ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง อาจจะให้นักเรียนใช้วัสดุอื่นๆ ในการสร้างแบบจำลอง เช่น ดินน้ำมัน

3) ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คำถามที่ใช้ในการโต้แย้งยังไม่ชัดเจนและหากนักเรียนไม่มีการนำเสนอประเด็นที่ไม่สอดคล้องกันจะต้องทำอย่างไร

4) ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ควรให้นักเรียนใช้แบบจำลองมาอธิบายสถานการณ์ใหม่ด้วย

5) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ยังไม่ครอบคลุมด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

การปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอนตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ 5

ประเด็น คือ 1) ปรับแก้จุดประสงค์ให้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ 2) ปรับขั้นกำหนดสถานการณ์ โดยใช้บริบทที่หลากหลายและใช้คำถามในการอภิปรายร่วมด้วย 3) ปรับคำถามที่ใช้ในในการโต้แย้งให้ชัดเจน และครูเตรียมประเด็นที่ไม่สอดคล้องกับนักเรียนไว้เพิ่มเติมเพื่อนำมาใช้ในโต้แย้ง 4) ปรับกิจกรรมในขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ โดยเน้นให้นักเรียนใช้แบบจำลองมาอธิบายสถานการณ์ใหม่ 5) ปรับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ให้ครอบลุมและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

2.2 การตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนโดยการทดลองสอน

ผลการนำรูปแบบการเรียนการสอนไปทดลองสอนกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2558 จำนวน 51 คน ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1) ในขั้นกำหนดสถานการณ์ นักเรียนไม่สามารถตั้งคำถามจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยนักเรียนไม่เข้าใจว่าจะต้องเป็นคำถามอย่างไร

2) ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลองนักเรียนไม่เข้าใจว่าจะวาดรูปอย่างไรแต่นักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นที่จะสร้างแบบจำลอง

3) นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจว่าจะเสนอประเด็นข้อโต้แย้งอย่างไร และไม่ค่อยแสดงการโต้แย้งมากนัก อีกทั้งนักเรียนไม่เข้าใจว่าหลักฐานคืออะไรและจะใช้ในการสนับสนุนประเด็นโต้แย้งอย่างไร

4) นักเรียนไม่ค่อยร่วมตอบคำถามหรือแสดงความคิดเห็นในระหว่างการทำงานกลุ่ม

5) นักเรียนใช้เวลาในแต่ละขั้นของกิจกรรมการเรียนรู้เกินเวลาที่กำหนด โดยเฉพาะขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง และขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ผลการทดลองสอน ได้นำไปใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มทดลอง (ตัวอย่างในภาคผนวก ง)

ตอนที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิผลรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ 1. ด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2. ด้านความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ 1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ และ 1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยนำเสนอผลตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การนำเสนอประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นในด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จะนำเสนอผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ดังตารางที่ 12 และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนและหลังทดลอง

กลุ่ม	N	คะแนนเต็ม	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		t	p
			$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
กลุ่มทดลอง	50	30	12.44	3.41	20.66	3.96	-16.49	.00*

*p < .05

จากตารางที่ 12 พบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 12.44 คะแนน และ 20.66 คะแนน ตามลำดับ จากการทดสอบที (t-test) พบว่า

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	คะแนนเต็ม	ก่อนทดลอง		t	p	หลังทดลอง		t	p
		$\overline{X}$	S.D.			$\overline{X}$	S.D.		
กลุ่มทดลอง (n =50)	30	12.44	3.41	.08	.93	20.66	3.96	7.48	.00*
กลุ่มควบคุม (n =50)	30	12.38	3.82			14.74	3.96		

*p < .05

จากตารางที่ 13 พบว่า นักเรียนก่อนทดลองกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน และกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยวิธีปกติ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) ของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 20.66 และ 14.74 ตามลำดับ และจากการทดสอบที (t-test) พบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมโดยจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ 2) ด้านความสามารถในการสร้างข้อสรุป 3) ด้านความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการอภิปรายผล และข้อเสนอแนะการวิจัย ได้ผลดังตารางที่ 14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	กลุ่มควบคุม			กลุ่มทดลอง		
		$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$
1) การสร้างข้อสรุป	10	6.18	2.12	61.80	7.16	1.73	71.60
2) การใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์	10	5.26	0.71	52.60	8.12	1.39	81.20
3) การอธิบายปรากฏการณ์	10	3.30	0.71	33.00	5.38	1.81	53.80
รวม	30	14.74	3.96	49.13	20.66	3.96	68.87

จากตารางที่ 14 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง แยกตามองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เรียงลำดับจากมากไปน้อยของกลุ่มทดลองได้ดังนี้ (1) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 81.20 (2) ความสามารถในการสร้างข้อสรุป ร้อยละ 71.60 และ (3) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ ร้อยละ 53.80 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกด้าน

1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

จากการศึกษาพัฒนาการด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และแบบบันทึกผลการสอน ผู้วิจัยนำเสนอตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.2.1 ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 81.20 ซึ่งมีคะแนนมากที่สุดในองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนได้รับการฝึกให้ระบุข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้า ทดลอง มาใช้ในการอธิบาย สรุป พยากรณ์หรือการคาดการณ์ปรากฏการณ์ โดยเมื่อวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนพบว่า นักเรียนที่สามารถใช้

หลักฐานหรือข้อมูลมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและชัดเจนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 มีจำนวน 42 คน โดยนักเรียนสามารถตอบได้ถูกต้องมากที่สุดในสถานการณ์เรื่อง กังหันลมกับการผลิตไฟฟ้า รองลงมาเป็นสถานการณ์เรื่อง ต้นมะลิ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ ไฟดับ และไข้หวัดนก H7N9 ตามลำดับ นักเรียนมีพัฒนาการดังนี้

พัฒนาการด้านความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1) ก่อนเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาใช้สนับสนุนการอธิบายหรือการหาคำตอบได้ พบว่า นักเรียนจะตอบคำถามตามความคิดหรือความเข้าใจของตนเอง โดยไม่ใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนไม่ทราบว่าอะไรที่เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์หรือข้อมูลสำคัญที่ใช้สนับสนุนคำตอบ และนักเรียนส่วนใหญ่ระบุหลักฐานไม่ชัดเจน ดังตัวอย่างคำตอบจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สถานการณ์เรื่อง ปลาหางนกยูง ที่ให้นักเรียนระบุข้อมูลที่สนับสนุนว่าสภาพความเป็นกรด-เบส ของน้ำมีผลต่อปลาหางนกยูง นักเรียนส่วนใหญ่ระบุเพียงว่าจำนวนปลาที่เจริญเติบโตในแต่ละตู้มีต่างกันโดยไม่ระบุถึงจำนวนปลาหางนกยูงเพื่อสนับสนุนคำตอบหรือคำอธิบายของปรากฏการณ์ และนักเรียนหลายคนไม่เขียนตอบ

2) ระหว่างเรียน

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกระบุข้อมูลหรือหลักฐานที่สนับสนุนแบบจำลองของกลุ่ม โดยใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนฝึกการแสดงข้อมูลสนับสนุนคำตอบของตัวเอง เช่น เพราะเหตุใด ทราบได้อย่างไร และในขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้ประเมินข้อดีและข้อด้อยของแบบจำลองของเพื่อนกลุ่มอื่น และเสนอประเด็นสนับสนุนหรือหักล้างโดยใช้ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นมติร่วมกัน ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและพยายามที่จะหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ได้ สอดคล้องกับแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “นักเรียนหลายกลุ่มสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาใช้ในการโต้แย้งกับเพื่อน โดยนักเรียนอธิบายว่า สีเข้มจะคายความร้อนได้ดีกว่าสีอ่อน จะเห็นได้จากผลการทดลองของกลุ่มที่เมื่อนำกระป๋องทั้งสองอันเข้ามาวางในที่ร่ม พบว่าอุณหภูมิที่กระป๋องที่หุ้มด้วยกระดาษสีดำลดลงเร็วกว่าอุณหภูมิของกระป๋องที่หุ้มด้วยกระดาษสีขาว”
>
> (แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การดูดกลืนและการคายความร้อน)

3) หลังเรียน

จากการประเมินแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และแบบบันทึกผลการสอน พบว่า นักเรียนสามารถระบุข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการศึกษาหรือทดลองมาใช้สนับสนุนคำตอบหรือคำอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้มากขึ้น โดยนักเรียนสามารถแสดงหลักฐานที่ชัดเจนและระบุข้อมูลที่สำคัญได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างในสถานการณ์เรื่อง กังหันลมกับการผลิตไฟฟ้า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุได้ว่าเดือนมีนาคมถึงเมษายน เป็นเดือนที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากที่สุด โดยพิจารณาจากเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของลมกับเดือนต่างๆ ที่พบว่าระหว่างเดือนมีนาคมถึงเมษายนจะมีความเร็วสูงสุดคือ 70-72 knots ซึ่งมีนักเรียนเพียง 3 คนเท่านั้นที่ตอบไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนตอบเดือนอื่นๆ และไม่ระบุถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อตอบคำถาม และการจัดกิจกรรมโดยใช้กระบวนการกลุ่มทำให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดและพิจารณาไตร่ตรองในการหาข้อมูลและหลักฐานมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ทำให้นักเรียนได้ฝึกการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

1.2.2. ความสามารถในการสร้างข้อสรุป

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างข้อสรุป ร้อยละ 71.60 ซึ่งนักเรียนที่ได้เรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ได้รับการฝึกให้สามารถใช้ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล และสามารถประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นได้จากการทำกิจกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนจะต้องสร้างแบบจำลองและลงข้อสรุปที่เป็นมติร่วมกัน และนักเรียนได้ฝึกลงข้อสรุปของตนเอง หลังจากร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันกับเพื่อนและครู ทำให้นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปด้วยตนเองได้ โดยเมื่อวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนพบว่า นักเรียนที่สามารถสร้างข้อสรุปได้ถูกต้องและชัดเจนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 มีจำนวน 48 คน โดยนักเรียนสามารถตอบได้ถูกต้องมากที่สุดในสถานการณ์เรื่อง ไข้หวัดนก H7N9 รองลงมาเป็นสถานการณ์เรื่อง ต้นมะลิ กังหันลมกับการผลิตไฟฟ้า น้ำมันแก๊สโซฮอล์ และบารากู่ภัยร้ายใต้ความหอมหวาน ตามลำดับ นักเรียนมีพัฒนาการดังนี้

พัฒนาการด้านความสามารถในการสร้างข้อสรุป แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1) ก่อนเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้ข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้ โดยนักเรียนส่วนมากสร้างข้อสรุปไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้องกับหลักฐาน

แต่มีนักเรียนบางคนที่สามารถสร้างข้อสรุปได้บางส่วน ดังเช่นคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ในสถานการณ์เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจกที่ให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศของโลก และปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาบนโลก พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ระบุเพียงข้อสรุปจากกราฟแต่อัน เช่น เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่ได้ลงข้อสรุปถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศโลกและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และพบว่านักเรียนหลายคนไม่สามารถเขียนข้อสรุปจากปรากฏการณ์

2) ระหว่างเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้เปิดโอกาสให้นักเรียนใช้ข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสร้างข้อสรุป โดยเฉพาะในขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้สร้างข้อสรุปของจากการใช้ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นมติร่วมกัน และในขั้นสรุปความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจ ซึ่งผู้วิจัยใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนฝึกสร้างข้อสรุปด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นและได้เป็นผู้คิดคำตอบด้วยตนเอง และการจัดกิจกรรมโต้แย้งเป็นกลุ่มทำให้นักเรียนที่อ่อนสามารถเสนอแนวคิดร่วมกับเพื่อนๆ ได้ดีขึ้น ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อสรุปได้ถูกต้องและสมเหตุสมผลโดยใช้หลักฐานมาสนับสนุนข้อสรุปนั้น สอดคล้องกับแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

> “นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อสรุปเรื่อง การขยายตัวเนื่องจากความร้อนร่วมกันได้ดี โดยตัวแทนนักเรียนกลุ่มหนึ่งสรุปว่า เมื่อให้ความร้อนแก่ลวดนิโครมระยะหนึ่ง วัตถุที่แขวนอยู่ต่ำลง เกิดจากลวดนิโครมได้รับความร้อน ลวดนิโครมจึงขยายตัวขึ้น วัตถุที่แขวนอยู่จึงต่ำลงมา แสดงว่า เมื่อวัตถุเมื่อได้รับความร้อนจะมีขยายตัวมากขึ้น ซึ่งนักเรียนใช้ข้อมูลจากการทดลองมาสนับสนุนข้อสรุปนี้ได้ดี”
>
> (แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากความร้อน)

3) หลังเรียน

จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนสามารถระบุสร้างข้อสรุปโดยใช้ข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผลมากขึ้น และนักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปได้สอดคล้องกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สถานการณ์เรื่อง ต้นมะลิ เมื่อถามว่า ปุ๋ยชนิดใดเป็นปุ๋ยที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต

ของต้นมะลิ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสรุปได้ว่า ปุ๋ย Y เหมาะสมที่สุด เพราะดูจากข้อมูลจำนวนต้นมะลิที่เจริญเติบโตได้ดีมีมากกว่าปุ๋ย X และต้นมะลิที่ลีบไม่มีใบก็น้อยกว่าปุ๋ย X อีกทั้งนักเรียนบางคนระบุจำนวนต้นมะลิในแต่ละแปลงเพื่อสนับสนุนข้อสรุปของตนอีกด้วย แต่นักเรียนบางคนตอบเพียงว่าปุ๋ย Y เหมาะสมที่สุดเท่านั้น อีกทั้งนักเรียนสามารถประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับหลักฐานได้ดีในขั้นการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนประเมินข้อสรุปของเพื่อนได้ว่าถูกต้องในประเด็นที่เพื่อนกลุ่มหนึ่งเสนอประเด็นว่า เมื่อวางกระป๋องไว้กลางแดด ดวงอาทิตย์จะแผ่ความร้อนมายังโลกส่งผลให้กระป๋องได้รับพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น โดยค่าจากเทอร์มอมิเตอร์ในกระป๋องที่หุ้มด้วยกระดาษสีดำมีอุณหภูมิสูงกว่ากระป๋องที่หุ้มด้วยกระดาษสีขาว แสดงว่าวัตถุที่มีสีเข้มจะดูดความร้อนได้ดีกว่าสีอ่อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผลสอดคล้องกับแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “นักเรียนหลายกลุ่มสามารถร่วมกันลงข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผล โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองมาสร้างข้อสรุป ซึ่งนักเรียนสรุปว่า เมื่อปลายสายยางอยู่ในระดับเดียวกัน ระดับน้ำเท่ากัน เมื่อยกปลายข้างใดข้างหนึ่ง ระดับน้ำก็เท่ากัน แสดงว่าที่ความสูงระดับเดียวกัน ความดันอากาศเท่ากัน แต่เมื่อเป่าลมเข้าไปด้านหนึ่ง ด้านที่เป่าระดับน้ำจะลดลงส่วนอีกด้านจะสูงขึ้น เพราะด้านที่เป่ามีความดันอากาศมากกว่า”
>
> (แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ความกดอากาศ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2.3. ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ ร้อยละ 53.80 แม้ว่าคะแนนด้านนี้จะไม่สูงมาก แต่ก็สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งนักเรียนที่ได้เรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ ได้ฝึกใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบาย คำบรรยาย หรือคาดการณ์ปรากฏการณ์ที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และได้ฝึกอธิบายปรากฏการณ์ให้เพื่อนในกลุ่มและเพื่อนคนอื่นในห้องเรียนฟังในระหว่างทำกิจกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และในขั้นการนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ครูได้นำเสนอสถานการณ์ใหม่หรือบริบทใหม่เพื่อให้นักเรียนได้นำแบบจำลองหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการบรรยาย อธิบายในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย โดยเมื่อวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนพบว่า นักเรียนที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ถูกต้องและชัดเจนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 มีจำนวน 24 คน โดยนักเรียนสามารถตอบ

ได้ถูกต้องมากที่สุดในสถานการณ์เรื่อง ไข้หวัดนก H7N9 รองลงมาเป็นสถานการณ์ เรื่อง บารากู่ภัยร้ายใต้ความหอมหวาน ไฟดับ กังหันลมกับการผลิตไฟฟ้า และต้นมะลิ ตามลำดับ นักเรียนมีพัฒนาการดังนี้

พัฒนาการด้านความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1) ก่อนเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยนักเรียนบางคนจะอธิบายตามประสบการณ์เดิมโดยไม่สนใจข้อมูลหรือหลักฐานที่มี ทำให้สร้างคำอธิบายที่ไม่ถูกต้อง และนักเรียนหลายคนไม่สามารถใช้หลักการหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาสร้างคำอธิบายได้ ดังเช่นคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สถานการณ์เรื่อง ทะเลสาบเดดซี เมื่อถามว่าทำไมคนจึงลอยตัวได้อย่างง่ายในทะเลสาบเดดซี โดยไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยใดๆ นักเรียนส่วนใหญ่ตอบเพียงว่า เพราะทะเลสาบเดดซีมีเกลืออยู่มากกว่าทะเลปกติ ทำให้คนลอยได้ แต่นักเรียนไม่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความหนาแน่นของสารมาสร้างคำอธิบาย และพบว่านักเรียนจำนวนมากสร้างคำอธิบายในปรากฏการณ์ต่างๆ ไม่ได้

2) ระหว่างเรียน

การจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนนี้ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด สร้างคำอธิบายและเสนอคำอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนต่างๆ ทำให้นักเรียนคุ้นเคยกับการได้ฝึกคิดและบรรยาย อธิบายและทำนายมากขึ้น และพบว่าการซักถามและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ต่างๆ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจปรากฏการณ์และสามารถใช้ข้อมูลและหลักฐานมาสร้างคำอธิบายได้ดีขึ้น ดังเช่นแบบบันทึกผลการสอน เรื่อง การดูดความร้อนและการคายความร้อน พบว่าในระหว่างการจัดกิจกรรมเล่นเกมทายภาพนักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นในการเล่นเกมและช่วยกันทำแผ่นภาพของกลุ่ม โดยนักเรียนจะวาดภาพสถานการณ์และเขียนคำอธิบายของสถานการณ์ไว้ด้านหลังภาพ และเมื่อเล่นเกมนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาใช้อธิบายสถานการณ์จากแผ่นภาพที่กลุ่มอื่นทำขึ้นได้ดี เช่น นักเรียนอธิบายว่า เสื้อนักเรียนมีสีขาว เพราะสีขาวดูดความร้อนได้น้อย ทำให้คนใส่ไม่ร้อน หลังคาบ้านที่มีสีอ่อนจะดูดความร้อนและคายความร้อนได้น้อยกว่าหลังคาบ้านที่มีสีเข้ม อีกทั้งนักเรียนบางกลุ่มยังได้ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ด้วย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “ใส่น้ำเย็นลงในถ้วยที่เตรียมไว้แล้วนำโจ๊กหมูไปวางในถ้วยที่มีน้ำเย็น เพราะความร้อนจากถ้วยโจ๊กหมูจะคายความร้อนให้กับน้ำเย็น ทำให้เกิดสมดุลความร้อน ซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลองของกลุ่มคือการที่เราผสมน้ำร้อนกับน้ำเย็น โดยน้ำร้อนจะคายความร้อนให้กับน้ำเย็น และน้ำเย็นจะรับความร้อนจากน้ำร้อนทำให้เป็นอุณหภูมิผสม”
>
> (ใบกิจกรรมที่ 6.1 สมดุลความร้อนในชีวิตประจำวัน กลุ่ม 9)

3) หลังเรียน

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการบรรยายอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ดีขึ้น สอดคล้องกับแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังเช่น สถานการณ์เรื่อง ไข้หวัดนก H7N9 เมื่อถามว่า ทำไมนักวิทยาศาสตร์จึงวิตกกังวลว่าไข้หวัดนก H7N9 สามารถระบาดไปสู่คนทั่วโลก นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่า นักวิทยาศาสตร์วิตกกังวลว่าไข้หวัดนก H7N9 สามารถระบาดไปสู่คนทั่วโลกได้ เพราะไข้หวัดนก H7N9 อาจจะกลายพันธุ์และสามารถติดต่อระหว่างคนได้มากขึ้นหรือแพร่แบบคนสู่คนได้ และนักเรียนบางคนตอบเพียงว่าเป็นการแพร่ของเชื้อไวรัสอย่างรวดเร็วเท่านั้น นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบนี้ได้รับโอกาสในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เริ่มตั้งแต่ขั้นกำหนดสถานการณ์ ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและอธิบายหรือบรรยายสถานการณ์นั้นตามความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน และขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายร่วมกันเป็นกลุ่มและได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผลได้ อีกทั้งในขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้เรียนนั้นไปใช้บรรยาย อธิบาย และทำนายสถานการณ์ใหม่หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การจัดกิจกรรมเล่นเกมทายภาพ นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นในการเล่นเกมและช่วยกันทำแผ่นภาพของกลุ่ม โดยนักเรียนจะวาดภาพสถานการณ์และเขียนคำอธิบายของสถานการณ์ไว้ด้านหลังภาพ และเมื่อเล่นเกมนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาใช้อธิบายสถานการณ์จากแผ่นภาพที่กลุ่มอื่นทำขึ้นได้ถูกต้อง ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผล สอดคล้องกับแบบสังเกตพฤติกรรม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “ในระหว่างการทำกิจกรรม ประเทศไทยในอนาคต นักเรียนสามารถทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างสมเหตุสมผล โดยนักเรียนหลายกลุ่มนำเสนอว่า ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และฝุ่นในอากาศเพิ่มมากขึ้นจากเดิม เนื่องจากมีโรงงานอุตสาหกรรมและรถเพิ่มมากขึ้น บางกลุ่มอธิบายเพิ่มเติมว่า ความชื้นอากาศน้อยลง เพราะมีประชาชนเพิ่มขึ้นจึงตัดต้นไม้มาสร้างที่อยู่อาศัยมากขึ้น เมื่อต้นไม้น้อยลงจึงทำให้การคายน้ำน้อยลงด้วย”
>
> (แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ความชื้นของอากาศ)

2. ด้านความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ 2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ และ 2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยนำเสนอผลตามลำดับ ดังต่อไปนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การนำเสนอประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นในด้านความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้จะนำเสนอผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ดังตารางที่ 15 และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 15 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังทดลอง

กลุ่ม	N	คะแนนเต็ม	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		t	p
			$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.		
กลุ่มทดลอง	50	12	6.06	1.99	10.62	1.12	-15.14	.00*

*p < .05

จากตารางที่ 15 พบว่า ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการ

เรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) ของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 6.06 คะแนน และ 10.62 คะแนน ตามลำดับ จากการทดสอบที (t-test) พบว่าความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้หลังทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 16 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในถ่ายโยงการเรียนรู้ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	คะแนนเต็ม	ก่อนทดลอง		t	p	หลังทดลอง		t	p
		$\overline{X}$	S.D.			$\overline{X}$	S.D.		
กลุ่มทดลอง (n =50)	12	6.06	1.99	.298	.766	10.62	1.12	12.12	.00*
กลุ่มควบคุม (n =50)	12	6.18	2.03			6.70	1.99		

*p < .05

จากตารางที่ 16 พบว่า นักเรียนก่อนทดลองกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน และกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยวิธีปกติ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) ของความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้เท่ากับ 10.62 และ 6.70 ตามลำดับ และจากการทดสอบที (t-test) พบว่าความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมโดยจำแนกตามประเด็นที่ศึกษาในแบบวัดการถ่ายโยงการเรียนรู้ 4 ประเด็น ได้แก่ 1) การระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์ 2) การระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ 3) การเขียนอธิบายแนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน หรือการหาคำตอบของสถานการณ์ 4) การระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่นๆนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำไปใช้ในวิชาอื่น ๆ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการอภิปรายผล และข้อเสนอแนะการวิจัย ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยร้อยละของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการทดลองจำแนกตามประเด็นที่ศึกษาของแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	กลุ่มควบคุม			กลุ่มทดลอง		
		$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}_{ร้อยละ}$
1) การระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์	3	2.68	0.51	89.00	2.94	0.31	98.00
2) การระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์	3	1.12	0.90	37.33	2.40	0.67	80.00
3) การเขียนอธิบายแนวคิด หลักการ วิธีการหรือการหาคำตอบของสถานการณ์	3	1.56	0.76	52.00	2.76	0.52	92.00
4) การระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่นๆ ในชีวิตประจำวัน หรือวิชาอื่นๆ	3	1.34	0.94	44.67	2.52	0.58	84.00
รวม	12	6.70	1.99	55.83	10.62	1.12	88.50

จากตารางที่ 17 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง แยกตามประเด็นที่ศึกษาของแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้เรียงลำดับจากมากไปน้อยของกลุ่มทดลองได้ดังนี้ 1) การระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์ ร้อยละ 98.00 2) การเขียนอธิบายแนวคิด หลักการ วิธีการหรือการหาคำตอบของสถานการณ์ ร้อยละ 92.00 3) การระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่นๆ ในชีวิตประจำวัน หรือวิชาอื่นๆ ร้อยละ 84.00 และ 4) การระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ร้อยละ 80.00 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมทุกประเด็น

2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และแบบบันทึกการสอน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ที่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้ โดยนักเรียนตระหนักรู้ว่าตนเองจะนำความรู้เดิมมาใช้ในสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างไร นอกจากนี้ ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ของตนเองในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กับวิชาต่าง ๆ เช่น คณิตศาสตร์ ดาราศาสตร์ ภูมิศาสตร์ อีกทั้งนักเรียนสามารถเชื่อมโยงสาระความรู้ที่เรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างหลากหลาย ผู้วิจัยนำเสนอ 4 ประเด็น ได้แก่ 1. การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ 2. การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไป

ใช้ในสถานการณ์ใหม่ 3. การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน 4. การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในวิชาอื่น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1. การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่

นักเรียนที่ได้เรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานจะมีการถ่ายโยงการเรียนรู้ตลอดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยนักเรียนได้รับการฝึกให้คิดเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่ และได้ฝึกนำความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ และนักเรียนได้สรุปเนื้อหาสาระตามความรู้ความเข้าใจของตนเอง จนเกิดเป็นกฎเกณฑ์ที่ตนเองสร้างขึ้น ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้พบว่า หลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้เป็นอย่างดี โดยนักเรียนสามารถระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์ ร้อยละ 98.00 และนักเรียนสามารถระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้ ร้อยละ 80.00 นักเรียนมีพัฒนาการดังนี้

พัฒนาการด้านการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1) ก่อนเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่ยังระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในครั้งแรกๆ ได้ไม่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนบางคนระบุว่า การวัดความร้อน หรือไข้หวัดใหญ่ ซึ่งเป็นชื่อเรื่องของสถานการณ์ที่กำหนดให้ หรือบางคนไม่เขียนตอบในข้อนี้ และครั้งที่ 1 และ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้บ้างแต่ยังไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบถ้วน และจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้พบว่า เมื่อครูถามคำถามที่เกี่ยวกับความรู้เดิมนักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้ และไม่สามารถเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมมาใช้ในการอธิบายหรือการตอบคำถาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกๆ ของการทดลองนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้

2) ระหว่างเรียน

จากการจัดการเรียนการสอนตั้งแต่ครั้งที่ 3 เป็นต้นมา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้ในสถานการณ์ได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วนมากขึ้น แต่มีบางคนที่ระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้ในสถานการณ์ได้บ้างแต่ยังไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบถ้วน และพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนอธิบายหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องมากขึ้น แต่ยังไม่ครบถ้วน เช่น เรื่องการแผ่รังสีความร้อน นักเรียนบางคนตอบว่า การแผ่รังสีความร้อนสามารถแผ่ได้ทุกทิศทาง บางคนตอบว่าการแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หรือบางคนตอบว่า การแผ่รังสีความร้อนเป็นการแผ่รังสีความร้อนมายัง

โลกในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่มีนักเรียนส่วนหนึ่งสามารถอธิบายได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน โดยนักเรียนตอบว่า การแผ่รังสีความร้อน คือการถ่ายโอนความร้อนแบบไม่อาศัยตัวกลาง โดยการแผ่รังสีความร้อนในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และสามารถแผ่รังสีได้ทุกทิศทาง อีกทั้งนักเรียนบางคนยังได้ระบุถึงแนวคิดหรือความรู้ในเรื่องที่เรียนไปในชั่วโมงก่อนนี้คือเรื่อง การนำความร้อนและการพาความร้อน โดยนักเรียนตอบว่า การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนชนิดหนึ่งโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ซึ่งแตกต่างจากการนำและการพาความร้อนซึ่งใช้ตัวกลาง และในครั้งต่อๆ มา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “การดูดกลืนและคายความร้อน คือ การที่วัตถุได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์แล้วนำมาเก็บไว้และปล่อยออกไป โดยวัตถุที่มีสีเข้มจะดูดกลืนและคายความร้อนได้ดีกว่าวัตถุที่มีสีอ่อน”
>
> (แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ครั้งที่ 5 เรื่อง การเลือกเสื้อผ้า)

จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุหัวข้อความรู้และสามารถอธิบายหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้ดีขึ้น เช่น เชื่อมโยงประสบการณ์เดิมและความรู้เดิมที่มีมาก่อนคือ การจัดเรียงอนุภาคของสาร กับเนื้อหาสาระใหม่ คือ การนำความร้อน เชื่อมโยงประสบการณ์เดิมและความรู้เดิมที่มีมาก่อนคือ หลักการเรื่องการถ่ายโอนความร้อน กับเนื้อหาสาระใหม่คือ การพาความร้อน และเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมและความรู้เดิมที่มีมาก่อนคือ อวกาศ กับเนื้อหาสาระใหม่คือ การแผ่รังสีความร้อน สอดคล้องกับแบบบันทึกผลการสอนดังต่อนี้

> “นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำหลักการถ่ายโอนความร้อนจากการเรียนคาบที่แล้วเกี่ยวกับแนวคิดการถ่ายโอนความร้อนมาใช้ในการอธิบายเรื่อง การพาความร้อนในการตอบคำถามในชั้นเรียนได้ดี โดยนักเรียนตอบว่า ความร้อนจากเปลวเทียนไขมากระทบมือได้ เพราะใช้การถ่ายโอนความร้อน ซึ่งอากาศจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความร้อนสูงคือที่เทียนไขไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าคือมือเรา”
>
> (แบบบันทึกผลการสอน เรื่อง การพาความร้อน)

3) หลังเรียน

จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบนี้พบว่า ช่วงหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้ในสถานการณ์ได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วนมากขึ้นอย่างชัดเจน แต่มีนักเรียนเพียงบางคนที่ระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้ในสถานการณ์ได้บ้างแต่ยังไม่ถูกต้องหรือไม่ครบถ้วน และพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนอธิบายหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น ดังตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ต่อไปนี้

> “ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิ คือ 1. ความสูงจากระดับน้ำทะเล ยิ่งสูงอุณหภูมิยิ่งลดลง 2. พื้นที่ ถ้าเป็นทรายจะมีอุณหภูมิสูง 3. เส้นละติจูดและลองติจูด ถ้าใกล้เส้นศูนย์สูตรจะมีอุณหภูมิสูง 4. จำนวนต้นไม้ ถ้าต้นไม้มากจะมีอุณหภูมิต่ำ เพราะไม่มีไอน้ำและไม่กรองแสง” 5. เมฆ ถ้ามีเมฆมากจะมีอุณหภูมิต่ำเพราะกรองแสงจากดวงอาทิตย์”
>
> (แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ครั้งที่ 10 เรื่อง อากาศในอุทยานแห่งชาติกับนิคมอุตสาหกรรม)

นักเรียนได้รับโอกาสในการฝึกคิดเชื่อมโยงเกี่ยวกับประสบการณ์เดิมที่ครูยกตัวอย่างมาให้ในขั้นกำหนดสถานการณ์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมอภิปรายและซักถามเพื่อทบทวนความรู้เดิมและเชื่อมโยงมาสู่เรื่องใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับตัวอย่างที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมและความรู้เดิมที่มีมาก่อนคือ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดกลืนและการคายความร้อน กับเนื้อหาสาระใหม่คือ สมดุลความร้อน ดังต่อไปนี้

> “นักเรียนกลุ่ม 5 และ 7 สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ในขั้นกำหนดสถานการณ์ได้ดี โดยนักเรียนอธิบายว่านำขวดนมมาแกว่งในน้ำเย็น ทำให้ขวดนมเย็นเร็วกว่าการตั้งทิ้งไว้เฉยๆ เพราะอุณหภูมิของนมกับน้ำเย็นแตกต่างกันมากกว่านมกับอากาศ ทำให้ความร้อนจากนมจะคายความร้อนให้กับน้ำเย็นได้ดีกว่า”
>
> (แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลความร้อน)

อีกทั้งในขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ครูเปิดโอกาสให้โดยจะยกตัวอย่างสถานการณ์ใหม่ที่ไม่มีในบทเรียนและเป็นเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันในรูปแบบต่างๆ เช่น เกม บทความ วีดีทัศน์ ทำให้

นักเรียนได้ฝึกคิดเชื่อมโยงความรู้เดิมในสิ่งที่เรียนมาแล้วกับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้อีกครั้ง นักเรียนจึงสามารถเขียนอธิบายหลักการ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องมากขึ้น

2.2.2. การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

นักเรียนได้ทำกิจกรรมในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ขั้นสุดท้าย คือ ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้เรียนไปใช้ในสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ทำให้นักเรียนได้ฝึกเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ในหัวข้อที่เรียนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดให้ได้ นอกจากนี้ นักเรียนได้ทำแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้หลังจากเรียนเนื้อหาในแต่ละหัวข้อ จึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกครั้ง จึงทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ดี ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้พบว่า นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแนวคิด หลักการ วิธีการหรือการหาคำตอบของสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ได้ร้อยละ 92 นักเรียนมีพัฒนาการดังนี้

พัฒนาการด้านการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1) ก่อนเรียน

จากผลการวิเคราะห์แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ครั้งแรกๆ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายแนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน การหาคำตอบของสถานการณ์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน เช่น ในแบบวัดการถ่ายโยงการเรียนรู้ครั้งที่ 2 สถานการณ์เรื่อง หลังคาบ้าน นักเรียนอธิบายว่า สังกะสีเป็นตัวนำความร้อนส่วนกระเบื้องซีเมนต์ไม่นำความร้อนโดยไม่ได้อธิบายถึงแนวคิดหลักการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ให้ชัดเจน แต่มีนักเรียนบางคนสามารถเขียนอธิบายแนวคิดในการหาคำตอบของสถานการณ์ได้ถูกต้องและชัดเจน โดยนักเรียนตอบว่า สังกะสีเป็นวัตถุที่นำความร้อนได้ดีจึงทำให้ภายในบ้านมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่กระเบื้องซีเมนต์ใยหินและแผ่นยิปซั่มบอร์ดเป็นฉนวนความร้อนซึ่งไม่ยอมให้ความร้อนผ่าน จึงทำให้บ้านมีอุณหภูมิลดลง

2) ระหว่างเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนอธิบายแนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน การหาคำตอบของสถานการณ์ได้ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น เช่น ในสถานการณ์ที่ 5 เรื่อง การเลือกเสื้อผ้า นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายได้ว่า การเลือกเสื้อผ้าของเด็กหญิงน้อยหน่าและเด็กชายนำโชคนั้นเหมาะสม เพราะเด็กหญิงน้อยหน่าอยู่ที่มีแสงแดดจัดจึงใส่เสื้อผ้าที่มีสีอ่อน ทำให้ดูดกลืนความร้อนได้น้อย จึงทำให้น้อยหน่าไม่ร้อน ส่วนเด็กชายนำโชคอยู่ในบริเวณที่มีอากาศหนาวเย็นจึงใส่เสื้อผ้าที่มีสีเข้มจะทำให้ดูดกลืนความร้อนได้มาก จึงทำให้นำโชคอบอุ่น แต่นักเรียนบางคนอธิบายแนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน การหาคำตอบของสถานการณ์ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่แต่ไม่ชัดเจน โดยนักเรียนตอบว่า

เหมาะสม เพราะเด็กหญิงน้อยหน่าใส่เสื้อผ้าสีอ่อนเพราะอากาศร้อน และเด็กชายนำโชคใส่เสื้อผ้าสีดำมืดทึบ เพราะมีอากาศหนาว และเมื่อนักเรียนได้ทำกิจกรรมต่างๆ ตามรูปแบบการเรียนการสอน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายแนวคิดหรือหลักการของสถานการณ์ได้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องสอดคล้องกับตัวอย่างที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมดังต่อไปนี้

> “ในขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ พบว่านักเรียนหลายกลุ่มสามารถนำความรู้เรื่องสมดุลความร้อนมาใช้อธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง เช่น เรื่อง กาแฟเย็น นักเรียนอธิบายว่าเมื่อตั้งแก้วกาแฟเย็นไว้บนโต๊ะเป็นเวลานาน น้ำแข็งจะละลาย เพราะอุณหภูมิแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงกว่ากาแฟเย็น กาแฟเย็นดูดความร้อนจากอากาศรอบๆ น้ำแข็งในกาแฟเย็นจึงละลาย”
>
> (แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ เรื่องสมดุลความร้อน)

3) หลังเรียน

จากการจัดกิจกรรมตามรูปแบบการเรียนการสอนนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนอธิบายแนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน การหาคำตอบของสถานการณ์ได้ถูกต้องและชัดเจน โดยนักเรียนสามารถตอบคำถามและเขียนอธิบายโดยเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วนั้นมาใช้ในการแก้ปัญหาและตอบคำถามในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกันได้ แต่มีนักเรียนส่วนหนึ่งที่เขียนอธิบายแนวคิด หลักการได้ไม่ครบถ้วนและไม่ชัดเจน ดังตัวอย่างคำตอบจากแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ต่อไปนี้

> ตัวอย่างคำถาม ภูเขานี้สูงจากระดับน้ำทะเลเท่าไร และทำไมภาคภูมิจึงรู้สึกหูอื้อเมื่อขึ้นไปอยู่บนยอดเขา
>
> “ความดันที่ระดับน้ำทะเลจะมีค่า 760 mmHg ดังนั้นความดันอากาศเท่ากับ 760-670= 90 mmHg และความดันอากาศลด 1 mmHg เท่ากับความสูง 11 m ดังนั้นภูเขานี้สูง 90x11 = 990 เมตร เด็กชายภาคภูมิรู้สึกหูอื้อ เพราะภูเขาที่ยิ่งสูง ความดันอากาศจะยิ่งลดลง”
>
> (แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ครั้งที่ 12 เรื่อง หูอื้อ)

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกใช้แนวคิด หลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในระหว่างการจัดการเรียนการสอนหลายครั้ง ทั้งในขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่นักเรียนจะต้องเสนอข้อกล่าวอ้างและสร้างคำอธิบายเหตุการณ์หรือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สถานการณ์ที่โต้แย้งกันโดยนักเรียนจะเชื่อมโยงความรู้เดิมต่างๆ มาสร้างคำอธิบายอย่างสมเหตุสมผล อีกทั้งในขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ครูนำเสนอสถานการณ์อย่างหลากหลายในการสอนแต่ละเรื่อง จึงทำให้หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ดี สอดคล้องกับใบกิจกรรม ดังแสดงในภาพที่ 12

ภาพที่ 12 ตัวอย่างการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ในใบกิจกรรมที่ 12.2

2.2.3. การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานนั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ในห้องเรียนไปสู่การปฏิบัติจริงในชีวิตประจำวันและการดำรงชีวิตของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ดี ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้พบว่า นักเรียนสามารถระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในชีวิตประจำวันหรือวิชาอื่นๆ ได้ร้อยละ 84.00 นักเรียนมีพัฒนาการดังนี้

พัฒนาการด้านการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

1) ก่อนเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่ระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้บ้าง ในครั้งแรกๆ โดยนักเรียนส่วนใหญ่จะยกตัวอย่างที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ เช่น สถานการณ์เรื่อง การออกแบบบ้าน นักเรียนส่วนใหญ่ยกตัวอย่างว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์เรื่อง การออกแบบห้องเรียน ออกแบบห้องนอน ออกแบบตึก การสร้างสิ่งก่อสร้าง และบาง

คนยกตัวอย่างที่ครูสอนในห้องเรียนมาตอบ เช่น โคมลอย บอลลูน และนักเรียนมักไม่เขียนคำอธิบายที่แสดงถึงหลักการหรือแนวคิดที่นำไปใช้ในตัวอย่างนั้นให้ชัดเจน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

“ลมบก ลมทะเล โคมลอย”

(แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ครั้งที่ 3 เรื่อง การออกแบบบ้าน)

2) ระหว่างเรียน

ในช่วงระหว่างเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ในห้องเรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างชัดเจน และหลากหลายมากขึ้น จึงขอยกตัวอย่างในสถานกาณ์ที่ 7 เรื่อง ถ้วยแก้วร้าว นักเรียนส่วนใหญ่ระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างชัดเจน เช่น ข้าวเกรียบว่าว เมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวทำให้ข้าวเกรียบว่าวมีขนาดใหญ่ขึ้น เครื่องใช้ฟ้าที่มีตัวควบคุมอุณหภูมิ ถ้าร้อนจัดเหล็กข้างในจะขยายตัวและดันขึ้นทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ต่อกันจึงดับ การขึงสายไฟฟ้า จะต้องขึงให้หย่อนเพื่อป้องกันไม่ให้สายไฟฟ้าขาด เพราะเมื่ออากาศร้อนสายไฟจะขยายตัวและหย่อนลง และเมื่ออากาศเย็นจะทำให้สายไฟฟ้าตึง ลูกโป่งแตกเมื่อวางไว้กลางแดด เพราะเมื่อลูกโป่งได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัวทำให้ลูกโป่งแตก การต่อท่อ PVC ด้วยการลนไฟไปที่ปากท่อ แล้วเมื่อท่อเย็นตัวลงจะหดตัวทำให้ต่อท่อได้แน่นสนิท แต่มีนักเรียนบางส่วนยกตัวอย่างจากที่การทำกิจกรรมในห้องเรียนและระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ไม่ชัดเจน แต่ในครั้งต่อๆ มา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างชัดเจนและหลากหลายมากขึ้น สอดคล้องกับใบกิจกรรมที่ 4.2 เรื่อง อาชีพกับการแผ่รังสีความร้อน ที่นักเรียนทุกกลุ่มสามารถนำความรู้เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนแบบการแผ่รังสีความร้อนไปเชื่อมโยงกับอาชีพในท้องถิ่นของนักเรียนได้เป็นอย่างดี เช่น อาชีพซักรีดเสื้อผ้า อาชีพขายปลาเค็ม อาชีพทำธูป อาชีพทำนา อาชีพทำสีย้อมผ้า ดังตัวอย่างในภาพที่ 13

ภาพที่ 13 ตัวอย่างใบกิจกรรมที่ 4.2 เรื่อง อาชีพกับการแผ่รังสีความร้อนของกลุ่มที่ 4

จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้ที่เรียนในห้องเรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับตัวอย่างที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “นักเรียนทุกกลุ่มสามารถทำแผ่นภาพเรื่อง ประโยชน์ของการดูดกลืนและคายความร้อนในชีวิตประจำวันได้อย่างหลากหลาย เช่น รถขายไอศกรีม รถยนต์ แผงโซล่าเซลล์ หม้อทำครัว เสื้อนักเรียน กาต้มน้ำ และเมื่อเล่นเกมทายภาพ นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นและสามารถอธิบายแผ่นภาพที่เพื่อนทายได้โดยนำความรู้ในห้องเรียนมาใช้อธิบายได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับแผ่นภาพ โดยส่วนมากจะตอบได้ถูกต้อง”
>
> (แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การดูดกลืนและการคายความร้อน)

3) หลังเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ดีและหลากหลายมากขึ้น เช่น สถานการณ์เรื่อง ไอน้ำในห้องนอน นักเรียนส่วนใหญ่ยกตัวอย่างว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์เรื่อง การผ้าในฤดูหนาวจะทำให้ผ้าแห้งได้เร็ว การทาครีมทาผิวเพื่อรักษาความชุ่มชื้นของผิว การทาวาสลีนที่ริมฝีปากเพื่อไม่ให้ปากแตก การเล่นกีฬาใหม่ๆ ทำให้เหนียวตัว เพราะความชื้นในอากาศมาก สอดคล้องกับแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

> “การตากผ้าในฤดูหนาวจะทำให้ผ้าแห้งเร็ว เพราะในฤดูหนาวอากาศจะมีไอน้ำอยู่เป็นจำนวนน้อยมาก ทำให้น้ำในผ้าระเหยได้ดี จึงทำให้ผ้าแห้งเร็ว และในฤดูหนาวควรทาครีมทาผิว เพื่อรักษาความชุ่มชื้นไม่ให้ผิวแตกง่าย เนื่องจากในอากาศมีไอน้ำอยู่น้อยจะทำให้น้ำในผิวเราระเหยได้ง่าย”
>
> (แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ครั้งที่ 11 เรื่อง ไอน้ำในห้องนอน)

นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนนี้สามารถยกตัวอย่างในชีวิตประจำวันได้ดี เนื่องจากในขั้นสุดท้ายคือ ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ครูจะเสนอตัวอย่างสถานการณ์มากกว่าหนึ่งสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการเชื่อมโยงที่หลากหลายและทำให้นักเรียนสามารถยกตัวอย่างที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกี่ยวข้องหรือสอดคล้องกันมาใช้ได้ดี จึงทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ของตนเองไปใช้ในชีวิตประจำวันได้และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในอนาคตต่อไปได้

2.2.4. การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในวิชาอื่น

นักเรียนที่ได้เรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานจะมีการถ่ายโยงการเรียนรู้ตลอดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ส่วนใหญ่จะเน้นถึงการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่และไปใช้ในชีวิตประจำวัน แต่ไม่ค่อยได้เน้นถึงการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในวิชาอื่นๆ จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในวิชาอื่นอย่างชัดเจนนัก แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนได้ทำแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้หลังจากการเรียนเนื้อหาในแต่ละหัวข้อที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเขียนถึงการนำความรู้ที่ได้เรียนไปใช้ในวิชาอื่นๆ จึงทำให้นักเรียนส่วนหนึ่งสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้วิชาอื่นๆ ได้ นักเรียนมีพัฒนาการดังนี้

พัฒนาการด้านการเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในวิชาอื่น แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

ก่อนเรียน

ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนนี้ พบว่า นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในวิชาอื่นๆ เนื่องจากนักเรียนไม่ทราบว่าเรื่องดังกล่าวนั้นเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับวิชาอื่นอย่างไร

ระหว่างเรียน

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในระยะแรกๆ พบว่านักเรียนจะเชื่อมโยงความรู้เรื่องที่เรียนในห้องเรียนกับวิชาคณิตศาสตร์ เพราะเป็นเรื่องที่มีการคำนวณแต่นักเรียนไม่ได้ระบุว่าเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ในหลักการหรือแนวคิดเรื่องใด โดยนักเรียนจะระบุเพียงว่านำไปใช้ในวิชาคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ในชั่วโมงต่อๆ มา พบว่า นักเรียนเริ่มอธิบายหลักการที่เชื่อมโยงกันของวิชาอื่นๆ ได้ดีขึ้นดังนี้

1) การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับวิชาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โดยนักเรียนนำความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่อง การนำความร้อน การพาความร้อนไปเชื่อมโยงกับการออกแบบบ้าน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างอาคาร ดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “นำความรู้ไปใช้กับวิศกรรม วิศวกรสร้างบ้าน ช่างทำหลังคาบ้าน ในการเลือกใช้วัสดุหลังคาบ้านที่เป็นฉนวนความร้อน เพื่อทำให้บ้านไม่ร้อน”
>
> (แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ เรื่อง การเลือกหลังคาบ้าน)

2) การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับสถาปัตยกรรมศาสตร์ นักเรียนหลายคนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่อง การแผ่รังสีความร้อน การดูดกลืนและการคายความร้อน ไปเชื่อมโยงกับการออกแบบบ้าน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างอาคาร และการทาสีบ้าน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “สามารถนำความรู้เรื่องสีอ่อนจะดูดกลืนความร้อนได้น้อยกว่าสีเข้มไปใช้กับวิชาสถาปัตยกรรม ในการทาสีภายในบ้านด้วยสีอ่อน เช่น สีขาว สีครีม จะทำให้ภายในบ้านไม่ร้อนเพราะสีอ่อนจะดูดกลืนความร้อนได้น้อย”
>
> (แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ เรื่อง การเลือกเสื้อผ้า)

หลังเรียน

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สอนที่ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนได้ฝึกนำความรู้ไปใช้อธิบายและแก้ปัญหาในเรื่องต่างๆ ทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของวิชาวิทยาศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้มากขึ้น โดยนักเรียนสามารถอธิบายหลักการที่เชื่อมโยงกันของวิชาอื่นๆ ได้หลากหลายและชัดเจนมากขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับวิชาคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนหลายคนจะยกตัวอย่างเนื้อหาที่มีการคำนวณเรื่องต่างๆ ที่ได้เรียนนั้นไปใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ เช่น การหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ การหาค่าความชื้นสัมบูรณ์ การหาค่าความดันอากาศ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “นำการแก้สมการจากการคำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นสัมบูรณ์ไปใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้สมการได้”
>
> (แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ เรื่อง ไอน้ำในห้องนอน)

2) การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับวิชาสังคมและภูมิศาสตร์ นักเรียนบางคนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาที่ได้เรียนไปกับเนื้อหาวิชาสังคมและภูมิศาสตร์ เช่น เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อนกับการเลือกเสื้อผ้าเครื่องแต่งกายให้เหมาะสมในแต่ละท้องถิ่น เรื่อง อุณหภูมิของอากาศกับการตั้งถิ่นฐานของคนในแต่ละภูมิภาค อุณหภูมิของอากาศที่สัมพันธ์กับความสูงไปเชื่อมโยงกับลักษณะทางภูมิศาสตร์และสภาพภูมิอากาศ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

"นำไปใช้ในวิชาภูมิศาสตร์ เพราะจะต้องศึกษาทางด้านอุณหภูมิของแต่ละพื้นที่ ที่ราบสูง ที่ราบต่ำ และสภาพอากาศที่เส้นศูนย์สูตร"

(แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ เรื่อง อากาศในอุทยานแห่งชาติกับนิคมอุตสาหกรรม)

3) การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับวิชาดาราศาสตร์ มีนักเรียนบางคนสามารถเชื่อมโยงเรื่องชั้นบรรยากาศไปใช้ในวิชาดาราศาสตร์ในประเด็นเรื่อง อุกกาบาต ดาวตก ดังตัวอย่างต่อไปนี้

"ชั้นมีโทสเฟียร์ เป็นชั้นที่ทำให้เกิดการลุกไหม้ของวัตถุนอกโลก ซึ่งจะทำให้เกิดฝนดาวตก หรือดาว ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการศึกษาในวิชาดาราศาสตร์เกี่ยวกับการศึกษาวัตถุนอกโลก"

(แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ เรื่อง โรงเรือนกระจก)

4) การเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับวิชาเกษตรศาสตร์ นักเรียนบางคนสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่อง อุณหภูมิของอากาศไปเชื่อมโยงกับการเพาะปลูกพืชให้เหมาะสม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

"การเพาะปลูก ซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงก็ควรปลูกพืชที่ต้องการอุณหภูมิสูงและถ้าอุณหภูมิต่ำก็ต้องปลูกพืชที่ต้องการอุณหภูมิต่ำ"

(แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ เรื่อง อากาศในอุทยานแห่งชาติกับนิคมอุตสาหกรรม)

Chulalongkorn University

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้จำนวน 12 ครั้ง ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกฝนในการถ่ายโยงการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ นอกเหนือจากที่นักเรียนได้ฝึกถ่ายโยงการเรียนรู้ในขั้นตอนต่างๆ ของรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ผลการวิเคราะห์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการพัฒนาความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงขึ้นเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงแรกๆ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ หลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ และเขียนอธิบายแนวคิด หลักการ วิธีการ ขั้นตอน หรือการหาคำตอบของสถานการณ์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์ได้บ้างบางส่วน อีกทั้งการระบุตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่น ๆ นำไปใช้ในชีวิตประจำวันหรือนำไปใช้ในวิชาอื่น ๆ ไม่ค่อยชัดเจนและไม่หลากหลาย และนักเรียนหลายคนไม่เขียนตอบหรือตอบไม่ถูกต้อง เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมตามรูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการ

สืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน หลายครั้งๆ พบว่านักเรียนเกือบทุกคนสามารถระบุหัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์ได้ถูกต้องชัดเจน และนักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้ถูกต้องและชัดเจน และสามารถนำความรู้ได้เรียนรู้แล้วนั้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ได้ถูกต้องและชัดเจน อีกทั้งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนนั้นไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ชัดเจนและหลากหลายมากขึ้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ดีขึ้นเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียนมีการพัฒนาการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงขึ้นอย่างชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และเพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ดังนั้น การดำเนินการวิจัยจึงแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ได้จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่สามารถนำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ โดยกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนแล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ เมื่อปรับปรุงคุณภาพรูปแบบการเรียนการสอนแล้วจึงเข้าสู่ขั้นการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 ห้องเรียน เป็นเวลา 11 สัปดาห์ รวม 33 คาบ และนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ได้แก่ ค่าร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปทางประชากร และสถิติเชิงอ้างอิง (Inferential Statistic) ใช้การทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย และนำข้อมูลเชิงคุณภาพมาวิเคราะห์โดยวิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสนับสนุนและอธิบายประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนในครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการวิจัย

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

1. รูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เป็นแบบแผนการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาจากแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่ให้นักเรียนใช้กระบวนการในการแสวงหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น

แนวทางในการตั้งคำถาม สมมติฐาน ควบคุมตัวแปร ออกแบบ สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล ลงข้อสรุป และใช้การโต้แย้งในการประเมินและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง เพื่อใช้ในการบรรยาย การอธิบาย และการทำนายปรากฏการณ์ และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ที่ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทที่เกี่ยวข้องกับปัญหา สถานการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันของนักเรียนโดยนักเรียนจะถูกกระตุ้นให้สร้างการเชื่อมโยงระหว่างความรู้และการประยุกต์ใช้ความรู้กับการดำเนินชีวิต และเมื่อนักเรียนเชื่อมโยงได้แล้วสามารถนำความรู้เหล่านี้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้

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

1) หลักการ

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ประกอบด้วยหลักการ 4 ประการ ดังนี้

(1) การใช้บริบทที่สัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับนักเรียนมากระตุ้นช่วยทำให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้และมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น

(2) การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมการสืบสอบหาความรู้ให้มีประสิทธิภาพ โดยใช้แบบจำลองเป็นแนวทางในตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมและแปลความหมายข้อมูล ผ่านการลงมือปฏิบัติ อภิปรายและทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มที่มีการปฏิสัมพันธ์กัน

(3) การนำแบบจำลองมาใช้ในการโต้แย้งช่วยทำให้การโต้แย้งมีคุณภาพ มีความชัดเจน เห็นเป็นรูปธรรม รวมทั้งประเมินและแก้ไขแบบจำลอง โดยการใช้ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์

(4) การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในบริบทอื่นๆ ช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

2) วัตถุประสงค์

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่พัฒนาขึ้น มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อดังนี้

(1) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

(2) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

3) ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน

ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นกำหนดสถานการณ์ เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน และกำหนดสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีความสนใจ และอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถาม

(2) ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นหรือตั้งสมมติฐาน แล้วลงมือปฏิบัติโดยทำการทดลอง สังเกต สำรวจ สืบค้น ด้วยการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและมีปฏิสัมพันธ์กัน และเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน เพื่อทดสอบแบบจำลอง

(3) ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง ประเมินข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองผ่านการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม โดยการใช้หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่าวอ้างที่นำเสนอ เพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของห้อง

(4) ขั้นสรุปความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการอภิปราย ข้อคิดเห็นที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มอื่น และปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง แล้วลงข้อสรุปร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องและสมเหตุสมผล

(5) ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นที่นักเรียนนำแบบจำลอง ความรู้ หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ภายใต้เงื่อนไขใหม่ และบริบทใหม่ เพื่อบรรยาย อธิบาย หรือทำนายสถานการณ์ใหม่หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

4) แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน

การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยดำเนินการทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการจัดการเรียนการสอน ซึ่งประเมินผลทั้งด้านความรู้และกระบวนการตามสภาพที่เป็นจริงของผู้เรียน ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย ดังนี้

(1) การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประเมินก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และประเมินระหว่างเรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และแบบบันทึกผลการสอน

(2) การประเมินความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ประเมินก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ และประเมินระหว่างเรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และแบบบันทึกผลการสอน

5) เงื่อนไขในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

การใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น มีเงื่อนไขในการใช้รูปแบบดังต่อไปนี้

(1) เงื่อนไขด้านผู้สอน

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ การสร้างข้อสรุป การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้จากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้ ดังนั้น นอกจากผู้สอนจะต้องมีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างดีแล้ว ยังควรเป็นผู้ที่สามารถนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันต่างๆ มากระตุ้นความสนใจของนักเรียนในประเด็นหรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา และเห็นความสำคัญของการสร้างทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่หลากหลายเพื่อเป็นแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ อีกทั้งควรให้ความสำคัญเกี่ยวกับการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่างอ้างและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

(2) เงื่อนไขด้านเวลา

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการสืบสอบหาความรู้ซึ่งให้ลงมือปฏิบัติหรือทำการทดลอง และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองผ่านการโต้แย้งซึ่งเปิดโอกาสให้มีการเสนอประเด็นสนับสนุนและคัดค้าน ดังนั้นผู้สอนที่จะนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอนจะต้องพิจารณาว่า รายวิชาดังกล่าวนั้นมีระยะเวลาที่มีจำนวนชั่วโมงเพียงพอที่จะเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อสืบสอบหาความรู้และโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาหรือแนวคิดที่ได้เรียนรู้และสามารถลงมือปฏิบัติสิ่งที่ได้เรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(3) เงื่อนไขด้านผู้เรียน

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่นำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งผู้สอนสามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปใช้ในระดับการศึกษาอื่นๆ ได้ ทั้งระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา โดยผู้สอนควรพิจารณาเนื้อหาสาระในรายวิชาที่ต้องการสอนนั้นว่าต้องการพัฒนาผู้เรียนในด้านใด ถ้าหากรายวิชาที่สอนเน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสร้างข้อสรุป ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการถ่ายโยงการ

เรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนนี้ ผู้สอนสามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้โดยพิจารณาเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระในรายวิชาและเวลา ซึ่งผู้สอนสามารถคัดเลือกเนื้อหาสาระที่เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียนและวัยของผู้เรียน และควรเลือกใช้บริบทที่สัมพันธ์กับผู้เรียนหรือบริบทที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และปรับเปลี่ยนกิจกรรมหรือใช้เทคนิคต่างๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นเรียน

2. การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน

การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น แบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2.2 ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ มากที่สุด รองลงมาเป็นความสามารถในการสร้างข้อสรุป และความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนมีพัฒนาการในด้านต่างๆ สูงขึ้นจากก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยนักเรียนสามารถแสดงหลักฐานที่ชัดเจนและระบุข้อมูลที่สำคัญได้อย่างถูกต้อง สามารถระบุสร้างข้อสรุปโดยใช้ข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผล และสามารถสร้างคำอธิบายที่สอดคล้องกับข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการบรรยาย อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ดีขึ้น

2.2 ด้านความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

นักเรียนมีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงขึ้นจากก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้และตระหนักรู้ว่าตนเองใช้ความรู้นั้นไปใช้ในสถานการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ โดยนักเรียนสามารถเขียนอธิบายหลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น และสามารถเชื่อมโยงสาระความรู้ที่เรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างหลากหลาย อีกทั้งสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ของตนเองในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กับวิชาต่างๆ ได้ มากขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีประเด็นอภิปราย 2 ประเด็น ได้แก่ 1. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน 2. ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน และ 3. การดำเนินงานตามแผนการทดลองในการวิจัยและพัฒนา โดยนำเสนอตามลำดับต่อไปนี้

1. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

การอภิปรายเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนมีประเด็นสำคัญ 3 ประเด็น ได้แก่ 1.1 ข้อเด่นของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 1.2 ข้อจำกัดของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น และ 1.3 โอกาสของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ข้อเด่นของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีจุดเด่น 3 ประการ ดังนี้

1) การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยแนวทางการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ได้จากการสังเคราะห์แนวคิดของ Joyce and Weil (2000) ที่เน้นการกำหนดจุดมุ่งหมายหลักที่จะทำให้เกิดผลสูงสุดต่อผู้เรียน และการพัฒนารูปแบบต้องมีทฤษฎีรองรับ ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนครั้งนี้มีการกำหนดองค์ประกอบในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน และในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนมีความสัมพันธ์กัน สามารถลำดับขั้นตอนของการพัฒนาได้ มีการศึกษาแนวคิดทฤษฎี และข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน มาวิเคราะห์และสังเคราะห์จนได้สาระสำคัญของรูปแบบและผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ จากนั้นจึงนำรูปแบบการเรียนการสอนไปทดลองใช้เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา ระยะเวลา และสื่อประกอบการจัดการเรียนการสอน เพื่อนำผลการทดลองสอนมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์จริง จึงกล่าวได้ว่า ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีการพัฒนาอย่างเป็นระบบสอดคล้องกับแนวคิดของ ทิศนา แขมมณี (2551) ที่กล่าวไว้ว่า การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนต้องผ่านการจัดองค์ประกอบต่างๆ ของรูปแบบการเรียนการสอนให้เป็นระบบ สามารถสรุปเป็นองค์ประกอบที่สำคัญได้ ดังนี้ 1) หลักการของรูปแบบได้จากแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีที่ใช้สนับสนุนรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น 2) เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ ที่อธิบายถึงสิ่งที่มุ่งพัฒนาหรือคุณลักษณะที่ต้องการให้เกิดขึ้น 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่จะส่งผลต่อการเรียนรู้ และ 4) การวัดและประเมินผลที่ชี้ให้เห็นถึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบนั้น

2) รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสภาพจริงกล่าวคือ รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบที่เริ่มจากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจริงจากผลการประเมินรายงานผลการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (TIMSS) ซึ่งประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญา 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ (Knowing) ด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ (Applying) และด้านการให้เหตุผล (Reasoning) พบว่า

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติและมีแนวโน้มลดต่ำลง และการประเมินของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ที่ต้องการทราบว่า นักเรียนเรียนรู้ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ดีเพียงใด พบว่า ตั้งแต่ ค.ศ. 2000 เป็นต้นมา นักเรียนไทยมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนไทยยังไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และไม่สามารถนำความรู้ในห้องเรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้ความเห็นว่า การที่นักเรียนไทยได้คะแนนอยู่ในระดับต่ำเป็นเพราะข้อสอบลักษณะนี้เป็นสิ่งที่นักเรียนไทยไม่คุ้นเคย นักเรียนจึงควรจะได้รับการฝึกฝนให้เคยชินกับการเขียนอธิบาย การให้เหตุผล การอ้างอิงหรือการใช้ประจักษ์พยาน เพราะเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554: 79) รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เน้นให้นักเรียนแสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และนำความรู้ไปใช้ในบริบทอื่น จากการให้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน แล้วนักเรียนลงมือปฏิบัติผ่านการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้าง การประเมิน การแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้ ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้ฝึกการแสดงถึงความเข้าใจของตนเองและสามารถอธิบายให้ผู้อื่นฟังอย่างสมเหตุสมผลโดยการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งทำให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองอย่างชัดเจนจนสามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและในขอบข่ายวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอีกด้วย

3) รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติผ่านการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้าง การประเมิน การแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตลอดจนสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้ ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดี สามารถสื่อสารความรู้ความเข้าใจของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้ สอดคล้องกับ Schwarz et al. (2009) ที่ได้กล่าวถึงข้อดีของการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ว่า การสร้างแบบจำลองจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจลักษณะของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยนักเรียนสามารถอธิบายกลไกและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ และการสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ สามารถสะท้อนความคิดและใช้แบบจำลองในการให้เหตุผลได้ อีกทั้งรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ ยังเน้นการใช้บริบทที่เกี่ยวข้องกับปัญหาสถานการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยนักเรียนจะถูกกระตุ้นให้สร้างการ

เชื่อมโยงระหว่างความรู้และการประยุกต์ใช้ความรู้กับการดำเนินชีวิต และเมื่อนักเรียนเชื่อมโยงได้แล้วสามารถนำความรู้เหล่านี้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้ สอดคล้องกับ Mestre (2002: 13) ที่กล่าวว่า บริบท (context) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายโยงการเรียนรู้ ควรให้นักเรียนได้มีโอกาสนำความรู้ที่ได้เรียนรู้นั้นไปใช้ในบริบทอื่นๆ จะทำให้นักเรียนเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ดี เนื่องจากบริบทช่วยทำให้นักเรียนเห็นความเกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้จากสิ่งที่ได้เรียนในห้องเรียน หรือเป็นการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม ความสนใจ และความคิดซึ่งจะทำให้กระบวนการเรียนรู้นั้นประสบความสำเร็จ (Parchmann et al., 2006: 1046)

1.2 ข้อจำกัดของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถพัฒนาความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ การสร้างข้อสรุป การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้จากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานอื่นๆ ได้ แต่มีข้อจำกัดอยู่บ้าง เช่น ผู้สอนจะต้องมีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างดีแล้วยังควรเป็นผู้ที่สามารถนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันต่างๆ มากระตุ้นความสนใจของนักเรียนในประเด็นหรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา เห็นความสำคัญของการสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่หลากหลาย เพื่อเป็นแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่างอ้างหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผู้สอนควรคำนึงถึงระดับความรู้พื้นฐานหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนว่าเป็นอย่างไร เพื่อจะได้ปรับเปลี่ยนกิจกรรมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมและลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน นอกจากนี้ผู้สอนที่จะนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอนจะต้องพิจารณาว่า รายวิชาดังกล่าวนั้นมีระยะเวลาที่จะเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อสืบสอบความรู้และทำกิจกรรมโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอ อีกทั้งอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลองหรือทำกิจกรรมควรมีปริมาณเพียงพอและสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาหรือแนวคิดที่ได้เรียนรู้และสามารถลงมือปฏิบัติสิ่งที่ได้เรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ในชีวิตประจำวันและในอนาคตต่อไป

1.3 โอกาสของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

ผู้สอนสามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้ในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา และสามารถใช้ได้เนื้อหาสาระที่หลากหลายทั้งที่เป็นการทดลอง เนื้อหาที่เป็นรูปธรรม รวมถึงเนื้อหาที่เป็นนามธรรม เนื่องจากรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติผ่านการสืบสอบหาความรู้ที่เน้นการสร้าง ประเมิน และแก้ไขแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองนั้นเป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด กระบวนการหรือระบบที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับความจริงให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น รวมถึงช่วยในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดในระดับจุลภาค รวมถึงสามารถเชื่อมโยงแนวคิดในระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ได้ โดยผู้สอนควรพิจารณาเนื้อหาสาระในรายวิชาที่ต้องการสอนว่าต้องการพัฒนาผู้เรียนในด้านใด ถ้าหากรายวิชาที่สอนเน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสร้างข้อสรุป ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนนี้ ผู้สอนสามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้โดยพิจารณาเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระในรายวิชา และด้านเวลา ซึ่งผู้สอนสามารถคัดเลือกเนื้อหาสาระที่เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียนและวัยของผู้เรียน และควรเลือกใช้บริบทที่เหมาะสมกับนักเรียนและเนื้อหาที่ต้องการสอน และปรับเปลี่ยนกิจกรรมหรือใช้เทคนิคต่างๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นเรียน ถ้าหากเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นควรเลือกบริบทที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์หรือประเด็นที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียนโดยตรง บริบทที่เกิดขึ้นในชุมชนและสังคม หรือเป็นบริบทที่เกี่ยวข้องกับการประกอบอาชีพในท้องถิ่นของนักเรียน ซึ่งบริบทที่ใช้ต้องเป็นตัวแทนของเนื้อหาหรือแนวคิดที่ดี เข้าใจง่าย และไม่มีความซับซ้อนจนเกินไป

Chulalongkorn University

2. ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอน

การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นแบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และ 2.2 ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการ

เรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และหลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงขึ้น โดยแบ่งประเด็นตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ดังต่อไปนี้

1) ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านความสามารถในใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด อาจเป็นเพราะใน **ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง** เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นหรือตั้งสมมติฐานแล้วลงมือปฏิบัติโดยทำการทดลอง สังเกต สำรวจ สืบค้น อีกทั้งนักเรียนจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ เพื่อใช้ทดสอบแบบจำลองของกลุ่ม ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะถูกใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนการอธิบายหรือการบรรยายปรากฏการณ์ต่างๆ ด้วย สอดคล้องกับแนวคิดของ Coll and Lajium (2011) ที่กล่าวว่า การส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองนั้นจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และสามารถนำแบบจำลองนั้นมาใช้เป็นตัวแทนทางความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งนักเรียนจะต้องใช้ข้อมูลหรือหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้ได้แบบจำลองที่สมบูรณ์อีกด้วย และใน**ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์** เป็นขั้นที่นักเรียนได้ประเมินข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองผ่านการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม จึงทำให้นักเรียนได้ฝึกการใช้หลักฐานในการอธิบายและสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง และหาหลักฐานที่หักล้างหรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้างของผู้อื่น สอดคล้องกับแนวคิดของ Besnard and Hunter (2008) ที่กล่าวว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จะต้องใช้ข้อมูล สถิติ หลักการ การอ้างถึงความคิดของผู้เชี่ยวชาญเพื่อสนับสนุนความคิดของตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Walker et al. (2010) ที่ได้ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการใช้หลักฐานและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไป พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการใช้หลักฐานและการให้เหตุผล

เชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ภคพร อิสระ (2557) ที่ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) ความสามารถในการสร้างข้อสรุป

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยพัฒนาความสามารถในด้านความสามารถในการสร้างข้อสรุปสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนใน **ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์** เป็นขั้นที่นักเรียนได้ฝึกสร้างข้อกล่าวอ้างเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้าน และใช้ข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการการสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลในระหว่างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับแนวคิดของ Erduran and Jiménez-Aleixandre (2007) ที่กล่าวถึงประโยชน์ของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะการให้เหตุผลต่อทฤษฎีหรือจุดยืนที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผลและเหมาะสมที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Choi, Notebaert, Diaz, and Hand (2010) ที่ศึกษาการสร้างข้อโต้แย้งในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 5, 7 และ 10 พบว่า การจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งช่วยสนับสนุนให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และ**ขั้นสรุปความรู้** เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้สร้างข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และใช้ความเป็นเหตุเป็นผลรวมถึงหลักฐานที่เก็บรวมรวมได้มาสร้างเป็นหลักการจนได้เป็นข้อสรุป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น แล้วลงข้อสรุปร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องและสมเหตุสมผล สอดคล้องกับแนวคิดของ Rea-Ramirez, Clement, and Núñez-Oviedo (2008) ที่กล่าวว่า การดัดแปลงและแก้ไขแบบจำลอง เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดซึ่งขั้นตอนนี้มีความสำคัญที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับงานวิจัยของ Schwarz et al. (2009) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาความก้าวหน้าในการเรียนรู้และการสร้างแบบจำลองทาง

วิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองได้ถูกต้องมากขึ้น รวมทั้งสามารถใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และทำนายปรากฏการณ์ได้อย่างมีศักยภาพ และนักเรียนที่ฝึกการสร้างแบบจำลองมีการพัฒนาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และทำให้นักเรียนมีเหตุผล อีกทั้งสามารถสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง

3) ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยพัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์สูงขึ้น อาจเนื่องมาจากใน **ขั้นกำหนดสถานการณ์** เป็นขั้นที่ครูกำหนดสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีความสนใจ และเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว ทำให้นักเรียนได้ฝึกสร้างคำบรรยายหรือคำอธิบายจากความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของตนเอง สอดคล้องกับคำกล่าวของ Finkelstein (2001) กล่าวว่า บริบทที่สัมพันธ์กับนักเรียนจะช่วยให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็นในสิ่งที่จะเรียนต่อไปว่ามีความเกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือประสบการณ์ที่นักเรียนเคยเกี่ยวข้องอย่างไร และนักเรียนจะตระหนักว่าสิ่งที่อยู่ในชีวิตประจำวันของตนเองนั้นมีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ด้วยกันทั้งสิ้น ซึ่งนักเรียนจะเกิดความสนใจในสถานการณ์และสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์นั้นตามความเข้าใจของตนเองอย่างสมเหตุสมผล และ**ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง** เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเพื่อเป็นตัวแทนทางความคิดในการบรรยาย อธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ ช่วยทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ แนวคิด หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ดี รวมถึงทำให้เข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมหรือไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Schwarz et al. (2009) ที่กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับลักษณะของปรากฏการณ์ที่ศึกษาและนักเรียนจะใช้แบบจำลองในการแสดง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งแบบจำลองช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์และสะท้อนความคิดได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ จงกล บุญรอด (2557) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อีกทั้งใน **ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์** เป็นขั้นที่นักเรียนได้ฝึกแสดงความคิดหรือคำอธิบายที่เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับแบบจำลองที่นำเสนอหรือข้อกล่าวอ้างระหว่างกลุ่มตนเองกับกลุ่มอื่นๆ ซึ่งนักเรียนจะต้องสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับแนวคิดของ Acar and Patton (2012) ที่ศึกษาทักษะการโต้แย้งและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบแบบนำทางโดยใช้การโต้แย้งเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และช่วยส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย และใน **ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่** เป็นขั้นที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนนำแบบจำลองหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปใช้บรรยาย อธิบาย หรือทำนายสถานการณ์ใหม่หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยนักเรียนจะตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบหรือคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่นั้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Louca and Zacharia (2012) ที่เสนอแนวทางการใช้แบบจำลองในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า ควรให้นักเรียนแก้ไขแบบจำลองแล้วนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งจะทำให้นักเรียนนำความรู้ไปอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆ ส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดที่กว้างขึ้นและทำให้นักเรียนได้ฝึกสร้างการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผลมากขึ้น

แต่อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าคะแนนความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์นั้นค่อนข้างน้อย อาจจะเป็นเพราะการอธิบายปรากฏการณ์ต้องใช้กระบวนการทางความคิดหลายอย่างเข้าด้วยกัน เช่น การจำแนก การวิเคราะห์ การลงความเห็นและการทำนาย รวมไปถึงกระบวนการคิดที่เป็นตรรกะ และการอธิบายเป็นวิธีการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่เชื่อมโยงจากการสังเกตในสิ่งที่ไม่รู้หรือไม่คุ้นเคยกับสิ่งที่รู้อยู่แล้ว (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2558) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ruiz-Primo, Li, Tsai, and Schneider (2010) ที่ศึกษาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการสอนแบบสืบสอบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพียงร้อยละ 18 ของนักเรียนทั้งหมด

2.2 ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

ผลการวิจัยสรุปว่า ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และหลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้

โดยใช้บริบทเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยพัฒนาความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้สูงขึ้น อาจเนื่องมาจากใน **ขั้นกำหนดสถานการณ์** ซึ่งเป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน และกำหนดสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีความสนใจ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการเลือกบริบทให้เหมาะสมของ De Jong (2008) ที่กล่าวไว้ว่า บริบทต้องเป็นที่รู้จักดีของนักเรียน ต้องมีความสัมพันธ์กับนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนรู้ อีกทั้งการนำบริบทเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในชีวิตประจำวันมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ จะช่วยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bennett and Lubben (2006) พบว่า การนำบริบทเกี่ยวกับอุตสาหกรรมทางเคมีมาใช้การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตร Salter Advanced Chemistry ช่วยพัฒนาความเข้าใจเรื่อง พันธะเคมี อุณหพลศาสตร์ และสมดุลเคมีของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จินดา พราหมณ์ชู และคณะ (2553) ที่ศึกษาผลของการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยทำให้นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มขึ้น เนื่องจากลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เริ่มต้นด้วยการนำบริบทซึ่งเป็นเหตุการณ์หรือสถานการณ์ต่างๆ มาเป็นตัวกระตุ้น ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี และ**ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง** เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องสำรวจตรวจสอบผ่านการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มซึ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สำรวจ และทดลองด้วยตนเอง สอดคล้องกับแนวคิดของ Kolb (1984) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้จากประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม ทำให้นักเรียนได้ทบทวน สังเกตอย่างลึกซึ้งถึงประสบการณ์ที่ได้รับ แล้วสะท้อนความคิด สรุปเป็นความคิดรวบยอด จากนั้นจะสามารถนำไปประยุกต์หรือทดลองใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้ จึงทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างแท้จริง สามารถนำความรู้ที่ได้นี้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นต่อไปได้ อีกทั้งหลังจากการสำรวจตรวจสอบจะให้นักเรียนสร้างแบบจำลองของกลุ่มที่สอดคล้องกับข้อมูลและหลักฐานที่พบ ทำให้นักเรียนได้แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง ดังเช่นแนวคิดของ Osborne (2014) ที่กล่าวว่า การสนับสนุนให้นักเรียนสร้างแบบจำลองไม่เพียงแต่พัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังช่วยพัฒนาอภิปัญญา (Metaknowledge) อีกด้วย เช่นเดียวกับแนวคิดของ Schwarz et al. (2009: 634-636) ที่กล่าวว่า แบบจำลองเป็นเครื่องมือใช้ที่สำคัญในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และใช้ในการสื่อสารที่แสดงถึงความเข้าใจหรือความรู้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pringle (2004) ที่ได้ศึกษา

ผลการสอนเรื่อง อะตอมและโครงสร้างอะตอมของโบร์ โดยการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมและพฤติกรรมของอะตอมที่ชัดเจนและเกิดความเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maia and Justi (2009) ที่ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการเรียนเรื่องสมดุลเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพัฒนาความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนให้สูงขึ้นและการสร้างแบบจำลองมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้เรื่องสมดุลเคมีอีกด้วย

อีกทั้ง **ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์** เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเองและเสนอประเด็นข้อโต้แย้งต่อกลุ่มอื่น ทำให้นักเรียนได้แสดงความคิด ความรู้ หรือคำอธิบายที่เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับแบบจำลองที่นำเสนอ และนักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลองของแต่ละกลุ่มและสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของห้อง ซึ่งกระบวนการโต้แย้งนี้ทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ทำให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน สอดคล้องกับแนวคิดของ Vygotsky (1986) ที่กล่าวว่า การสร้างความรู้เป็นกิจกรรมทางสังคม บุคคลจะสร้างความรู้ต้องอาศัยการปฏิสัมพันธ์กับสังคม อีกทั้งสิ่งแวดล้อมและบริบททางวัฒนธรรมก็มีผลต่อกระบวนการสร้างความรู้ของบุคคล ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจอย่างแท้จริง สอดคล้องกับแนวคิดของ Gilbert et al. (2011) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานจะมีประสิทธิภาพหากสนับสนุนให้นักเรียนเกิดความสนใจและเห็นคุณค่าของสถานการณ์ และการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มหรือคณะจะสามารถพัฒนาความเข้าใจผ่านการปฏิสัมพันธ์กันและการอภิปรายร่วมกัน จึงควรสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติของชุมชน (community of practice) จะทำให้การเรียนรู้นั้นมีคุณภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sampson and Clark (2009) ที่ศึกษาผลของการร่วมมือกันในกิจกรรมการโต้แย้ง เพื่อเปรียบเทียบระดับของการเรียนรู้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบเดี่ยวกับนักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบกลุ่มร่วมมือกัน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่อยู่ในกลุ่มที่สร้างข้อโต้แย้งแบบร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มมีความเชี่ยวชาญและสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ดีกว่ากลุ่มของนักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบเดี่ยว และ**ขั้นสรุปความรู้** เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่มาสัมพันธ์กัน ซึ่งนักเรียนจะตระหนักรู้ว่าตนเองกำลังใช้ความรู้เรื่องใดและความรู้นั้นคืออะไร และนักเรียนได้ร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่มและลงข้อสรุปร่วมกัน ทำให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผลและได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Georghiades (2000) ได้ศึกษาการ

ถ่ายโยงการเรียนรู้ ความคงทนในการเรียนรู้ และอภิปัญญา ของนักเรียนเกรด 5 โรงเรียนประถมศึกษาของรัฐบาลในไซปรัส ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มเล็กที่มีสมาชิก 4 คน สามารถเรียนรู้ได้ดีกว่าการเรียนแบบรวมทั้งห้องเรียน เนื่องจากการทำงานกลุ่มย่อยนั้นนักเรียนได้อภิปรายร่วมกัน สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นรายบุคคล และบันทึกความก้าวหน้าในการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ **ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่** เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้และแนวคิดไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ซึ่งการนำบริบทมาใช้ในการเรียนการสอนจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย เนื่องจากเป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการเชื่อมโยงสถานการณ์ต่างๆ ที่นักเรียนได้รู้หรือมีประสบการณ์มาแล้ว รวมถึงทำให้นักเรียนเห็นว่าความรู้ที่ได้เรียนในห้องเรียนสามารถนำไปใช้ในการศึกษาวิชาอื่นๆ รวมถึงการประกอบอาชีพ และการดำรงชีวิต (Overton, Byers, and Seery, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Mestre (2002) ที่กล่าวว่า บริบทมีบทบาทสำคัญในการถ่ายโยงการเรียนรู้ นักเรียนควรได้มีโอกาสนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในบริบทอื่นๆ อีกทั้งการจัดสถานการณ์ในการเรียนให้สอดคล้องกับชีวิตจริงนั้นช่วยทำให้นักเรียนเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ดี (อารี พันธ์มณี, 2546) เช่นเดียวกับแนวคิดของ Gilbert et al. (2011) ที่กล่าวว่า การถ่ายโยงการเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนได้เห็นบริบทใหม่ที่มีลักษณะคล้ายกับบริบทเดิม ซึ่งจะทำให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงกันระหว่างบริบทเดิมกับบริบทใหม่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kuhn and Müller (2014) ที่ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานโดยใช้ปัญหาจากหนังสือพิมพ์ที่มีผลต่อแรงจูงใจและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่า นักเรียนมีแรงจูงใจและมีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าการเรียนแบบปกติ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Esra and Figen (2011) ที่ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐาน เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน พบว่า หลังจากการเรียนการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาเรื่องระบบประสาทสูงขึ้นและมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยพัฒนาความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนให้สูงขึ้น โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในวิชาอื่น ซึ่งพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทุกด้านสูงกว่ากลุ่มควบคุม และคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองหลังทดลองสูงมากกว่าร้อยละ 80 อาจเป็นเพราะการจัดกิจกรรมตามรูปแบบการเรียนการสอนนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่อย่าง

หลากหลาย โดยเฉพาะขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่จะให้สถานการณ์ใหม่ 3-4 สถานการณ์ โดยจะใช้สถานการณ์ที่สัมพันธ์กับนักเรียนหรือนักเรียนให้ความสนใจ ทั้งเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน ข่าวจากหนังสือพิมพ์ ข่าวจากอินเตอร์เน็ต สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ว่าควรให้นักเรียนได้เผชิญสถานการณ์ต่างๆ เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ในการป้องกันหรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์นั้นๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) อีกทั้งนักเรียนได้ทำแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ทุกครั้งที่เรียนจบในแต่ละหัวข้อ ซึ่งจะให้สถานการณ์ใหม่อีกครั้ง จึงทำให้นักเรียนได้ฝึกเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ดี สอดคล้องกับผลการวิจัยของ วิภาวรรณ วงษ์สุวรรณ์ คงเผ่า (2548) ที่ให้นักเรียนฝึกเชื่อมโยงความรู้ต่อเนื่องทุกครั้งที่เรียนเนื้อหาสาระใหม่ ทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงและจัดระบบความคิดของตนเองว่าได้เรียนรู้สิ่งใดมาแล้ว และเมื่อเรียนรู้เรื่องใหม่นั้นได้ใช้ความรู้ใดบ้าง รวมทั้งการเชื่อมโยงการเรียนรู้ในชีวิตประจำวัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อย่างไรก็ตาม ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้ที่สอนในห้องเรียนไปใช้ในวิชาอื่นได้เท่าที่ควร มีนักเรียนเพียงบางคนเท่านั้นที่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับวิชาคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรมศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ดาราศาสตร์ และเกษตรศาสตร์ อาจเป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกคิดเชื่อมโยงกับวิชาอื่นมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Johnson and Rutherford (2010) ที่ศึกษาความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้วิชาเคมีและวิชาโลกศาสตร์ พบว่า นักเรียนไม่สามารถถ่ายโยงการเรียนรู้จากวิชาเคมีไปใช้ในบริบทของวิชาโลกศาสตร์ได้ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้เฉพาะในบริบทที่ตนเองคุ้นเคยเท่านั้น

3. การดำเนินงานตามแผนการทดลองในการวิจัยและพัฒนา

การดำเนินงานตามแผนการวิจัยและพัฒนาตามรูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง ในวิชาวิทยาศาสตร์ รวมทั้งหมด 33 คาบ สามารถสรุปประเด็นของการทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ขั้นกำหนดสถานการณ์ เป็นขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่สำคัญและผู้วิจัยต้องเลือกบริบทที่เป็นเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เหมาะสมกับเนื้อหาที่สอนให้มากที่สุด ซึ่งในขั้นนี้มีประเด็นที่สำคัญดังนี้

1.1 การจัดกิจกรรมในขั้นกำหนดสถานการณ์นั้น ควรเลือกใช้บริบทหรือสื่อที่เกี่ยวกับบริบทที่นักเรียนมีความคุ้นเคยและรู้จักให้มากที่สุด ซึ่งขั้นตอนนี้มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ให้นักเรียนยอมรับว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้ต่อไปนี้มีความสำคัญ มีประโยชน์และเกี่ยวข้องกับตนเอง จะทำให้นักเรียนตระหนักและเห็นคุณค่า และที่สำคัญทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิมของตนเอง โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ครูน้ำแก้วร้อนใส่ในแก้วสแตนเลสให้ตัวแทนนักเรียนออกมาจับที่หูของแก้วน้ำสแตนเลส จากนั้นครูถามนักเรียนว่าถ้าหากครูเปลี่ยนเป็นแก้วน้ำที่ทำจากทองแดง ทองเหลือง และแก้ว นักเรียนคิดว่าเมื่อจับแก้วน้ำแต่ละชนิดจะรู้สึกอย่างไร นักเรียนส่วนใหญ่ตอบได้ว่าใช้แก้วน้ำที่ทำจากแก้วจะไม่ร้อนมือ แต่นักเรียนไม่สามารถตอบได้ว่าทองแดงและทองเหลืองนั้นจะรู้สึกร้อนหรือไม่ เนื่องจากนักเรียนไม่คุ้นเคยกับแก้วน้ำที่ทำจากทองแดงหรือทองเหลือง สอดคล้องกับตัวอย่างจากแบบบันทึกผลการสอนดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “บริบทบางชนิดนักเรียนไม่คุ้นเคยหรือไม่รู้จัก เช่น แก้วน้ำที่ทำจากทองแดงหรือทองเหลือง จึงทำให้นักเรียนตอบคำถามไม่ค่อยได้ ดังนั้นในครั้งต่อไปควรปรับกิจกรรมโดยพยายามเลือกบริบทที่นักเรียนรู้จักหรืออยู่ในท้องถิ่นของนักเรียน และควรให้นักเรียนได้สัมผัสหรือเห็นของจริง จะทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนดีขึ้น”
>
> (แบบบันทึกผลการสอน เรื่อง การนำความร้อน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงใช้เป็นแนวทางในการปรับกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การพาความร้อน ที่ครูใช้ภาพโคมไฟพร้อมยกสถานการณ์ว่า ในขณะนักเรียนอ่านหนังสือโดยเปิดโคมไฟไว้เป็นเวลานาน นักเรียนจะรู้สึกอย่างไรถ้าหากเอามืออังไว้ด้านล่างของโคมไฟ ปรับเปลี่ยนสถานการณ์เป็นการใช้ของจริงและให้นักเรียนได้สัมผัสด้วยตนเอง โดยครูจุดเทียนตั้งไว้บนจานรองแก้ว และให้ตัวแทนนักเรียนออกมาร่วมสาธิต

1.2 สื่อที่ใช้ควรมีความชัดเจนและสอดคล้องกับบริบทและแสดงถึงปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา ซึ่งการเลือกใช้สื่อนั้นมีความสำคัญต่อการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและถ้าหากสื่อนั้นแสดงถึงปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษาได้อย่างชัดเจน จะทำให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับบริบทและสามารถเชื่อมโยงบริบทกับสาระที่ต้องการจะสอนได้ง่ายขึ้น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ที่ครู

ให้นักเรียนดูภาพดวงอาทิตย์ส่องแสงมายังพื้นโลก นั้นเป็นรูปที่ไม่ได้สื่อให้เห็นถึงการเดินทางของแสงที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ดังแสดงในภาพที่ 14

ภาพที่ 14 ภาพแสงแดดที่ส่องมายังโลกในขั้นกำหนดสถานการณ์ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน

สอดคล้องกับแบบบันทึกหลังการสอนดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “ในขั้นกำหนดสถานการณ์นั้นนักเรียนไม่ค่อยเข้าใจภาพความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นโลก เนื่องจากภาพยังไม่ค่อยชัดเจนและไม่ได้แสดงถึงปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา และนักเรียนหลายคนเข้าใจว่าเป็นภาพบ้านหรือสวนหลังบ้าน แสดงให้เห็นว่า ภาพที่นำมาใช้นั้นไม่ได้สื่อให้เห็นถึงการการเดินทางของความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังพื้นโลกที่ไม่อาศัยตัวกลาง”
>
> (แบบบันทึกผลการสอน เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน)

1.3 เลือกใช้สื่อที่หลากหลายและน่าสนใจ โดยผู้วิจัยนำประสบการณ์หรือเรื่องราวในชีวิตประจำวันของนักเรียนมาใช้ในการจัดกิจกรรมโดยเลือกใช้สื่อที่น่าสนใจ เช่น ข่าวในหนังสือพิมพ์ อินเตอร์เน็ต หรือวิดีทัศน์ เพื่อช่วยกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับบริบท พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจในการเรียนและร่วมตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์นั้นอย่างกระตือรือร้น สอดคล้องกับแบบบันทึกหลังการสอนดังตัวอย่างต่อไปนี้

"นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและตั้งใจดูวีดีทัศน์เรื่อง พบชาวบ้านเผาขยะในลำปาง ซึ่งมีภาพเหตุการณ์จริงให้นักเรียนได้เห็นและภาพในวีดีทัศน์แสดงให้เห็นถึงควันไฟและฝุ่นละอองที่เกิดจากการเผาขยะอย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและร่วมตอบคำถามดี"

(แบบบันทึกผลการสอน เรื่อง องค์ประกอบของบรรยากาศ)

2. ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้มากที่สุดในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนต้องใช้เวลาในการสร้างแบบจำลองและเสนอแบบจำลองของตนเองให้แก่ผู้อื่น อีกทั้งนักเรียนจะต้องสำรวจตรวจสอบเพื่อทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้น ซึ่งมีประเด็นที่สำคัญดังนี้

2.1 ควรให้เวลาในการสร้างแบบจำลองอย่างเพียงพอ เพราะเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่นักเรียนจะได้แสดงถึงความคิดและความเข้าใจของตนเอง แต่เนื่องจากนักเรียนไม่คุ้นเคยกับการสร้างแบบจำลองตามความคิดหรือความเข้าใจของตนเอง จึงทำให้นักเรียนใช้เวลาในการปรึกษาหารือกันภายในกลุ่มค่อนข้างนาน สอดคล้องกับแบบบันทึกผลการสอนดังตัวอย่างต่อไปนี้

"นักเรียนใช้เวลาในการสร้างแบบจำลองนานกว่าที่กำหนด และนักเรียนบางกลุ่มที่ยังสร้างแบบจำลองไม่เสร็จจะไม่สนใจการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มอื่น และทำให้ไม่ค่อยสนใจการอภิปรายร่วมกันถึงความสอดคล้องหรือความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละกลุ่ม ในครั้งต่อไปครูควรกำหนดเวลาในการสร้างแบบจำลองที่ชัดเจนและแจ้งให้นักเรียนทราบ จะทำให้นักเรียนวางแผนการทำงานได้เหมาะสมมากขึ้น"

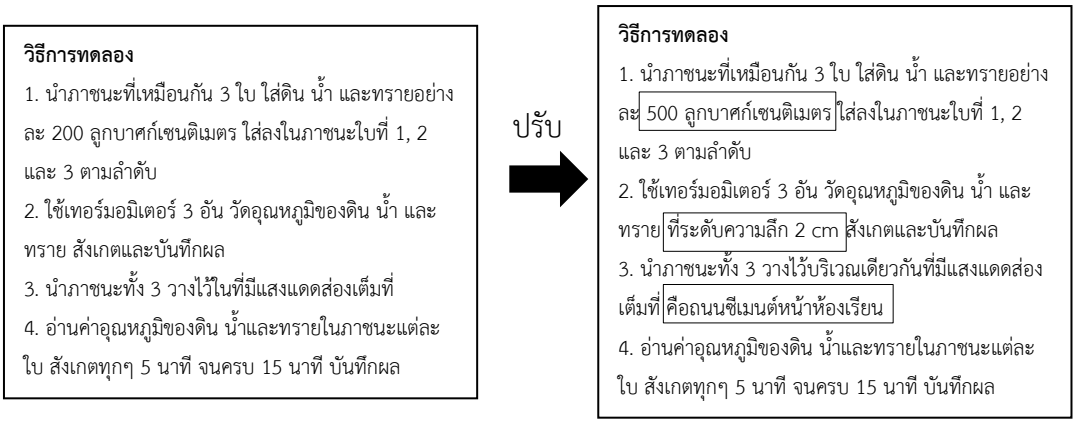
(แบบบันทึกผลการสอน เรื่อง การพาความร้อน)

ข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการทดลองครั้งต่อๆ ไป โดยครูกำหนดเวลาที่เหมาะสมในสร้างแบบจำลองและแจ้งเวลาให้นักเรียนทราบ เพื่อให้นักเรียนร่วมกันวางแผนและแบ่งหน้าที่กันทำงานได้อย่างเหมาะสม และเมื่อครบตามเวลาที่กำหนดครูควรให้ทุกกลุ่มยุติการสร้างแบบจำลองพร้อมกัน เพื่อให้นักเรียนสนใจการทำกิจกรรมต่อไป

2.2 ควรเลือกและออกแบบกิจกรรมการทดลองที่แสดงให้เห็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนและรวดเร็ว โดยควบคุมตัวแปรต่างๆ ที่อาจส่งผลให้การทดลองคลาดเคลื่อน ซึ่งในการทำการทดลองนี้มีความสำคัญเพราะเป็นการทดสอบแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และเก็บรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานจากการทดลองมาใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง ถ้าหากการทดลองไม่ประสบผลสำเร็จ จะส่งผลไปสู่การสรุปแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและข้อมูลหรือหลักฐานอาจจะไม่ถูกต้องด้วย ซึ่งในการจัดกิจกรรมที่ 5 เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อน พบว่าผลการทดลองของนักเรียนบางกลุ่มไม่ค่อยชัดเจนและคลาดเคลื่อน โดยมีสาเหตุมาจากนักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกสถานที่ทำการทดลองแตกต่างกัน และนักเรียนเข้ามาในห้องไม่พร้อมกัน ทำให้นักเรียนไม่ได้วัดอุณหภูมิทันทีหลังจากเข้าห้อง ส่งผลให้การวัดอุณหภูมิของการคายความร้อนคลาดเคลื่อน ซึ่งสอดคล้องกับแบบบันทึกหลังการสอนดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “การทดลองเรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อน พบว่านักเรียนบางกลุ่มผลการทดลองคลาดเคลื่อน เนื่องจากใช้สถานที่ในการทดลองแตกต่างกัน บางกลุ่มนั่งบริเวณใต้ต้นไม้หรือชายคาของอาคาร บางกลุ่มนั่งกลางสนามหญ้า ทำให้ได้รับแสงแดดจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ควรปรับปรุงเพื่อให้การทดลองชัดเจนมากขึ้น โดยการกำหนดสถานที่ในการทดลองให้อยู่ในบริเวณเดียวกันและเป็นบริเวณที่มีแสงแดดส่องถึงตลอดเวลา และควรอธิบายขั้นตอนการทดลองให้ชัดเจนว่านักเรียนจะต้องรีบเข้ามาในห้องเรียนทันทีเพื่อเริ่มวัดอุณหภูมิ เพราะอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ซึ่งอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน”
>
> (แบบบันทึกผลการสอน เรื่อง การดูดกลืนและคายความร้อน)

ข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการทดลองครั้งต่อๆ ไป เช่นผู้วิจัยปรับเปลี่ยนขั้นตอนในการทำกิจกรรมการทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิของอากาศ ในขั้นตอนการเตรียมดิน น้ำ และทราย จากตอนแรกใช้ปริมาณเพียง 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปรับเปลี่ยนเป็นจำนวน 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนและรวดเร็วขึ้น และกำหนดระดับความลึกในการใส่เทอร์มอมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิ และกำหนดสถานที่ในการทดลองเป็นบริเวณเดียวกัน คือ ถนนซีเมนต์หน้าห้องเรียน ดังตัวอย่างในภาพที่ 15



ภาพที่ 15 การปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำกิจกรรมการทดลองในขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง อุณหภูมิของอากาศ

3. ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องนำเสนอแบบจำลองพร้อมกับพิจารณาประเด็นการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม ซึ่งนักเรียนต้องใช้ข้อมูลหรือหลักฐานในการสนับสนุนหรือคัดค้านประเด็นที่โต้แย้งกัน และสร้างคำอธิบายอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งมีประเด็นสำคัญดังนี้

3.1 ครูควรเตรียมความพร้อมในการทำกิจกรรมการโต้แย้ง โดยการอธิบายถึงความหมาย วิธีการโต้แย้ง การใช้ข้อมูลหรือหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และอธิบายกติกาหรือเงื่อนไขการโต้แย้ง และควรเตรียมประเด็นสำรองหากนักเรียนไม่มีประเด็นที่ใช้ในการโต้แย้ง ซึ่งจากข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการทำกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเสนอประเด็นเพื่อใช้ในการโต้แย้งได้ และไม่ทราบว่าจะใช้สิ่งใดมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น สอดคล้องกับแบบบันทึกหลังการสอนดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุประเด็นเพื่อใช้ในการโต้แย้งได้ และนักเรียนไม่ได้เสนอข้อกล่าวอ้างที่ชัดเจน และโต้แย้งโดยไม่แสดงหลักฐานหรือข้อมูลที่สำคัญมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง ซึ่งครูควรเตรียมประเด็นสำรองเพื่อใช้ในการโต้แย้งหากนักเรียนไม่มีประเด็นที่ใช้ในการโต้แย้งกัน”
>
> (แบบบันทึกผลการสอน เรื่อง อุณหภูมิ)

จากข้อมูลดังกล่าวนี้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป โดยครูอธิบายถึงวิธีการโต้แย้ง กติกาและเงื่อนไข และการใช้ข้อมูลหรือ

หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวให้ชัดเจน และครูเตรียมประเด็นสำรองไว้ล่วงหน้า ดังเช่นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การพาความร้อน ครูเตรียมประเด็นว่า การเคลื่อนของโมเลกลุของสารของการถ่ายโอนความร้อนแบบพาความร้อนเป็นอย่างไร แตกต่างจากการนำความร้อนหรือไม่ อย่างไร การพาความร้อนเกิดขึ้นได้ในสารที่มีสถานะใด

3.2 ครูควรใช้คำถามเพื่อกระตุ้นการตั้งประเด็นหรือเพื่อใช้เป็นแนวทางให้นักเรียนลงข้อสรุปจากการโต้แย้งร่วมกัน และคำถามที่ใช้ควรเป็นคำถามปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและสามารถอธิบายเหตุผลประกอบได้ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน ครูใช้คำถามเพื่อสรุปการโต้แย้งดังนี้ ประเด็นการนำเสนอที่เห็นสอดคล้องหรือตรงกันมีประเด็นใดบ้าง อย่างไร ประเด็นการนำเสนอที่เห็นไม่สอดคล้องหรือไม่ตรงกันมีประเด็นใดบ้าง อย่างไร และรูปที่แสดงถึงลักษณะของการถ่ายโอนความร้อนแบบแผ่รังสีความร้อนสรุปได้ว่าอย่างไร นอกจากนี้ครูควรสนับสนุนและให้กำลังใจนักเรียนที่ไม่กล้าพูดหรือไม่กล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง โดยการให้เวลานักเรียนได้ลำดับความคิดและเรียบเรียงคำพูด และกล่าวคำชมเชยเมื่อนักเรียนอธิบายหรือตอบคำถามได้ดี

3.3 การจัดกลุ่มของนักเรียนให้เหมาะสมในการทำกิจกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยควรจัดเป็นกลุ่มๆ ละ 4-5 คน ไม่ควรมีจำนวนสมาชิกในกลุ่มมากเกินไป เพราะอาจทำให้นักเรียนไม่ได้แสดงการโต้แย้งอย่างทั่วถึงหรือทำให้บางคนไม่มีโอกาสในการแสดงบทบาทหรือเสนอความคิดเห็น และอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพในการโต้แย้ง และถ้าหากนักเรียนในห้องมีจำนวนมาก ทำให้มีกลุ่มในการโต้แย้งมาก ผู้วิจัยอาจใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนแบ่งเป็นฝ่าย โดยกลุ่มที่มีประเด็นสอดคล้องกันอยู่ฝ่ายเดียวกัน และดำเนินการโต้แย้งทีละฝ่าย โดยครูจะต้องควบคุมลำดับการนำเสนอหรือการคัดค้าน และต้องควบคุมเวลาในการพูดของแต่ละคนให้เหมาะสม และครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พลัดเปลี่ยนกันพูดหรืออธิบาย เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกแสดงเหตุผลและใช้หลักฐานทุกคน

4. ขั้นสรุปความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สมบูรณ์เป็นครั้งสุดท้าย และลงข้อสรุปร่วมกัน จากนั้นครูจะถามคำถามเพื่อให้นักเรียนสรุปความรู้เกี่ยวกับแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่เรียน ซึ่งมีประเด็นสำคัญดังนี้

4.1 ควรให้นักเรียนทุกคนได้เขียนคำตอบหรือคำอธิบายปรากฏการณ์ด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งจากการสังเกตในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

และ 2 พบว่า ขั้นสรุปความรู้นั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนคำตอบหรือคำอธิบายลงในด้านหลังกระดาษฟลิปชาร์ต ทำให้นักเรียนบางคนไม่ได้แสดงความเข้าใจของตนเองอย่างชัดเจน สอดคล้องกับแบบบันทึกผลการสอน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “ขั้นสรุปความรู้นักเรียนหลายคนไม่ได้แสดงความคิดหรือความเข้าใจของตนเอง เนื่องจากให้เพื่อนที่เป็นตัวแทนกลุ่มเป็นคนหาคำตอบและเขียนลงในกระดาษฟลิปชาร์ต ทำให้นักเรียนบางคนไม่ได้แสดงถึงความเข้าใจของตนเอง”
>
> (แบบบันทึกผลการสอน เรื่อง การนำความร้อน)

จากข้อมูลนี้จึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปๆ โดยให้นักเรียนอภิปรายและปรึกษาหารือร่วมกันเพื่อหาคำตอบภายในกลุ่ม แต่นักเรียนทุกคนต้องเขียนคำตอบหรือคำอธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ลงในสมุดแบบฝึกหัดของนักเรียน จากนั้นครูสุ่มนักเรียนนำเสนอคำอธิบายหน้าชั้นเรียน แล้วอภิปรายร่วมกันทั้งห้องเพื่อสรุปคำอธิบายที่ถูกต้อง

4.2 คำถามที่ใช้ในขั้นสรุปความรู้ควรใช้คำถามที่เรียงลำดับจากคำถามที่ง่ายไปสู่คำถามที่ยาก เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดที่สำคัญและลงข้อสรุปได้อย่างถูกต้อง ดังตัวอย่างในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การนำความร้อน โดยใช้คำถามตามลำดับดังนี้

> “การถ่ายโอนความร้อนมีหลักการสำคัญอย่างไร”
>
> “การถ่ายโอนความร้อนแบบนำความร้อนมีหลักการสำคัญอย่างไร”
>
> “สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการนำความร้อนได้เหมือนกันหรือไม่ อย่างไร”
>
> “ตัวนำความร้อนคืออะไร พร้อมยกตัวอย่างประกอบอย่างน้อย 2 ชนิด”
>
> “ฉนวนความร้อนคืออะไร พร้อมยกตัวอย่างประกอบอย่างน้อย 2 ชนิด”

5. ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนนี้ เป็นขั้นที่ครูจะนำเสนอสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ จากนั้นครูจะตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบและประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งมีประเด็นที่สำคัญดังนี้

5.1 ควรใช้สถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนและเป็นสถานการณ์ที่ใกล้ตัวหรือเป็นที่สนใจของนักเรียนและควรเลือกใช้สถานการณ์มากกว่า 1 สถานการณ์ เพื่อทำให้นักเรียนสนใจและสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เรียนรู้แล้วไปใช้ได้หลากหลาย ซึ่งในแผนการจัดการเรียนที่ 3 เรื่อง การพาความร้อน ใช้ตัวอย่างสถานการณ์เรื่องโคมลอย และลมบก-ลมทะเล พบว่านักเรียนไม่ค่อยให้ความสนใจเนื่องจากบางคนไม่คุ้นเคยกับโคมลอย และลมบก-ลมทะเล สอดคล้องกับแบบบันทึกผลการสอนดังตัวอย่างต่อไปนี้

> “นักเรียนไม่ค่อยสนใจ สถานการณ์ที่กำหนดให้ในขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เนื่องจากนักเรียนหลายคนไม่รู้จักโคมลอยและนักเรียนไม่คุ้นเคยกับลมบก-ลมทะเล เพราะนักเรียนไม่ได้พบเจอในชีวิตประจำวัน จึงควรปรับสถานการณ์ให้สอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนและเพิ่มสถานการณ์ให้หลากหลายมากขึ้น”
>
> (แบบบันทึกผลการสอน เรื่อง การพาความร้อน)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ต่อๆ ไป โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นเรื่องที่สัมพันธ์กับนักเรียนและอยู่ในชีวิตประจำวันมากกว่า 1 สถานการณ์ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน ปรับเพิ่มสถานการณ์เป็น 3 เรื่อง ได้แก่ เรื่อง “โจ๊กหมู” “กาแฟเย็น” และ “ของในรถยนต์” แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 เรื่อง ความชื้นของอากาศ ปรับเพิ่มสถานการณ์เป็น 3 เรื่อง ได้แก่ “ก่อนฝนตก ทำไมถึงเหนียวตัว” “ทำไมต้องทาโลชั่น” “ตากผ้าที่บ้านใครแห้งก่อน”

5.2 สื่อที่นำมาใช้ประกอบสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรเป็นสื่อที่เป็นของจริงหรือภาพเคลื่อนไหวแทนการใช้ภาพประกอบ เพื่อช่วยกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การแผ่รังสีความร้อน พบว่า ครูใช้ภาพเครื่องอบแห้งพลังแสงอาทิตย์ให้นักเรียนดู แล้วร่วมกันอภิปรายว่าเครื่องอบแห้งนี้ช่วยทำให้กล้วยที่นำมาตากนั้นแห้งได้อย่างไร พบว่านักเรียนบางคนไม่ค่อยสนใจในการตอบคำถามและร่วมอภิปรายในประเด็นดังกล่าว ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่าสาเหตุน่าจะเกิดจากกการนำภาพมาใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ไม่ค่อยน่าสนใจเท่าที่ควร

จากข้อมูลดังกล่าวเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ในครั้งต่อไป คือ การนำสื่อการเรียนรู้มาใช้ประกอบการยกตัวอย่างและควรเลือกใช้

สื่อที่ช่วยกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การขยายตัวของวัตถุเนื่องจากความร้อน ได้ใช้ตัวอย่างที่เป็นวีดีทัศน์จาก www.youtube.com เพื่อเพิ่มความน่าสนใจของสถานการณ์ เช่น “รถบรรทุกยางแตก” “การทำถนนคอนกรีต” และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง การแบ่งชั้นบรรยากาศ เช่น “พายุลูกเห็บตกภาคเหนือ ขาวราวหิมะ” “ฮือฮาลูกไฟด้วยใหญ่ตกจากฟ้า” “ดาวเทียมธีออส ดวงตาของชาติไทย” พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและตั้งใจชมวีดีทัศน์และร่วมอภิปรายซักถามเป็นอย่างดี และนักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นได้อย่างสมเหตุสมผล

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่พบว่า รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนได้นั้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ในเชิงนโยบาย การปฏิบัติการสอน และการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากผลการวิจัยที่พบว่ารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานสามารถช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนได้นั้น ผู้บริหารสถานศึกษา และหน่วยงานทางวิชาการต่างๆ ควรนำรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการพัฒนาความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ การสร้างข้อสรุป การอธิบายปรากฏการณ์ และนำไปใช้ในการพัฒนาการนำความรู้ที่ได้เรียนจากในห้องเรียนไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ หรือแก้ปัญหาเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันให้แก่นักเรียน นักศึกษา และบุคคลากรในหน่วยงานอย่างเป็นรูปธรรมชัดเจนและต่อเนื่อง โดยอาจจัดให้มีการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์สูงขึ้นตามกรอบการประเมินของโครงการ PISA และ TIMSS

2. ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ปฏิบัติการสอน

2.1 ขั้นตอนการเรียนการสอนควรใช้เทคนิคและวิธีสอนที่หลากหลายเข้ามาเพิ่มเติมในกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ และควรเลือกใช้เทคนิคและวิธีสอนที่

เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสอนให้บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนการสอนยิ่งขึ้น

2.2 ก่อนการจัดกิจกรรมโดยใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น ผู้สอนควรเลือกบริบทที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหา สามารถเข้าใจได้ง่าย และเป็นบริบทที่นักเรียนมีความคุ้นเคย เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในการเรียนรู้ให้มากขึ้น

2.3 ผู้สอนที่จะนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอน จะต้องให้ความสำคัญและจัดเวลาสำหรับการเรียนรู้ในขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง และขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสม เพื่อที่จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันแสดงความคิด จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 จัดบรรยากาศการเรียนรู้ให้ผ่อนคลายและเป็นกันเองมากที่สุด และควรสนับสนุนให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ไม่บีบคั้นหรือกดดันนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดและใช้ความสามารถของตนเองได้อย่างเต็มศักยภาพ

2.5 การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นนี้ ผู้สอนต้องกระตุ้นให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอทุกครั้ง เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้นั้นไปใช้บริบทอื่นๆ ที่ใกล้เคียงกับที่เคยฝึกปฏิบัติ จะทำให้นักเรียนเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้โดยอัตโนมัติ โดยผู้สอนอาจกระตุ้นนักเรียนด้วยการตั้งคำถาม การระดมความคิด หรือการอภิปรายร่วมกัน

3. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.1 ควรศึกษาปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน

3.2 ควรศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นกับตัวแปรอื่นๆ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อให้นักเรียนมีสมรรถนะที่ทัดเทียมกับนานาประเทศ

3.3 ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของนักเรียนที่เรียนรู้ตามรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นในรายวิชาอื่นๆ ที่มีเนื้อหาสาระเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น เช่น คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ สังคม ภาษาไทย

3.4 ควรศึกษาวิจัยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นกับนักเรียนในระดับชั้นอื่นๆ ทั้งในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และอุดมศึกษา เพื่อให้สามารถขยายผลวิจัยไปสู่บริบทที่กว้างขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กาญจนา มหาลี และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2553). ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์,* 16(5), 795-809.

กุลธิดา สุวัชระกุลธร. (2556). *การพัฒนาแนวคิดและการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น.* ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คำไพย พานุสี และวิมล สำราญวานิช. (2553). *มโนมติทางเลือกเรื่อง แสงและการเกิดภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 บนพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ โดยใช้วิธีการทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย.* การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11. ขอนแก่น

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). *รายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น: โครงการ* PISA *2009.* กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ* PISA *2009.* กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ตัวอย่างข้อสอบการประเมินผลนานาชาติ* PISA *และ* TIMSS: *วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

จงกล บุญรอด. (2557). *ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). *แนวคิดทางวิทยาศาสตร์: กระบวนการพื้นฐานในการวิจัย ประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จินดา พราหมณ์ชู เอกรัตน์ ศรีตัญญู และลัดดา มีศุข. (2553). ผลของการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา (สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์),* 2(1), 32-41.

ชรินดา สุขแสนชนานันท์. (2555). *การพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิดเรื่องพลังงานความร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการจัดการเรียนรู้แบบอิงบริบท.* ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2558). *กลยุทธ์การสอนเคมีอย่างมืออาชีพ*. กรุงเทพฯ: วิสต้า อินเตอร์ปริ้นท์ จำกัด.

ทิศนา แขมมณี. (2551). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพมหานคร: ด่านสุทธาการพิมพ์.

ปรัชญานันท์ นิลสุข. (2544). *ผลของการเชื่อมโยงและรูปแบบเว็บเพจในการเรียนการสอนด้วยเว็บที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การแก้ปัญหา และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักศึกษาที่มีกระบวนการเรียนรู้แตกต่างกัน.* ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาโสตทัศนศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา. (2542). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.

ไพจิตร สดวกการ. (2539). *ผลของการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.* ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภคพร อิสระ. (2557). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค*. ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลฎาภา สุทธกูล และลือชา ลดาชาติ. (2013). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *Naresuan University Journal,* 21(3), 107-123.

ลือชา ลดาชาติ และวรรณทิพา รอดแรงค้า. (2551). การสำรวจสภาพการเรียนการสอนเรื่องเสียงในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดตรัง. *วารสารวิจัย มข.,* 13(11), 1310-1320.

วิภาวรรณ วงษ์สุวรรณ์ คงเผ่า. (2548). *การพัฒนาแนวทางการตรวจงาน การให้ข้อมูลย้อนกลับ และผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับงานเขียนของนิสิตระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 1.* ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *รายงานผลการวิจัยโครงการ* TIMSS *2011 วิชาวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักงานคณะกรรการการศึกษาแห่งชาติ. (2546). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545.* กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟิก.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2556). *นิยามความสามารถของผู้เรียนด้านภาษา ด้านคำนวณ และด้านเหตุผล (Literacy, Numeracy & Reasoning Abilities) โครงการประกันคุณภาพการศึกษาและการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *แผนการศึกษาแห่งชาติ* (พ.ศ. 2545-2559). กรุงเทพฯ: สกศ.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2554). *คู่มือสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหาร ครู และนักเรียนเพื่อเตรียมความพร้อมรองรับการประเมินตามโครงการวิจัยนานาชาติ (*PISA *และ* TIMSS). กรุงเทพมหานคร: สกศ.

สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์. (2555). *ผลของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อตัวแทนความคิดเรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2554). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารยา ปาละโชติ. (2551). *การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่สอดแทรกการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิค* fading scaffold *เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน.* การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อารี พันธ์มณี. (2546). *จิตวิทยาสร้างสรรค์การเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ใยไหม เอดดูเคท.

เอกรัตน์ ศรีตัญญู. (2555). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานในวิชาเคมี*. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 27(2), 33-44.

ภาษาอังกฤษ

Acar, O., & Patton, B. R. (2012). Argumentation and formal reasoning skillsin an argumentation-based guided inquiry course. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 46, 4756-4760.

Anderson, J. R. (1990). *The adaptive character of thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Arroio, A. (2010). Context Based Learning: A Role for Cinema in Science Education. *Science Education International,* 21(3), 131-143.

Bennett, J. (2005). *Bringing Science to Life: The Research Evidence on Teaching Science in Context.* U.K.: University of York.

Bennett, J., & Lubben, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education,* 28(9), 999-1015. doi: 10.1080/09500690600702496

Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education,* 91(3), 347-370. doi: 10.1002/sce.20186

Besnard, P., & Hunter, A. (2008). *Elements of argumentation* (Vol. 47): MIT press Cambridge.

Beyer, C. J., & Davis, E. A. (2008). Fostering Second Graders' Scientific Explanations: A Beginning Elementary Teacher's Knowledge, Beliefs, and Practice. *Journal of the Learning Sciences,* 17(3), 381-414. doi: 10.1080/10508400802222917

Bigge, M. (1999). *Learing Theories for teachers* (6 ed.). New York: Longman.

Brown, N. J. S., Furtak, E. M., Timms, M., Nagashima, S. O., & Wilson, M. (2010). The Evidence-Based Reasoning Framework: Assessing Scientific Reasoning. *Educational Assessment,* 15(3-4), 123-141. doi: 10.1080/10627197.2010.530551

Bulte, A. M. W., Westbroek, H. B., de Jong, O., & Pilot, A. (2006). A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts. *International Journal of Science Education,* 28(9), 1063-1086. doi: 10.1080/09500690600702520

Campbell, T., Oh, P. S., Maughn, M., Kiriazis, N., & Zuwallack, R. (2015). A Review of Modeling Pedagogies: Pedagogical Functions, Discursive Acts, and Technology in Modeling Instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education,* 11(1), 159-176. doi: 10.12973/eurasia.2015.1314a

Campbell, T., Oh, P. S., & Neilson, D. (2012). Discursive Modes and Their Pedagogical Functions in Model-Based Inquiry (MBI) Classrooms. *International Journal of Science Education,* 34(15), 2393-2419. doi: 10.1080/09500693.2012.704552

Campbell, T., Zhang, D., & Neilson, D. (2011). Model Based Inquiry in the High School Physics Classroom: An Exploratory Study of Implementation and Outcomes. *The Journal of Science Education and Technology* 20(3), 258-269.

Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their Structure, Growth, and Action.* New York: Houghton Mifflin.

Center for Occupation Research and Development. (1999). *Teaching science contextually: The Cornerstone of Tech Prep*. U.S.A.: CORD Communications, Inc.

Choi, A., Notebaert, A., Diaz, J., & Hand, B. (2010). Examining arguments generated by year 5, 7, and 10 students in science classrooms. *Research in Science Education,* 40(2), 149-169.

Coll, R. K., & Lajium, D. (2011). Modeling and the future of science learning *Models and modeling* (pp. 3-21): Springer.

Dahsah, C., & Faikhamta, C. (2008). Science Education in Thailand: Science Curriculum Reform inTransition. In R. K. Coll & N. Taylor. (Eds.). Science Education in Context: An International Examination of the Influence of Context on Science Curricula Development and Implementation. Rotterdam: Sense Publishers.

Davis, C. A. (2009). *Gender, Mathematics, Reading Comprehension and Science Reasoning As Predictors of Science Achievement among African-American Students At A Historical Black College or University.* Doctor of Philosophy The University of Southern Mississippi.

De Jong, O. (2008). Context-based chemical education: How to improve it. *Chemical Education International,* 8(1), 1-7.

DeCecco, J. W. (1986). *The Phychology of Learning and Instruction Education Psychology Englewood Cliffs*. New Jersey: Practice-Hall, Inc.

Elliot, S. N., Kratochwil, Thomas, R, Cook, J. L., & Traves, J. F.,. (2000). *Educational Psychology: Effective learning*. U.S.A.: McGraw-Hill.

Ellis, H. C., & Hunt, R. R. (1989). *Fundamentals of Human Memory and Cognition* (4 ed.). Dubyqye, Iowa: Wm. C. Brown. Publishers.

Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2007). *Argumentation in science education*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Esra, Ö., & Figen, Ç. (2011). Effect Of" Context Based Learning" In Students' Achievement About Nervous System. *Journal of Turkish Science Education,* 8(2).

Fanetti, T. M. (2011). *The Effect of Problem-Solving Video Games on the Science Reasoning Skills of College Students.* Doctor of Philosophy in Education University of Missouri-St. Louis.

Fensham, P. J. (2009). Real world contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching,* 46(8), 884-896. doi: 10.1002/tea.20334

Finkelstein, N. (2001). Context in the context of physics and learning. *nfinkels@ ucsd. edu*.

Freeman, J. B. (1988). *Thinking logically basic concepts for reasoning*. New Jersey: Prentice-Hall.

Friedler, Y., Nachmias, R., & Linn, M. C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching,* 27(2), 173-192.

Gagné, R. M. (1977). *The Conditions of Learning* (3 ed.). New York: Holt, Rinehart and Winstron.

Geddis, A. N. (1991). Improving the quality of science classroom discourse on controversial issues. *Science Education,* 75(2), 169-183.

Georghiades, P. (2000). Beyond conceptual change learning in science education: focusing on transfer, durability and metacognition. *Educational Research,* 42(2), 119-139. doi: 10.1080/001318800363773

Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education,* 28(9), 957-976. doi: 10.1080/09500690600702470

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

Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2011). Concept Development and Transfer in Context‐Based Science Education. *International Journal of Science Education,* 33(6), 817-837. doi: 10.1080/09500693.2010.493185

Gilbert, S. W., & Ireton, S. W. (2003). *Understanding Models in Earth & Space Science*: NSTA press.

Glynn, S., & Koballa, T. (2005). The contextual teaching and learning instructional approach. *Exemplary science: Best practices in professional development*, 75-84.

Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education,* 22(9), 891-894. doi: 10.1080/095006900416839

Good, C. V. (1973). *Dictionary of Educational*. New York: Mc Graw – Hill.

Gupta, T. (2012). *Guided-inquiry based laboratory instruction: Investigation of critical thinking skills, problem solving skills, and implementing student roles in chemistry.* Doctor of Philosophy Iowa State University.

Halloun, I. (2006). *Modelling Theory in Science Education*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education,* 22(9), 1011-1026. doi: 10.1080/095006900416884

Haskell, R. E. (2001). *Transfer of learning: Cognition, instruction and reasoning*. UK: Academic press.

Hofstein, A., & Kesner, M. (2006). Industrial Chemistry and School Chemistry: Making chemistry studies more relevant. *International Journal of Science Education,* 28(9), 1017-1039. doi: 10.1080/09500690600702504

Hudgins, B. B. (1977). *Learning and Thinking: A Prime for Teachers*. Illinois: F. E. Peacock.

Hunter, M. (1995). *Teacher for transfer*. CA: Corwin.

Jacobson, M. J., & Archodidou, A. (2000). The Design of Hypermedia Tools for Learning: Fostering Conceptual Change and Transfer of Complex Scientific Knowledge. *Journal of the Learning Sciences,* 9(2), 145-199. doi: 10.1207/s15327809jls0902_2

Jensen, J. L. (2008). *Effects of Collaboration and Inquiry on Reasoning and Achievement in Biology*. Doctor of Philosophy Arizona State University.

Johnson, A. F., & Rutherford, S. (2010). Transfer of Knowledge in Science Courses for Elementary Education Majors. *Journal of College Science Teaching,* 39(4), 80-88.

Joyce, B., & Weil, M. (2000). *Model of Teaching*. Boston: Allyn and Beacon.

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education,* 24(4), 369-387. doi: 10.1080/09500690110110142

Kisiel, J., Rowe, S., Vartabedian, M. A., & Kopczak, C. (2012). Evidence For Family Engagement In Scientific Reasoning At Interactive Animal Exhibits. *Science Education* 96(6), 1047-1070.

Kolb, A. D. (1984). *Experiential Learning*. United States of America: Prentice Hall.

Köse, E., & Tosun, F. (2011). Effect of context based learning in students' achievement about nervous system. *Journal of Turkish Science Education,* 8(2), 91-106.

Kuhn, J., & Müller, A. (2014). Context-based science education by newspaper story problems: A study on motivation and learning effects. *Perspectives in Science,* 2(1-4), 5-21. doi: 10.1016/j.pisc.2014.06.001

Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching,* 22(7), 569-617.

Lawson, A. E. (2000). *Classroom Test of Scientific Reasoning*. Arizona: Arizona State University.

Lawson, A. E. (2009). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education*, n/a-n/a. doi: 10.1002/sce.20357

Lee, C.-Q., & She, H.-C. (2009). Facilitating Students' Conceptual Change and Scientific Reasoning Involving the Unit of Combustion. *Research in Science Education,* 40(4), 479-504. doi: 10.1007/s11165-009-9130-4

Liu, S., Varma, K., & Roehrig G. (2014). Climate Literacy and Scientific Reasoning. In Diana Dalbotten, Gillian Roehrig & Patrick Hamilton (Eds.), *Future Earth-Advancing Civic Understanding of the Anthropocene*: John Wiley & Sons, Inc.

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

Maia, P. F., & Justi, R. (2009). Learning of chemical equilibrium through modelling-based teaching. *International Journal of Science Education,* 31(5), 603-630.

McKeough, A., Lupart, J., & Marini, A. (1995). Teaching for transfer. *Fostering Generalization in Learning*.

McLellan, H. (1996). *Situated Learning Perspective.* U.S.A.: Education Technology Publictions, Inc.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching,* 45(1), 53-78.

Mercier, H., & Sperber, D. (2011). Why do humans reason? Arguments for an argumentative theory. *Behav Brain Sci,* 34(2), 57-74; discussion 74-111. doi: 10.1017/S0140525X10000968

Mestre, J. P. (2002). Probing adults' conceptual understanding and transfer of learning via problem posing. *Journal of Applied Developmental Psychology,* 23(1), 9-50.

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: National Academy Press.

Nuffield Foundation. (2013). Nuffield Practical Work for Learning: Model-based inquiry: General introduction. Retrieved 17 Aprill, 2015, from www.nuffieldfoundation.org

Ogan-Bekiroğlu, F., & Arslan, A. (2014). Examination of the Effects of Model-based Inquiry on Students' Outcomes: Scientific Process Skills and Conceptual Knowledge. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 141, 1187-1191. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.05.202

Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education,* 33(8), 1109-1130. doi: 10.1080/09500693.2010.502191

Organization for Econoic Co-operation and Development. (2013). PISA 2012 Result in Focus. Retrieved December 10, 2013, from http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education,* 25(2), 177-196.

Overton, T. (2007). Context and problem-based learning. *New Directions,* 3, 7-12.

Overton, T. L., Byers, B., & Seery, M. K. (2009). Context-and Problem-based Learning in Higher Level Chemistry Education. *Innovative Methods of Teaching and Learning Chemistry in Higher Education*, 43-59.

Paik, S.-H., Cho, B.-K., & Go, Y.-M. (2007). Korean 4- to 11-year-old student conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching,* 44(2), 284-302. doi: 10.1002/tea.20174

Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., & Ralle, B. (2006). "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context‐based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education,* 28(9), 1041-1062. doi: 10.1080/09500690600702512

Passmore, C., Stewart, J., & Cartier, J. (2009). Model-Based Inquiry and School Science: Creating Connections. *School Science and Mathematics,* 109(7), 394-402.

Piaget, J. (1986). *The Psychology of intelligence*. London: Routledge & Kegan Paul.

Piraksa, C., Srisawasdi, N., & Koul, R. (2014). Effect of Gender on Student's Scientific Reasoning Ability: A Case Study in Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 116, 486-491. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.01.245

Pringle, R. M. (2004). Making it visual: Creating a model of the atom. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas,* 40(4), 30-33.

Rea-Ramirez, M. A., Clement, J., & Núñez-Oviedo, M. C. (2008). An instructional model derived from model construction and criticism theory *Model based learning and instruction in science* (pp. 23-43): Springer.

Sampson, V., & Clark, D. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education,* 93(3), 448-484.

Schunk, D. H. (1991). *Learning theories an educational perspective* (Vol. 26). New York: Merill.

Schwartz, A. T. (2006). Contextualized Chemistry Education: The American experience. *International Journal of Science Education,* 28(9), 977-998. doi: 10.1080/09500690600702488

Schwarz, C. V. (2009). *A learning progression of elementary teachers' knowledge and practices for model-based scientific inquiry*. Paper presented at the American Educational Research Association annual conference (AERA),, San Diego, CA.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., . . . Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching,* 46(6), 632-654. doi: 10.1002/tea.20311

Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and instruction,* 23(2), 165-205.

She, H. C., & Liao, Y. W. (2010). Bridging scientific reasoning and conceptual change through adaptive web-based learning. *Journal of Research in Science Teaching,* 47(1), 91-119.

Sternberg, R. J., W. M. Williams. (2002). *Educational Psychology*. Boston: Allyn & Bacon.

Sund, R. B., & Trowbridge, L. W. (1973). *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School* (2 ed.). Ohio: Merrill Columbus.

Trends in International Mathematics and Science Study. (2011). Timss 2011 International Results in Science. Retrieved December 1 2013, from http://timss.bc.edu/TIMSS2011/downloads/T11_IR_S_Chapter1.pdf

UNESCO. (2011). Science Education Policy-making. Retrieved April 5, 2015, from http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001567/156700E.pdf

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and Language*. Boston: MIT Press.

Walker, J., Sampson, V., Grooms, J., Anderson, B., & Zimmerman, C. (2010). *Argument driven inquiry: an instructional model for use in undergraduate chemistry labs.* Paper presented at the Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST).

Wang, J., Guo, D., & Jou, M. (2015). A study on the effects of model-based inquiry pedagogy on students' inquiry skills in a virtual physics lab. *Computers in Human Behavior*. doi: 10.1016/j.chb.2015.01.043

Weld, J., Stier, M., & Birren, J. M. (2011). The Development of a Novel Measure of Scientific Reasoning Growth Among College Freshmen: The Constructive Inquiry Science Reasoning Skills Test. *Research and teaching,* 40(4), 101-107.

Williams, C. (2007). Transfer in context: Replication and adaptation in knowledge transfer relationships. *Strategic Management Journal,* 28(9), 867-889.

Windschitl, M., & Thompson, J. (2006). Transcending Simple Forms of School Science Investigation:The Impact of Preservice Instruction on Teachers' Understandings of Model-Based Inquiry. *American Educational Research Journal,* 43(4), 783-835.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008a). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education,* 92(5), 941-967. doi: 10.1002/sce.20259

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008b). How Novice Science Teachers Appropriate Epistemic Discourses Around Model-Based Inquiry for Use in Classrooms. *Cognition and Instruction,* 26(3), 310-378. doi: 10.1080/07370000802177193

Zeineddin, A. (2008). *Scientific Reasoning and Epistemological Commitments: Coordination Of Theory and Evidence among College Science Student.* Doctor of Philosophy in Secondary & Continuing Education University of Illinois.

Zeineddin, A., & Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific reasoning and epistemological commitments: Coordination of theory and evidence among college science students. *Journal of Research in Science Teaching,* 47(9), 1064-1093. doi: 10.1002/tea.20368

Zimmerman, C. (2005). *The Development of Scientific Reasoning Skills: What Psychologists Contribute to an Understanding of Elementary Science Learning*. Retrieved November 12, 2014, from http://www7.nationalacademies.org/bose/CorinneZimmerman_Final_Paper.pdf.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคผนวก ค คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ภาคผนวก จ คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความกรุณาในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 12 ท่าน ดังนี้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจพิจารณารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

รองศาสตราจารย์ ดร. นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์	สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หลักสูตรและการสอน (วิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
รองศาสตราจารย์ ดร. ชาตรี ฝ่ายคำตา	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร. ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล	ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร. อารยา ลี	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

รองศาสตราจารย์ ดร. พิมพันธ์ เดชะคุปต์	อาจารย์พิเศษ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร. วารีรัตน์ แก้วอุไร	คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศศิเทพ ปิติพรเทพิน	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ	ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

อาจารย์ ดร.พินิจ ข้าวงษ์	ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร. พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์	โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์ ดร. ยุพาพันธ์ มินวงษ์	โรงเรียนบ้านหมี่วิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
(ฉบับก่อนเรียน)

คำชี้แจง

1. การทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้ไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน แต่จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาคุณภาพแบบวัดนี้ ดังนั้นขอให้นักเรียนทำแบบวัดอย่างเต็มความสามารถ อ่านคำถามทุกข้ออย่างละเอียดรอบคอบ แล้วตอบคำถามให้ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ และตอบให้ครบทุกข้อ

2. แบบวัดฉบับนี้มี 6 สถานการณ์ จำนวนทั้งหมด 15 ข้อ เวลาที่ใช้ทั้งหมด 45 นาที

3. ให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบหรือให้เหตุผลประกอบคำตอบของนักเรียน คำถามเหล่านี้อาจมีคำตอบถูกได้หลายคำตอบ นักเรียนจะได้คะแนนจากวิธีที่นักเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนเข้าใจเรื่องราวเหล่านั้น และวิธีการคิดที่นักเรียนแสดงออกมา โดยเขียนคำตอบของนักเรียนบนเส้นบรรทัดที่กำหนดไว้ให้

4. นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในแบบวัด

5. ให้นักเรียนส่งคืนแบบวัดให้กรรมการคุมสอบทันทีเมื่อหมดเวลา

ชื่อ-นามสกุล.....

ชั้น.....**เลขที่**.....

สถานการณ์เรื่อง “วิกฤตการณ์เกาะเสม็ด” ใช้ตอบคำถามข้อ 1-3

วิกฤตการณ์เกาะเสม็ด

ที่มา: ไทยรัฐออนไลน์ วันจันทร์ที่ 31 กรกฎาคม 2557

เวลา 06.50 น. ของวันที่ 27 ก.ค. 2556 ขณะเรือบรรทุกน้ำมันสัญชาติกรีซ กำลังถ่ายน้ำมันดิบมายังโรงกลั่นน้ำมันของบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด มหาชน (PTTGC) ได้เกิดเหตุไม่คาดฝัน เมื่อท่อรับน้ำมันดิบขนาด 16 นิ้วเกิดรอยแตกรั่วขึ้น น้ำมันดิบ 50,000 ลิตร จึงไหลทะลักออกสู่ท้องทะเล มาบตาพุดทันที เมื่อเป็นเช่นนั้น วาลว์อัตโนมัติก็รีบตัดระบบส่งน้ำมัน เจ้าหน้าที่เร่งนำเรือออกทะเล เพื่อปล่อยสารขจัดคราบน้ำมันไม่ให้กระจายตัว พร้อมเร่งนำทุ่นกักน้ำมันกักคราบไว้และใช้เครื่องมือเก็บ แล้วออกประกาศว่าขณะนี้สามารถขจัดคราบน้ำมันไปได้กว่า 70%

แต่เมื่อเช้าวันที่ 29 ก.ค. 2556 พบว่าหาดทรายเป็นสีดำสนิท ส่งกลิ่นเหม็นคละคลุ้งไปทั่วบริเวณ กระแสคลื่นลมแรงก็ได้พัดพาน้ำมันดิบที่รั่วเข้าสู่ชายฝั่งอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด สถานที่ท่องเที่ยวอันดับ 1 ของ จังหวัดระยอง เสียแล้ว น้ำมันรั่วในคราวนี้ถือเป็นเหตุการณ์น้ำมันดิบรั่วไหลที่ร้ายแรงที่สุดในประวัติศาสตร์ไทย และส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศอย่างมหาศาล สัตว์ทะเล ทั้งปลา ปู กุ้ง หอย ต้องตายไปนับไม่ถ้วน

เมื่อเวลาการฟื้นฟูครบ 1 ปีเต็ม หากมองด้วยสายตา สภาพหาดทรายอ่าวพร้าวได้กลับมาขาวสะอาด ผลการตรวจผิวดิวและน้ำทะเลเริ่มกลับสู่สภาวะปกติ แต่หากสังเกตจากสภาวะปะการังฟอกขาว กล่าวได้ว่า 1 ปีนั้นไม่เพียงพอที่จะฟื้นฟูธรรมชาติซึ่งถูกทำร้ายอย่างแสนสาหัสให้กลับมาเป็นดังเดิมได้

ที่มา: http://www.innnews.co.th/shownews/show?newscode=468952

1. สมาชิกสมาคมประมงพื้นบ้านเรือเล็กระยอง กล่าวว่า “ผู้บริโภคเกิดความไม่มั่นใจ งดบริโภคอาหารทะเล ทำให้จำหน่ายปลาไม่ได้” นักเรียนคิดว่าเหตุใดผู้บริโภคจึงงดบริโภคอาหารทะเลจากเกาะเสม็ด

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนระบุสิ่งที่เป็นตัวบ่งชี้ว่าน้ำมันส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศมาอย่างน้อย 1 อย่าง

.....

.....

.....

3. ลุงดำซึ่งอาศัยอยู่ที่อ่าวพร้าวได้สังเกตจำนวนปลากะตักที่ตายแล้วลอยขึ้นมาบนหาดทรายบริเวณหน้าบ้านตั้งแต่วันที่น้ำมันรั่วแล้วบันทึกไว้ ได้ผลดังตาราง

ตารางบันทึกผลการสังเกตจำนวนปลากะตักที่ตาย

วันที่บันทึก	จำนวนปลากะตักที่ตาย (ตัว)
29 ก.ค. 2556	12
12 ส.ค. 2556	19
26 ส.ค. 2556	24
10 ก.ย. 2556	12
24 ก.ย. 2556	5
5 ต.ค. 2556	3

จากตารางข้างต้น นักเรียนสามารถจะสรุปปรากฏการณ์นี้ได้ว่าอย่างไร ให้อธิบายมาพอสังเขป

.....

.....

.....

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

(ฉบับหลังทดลอง)

คำชี้แจง

1. การทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้ไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน แต่จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาคุณภาพแบบวัดนี้ ดังนั้นขอให้นักเรียนทำแบบวัดอย่างเต็มความสามารถ อ่านคำถามทุกข้ออย่างละเอียดรอบคอบ แล้วตอบคำถามให้ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ และตอบให้ครบทุกข้อ

2. แบบวัดฉบับนี้มี 6 สถานการณ์ จำนวนทั้งหมด 15 ข้อ เวลาที่ใช้ทั้งหมด 45 นาที

3. ให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบหรือให้เหตุผลประกอบคำตอบของนักเรียน คำถามเหล่านี้อาจมีคำตอบถูกได้หลายคำตอบ นักเรียนจะได้คะแนนจากวิธีที่นักเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนเข้าใจเรื่องราวเหล่านั้น และวิธีการคิดที่นักเรียนแสดงออกมา โดยเขียนคำตอบของนักเรียนบนเส้นบรรทัดที่กำหนดไว้ให้

4. นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในแบบวัด

5. ให้นักเรียนส่งคืนแบบวัดให้กรรมการคุมสอบทันทีเมื่อหมดเวลา

Chulalongkorn University

ชื่อ-นามสกุล.....

ชั้น.....**เลขที่**.....

สถานการณ์เรื่อง “ไข้หวัดนก H7N9” ใช้ตอบคำถามข้อ 1-3

ไข้หวัดนก H7N9

ที่มา: วอยซ์ออฟอเมริกา วันที่ 2 กรกฎาคม 2558

นักวิทยาศาสตร์วิตกไข้หวัดนก H7N9 ที่ระบาดในจีนอาจระบาดทั่วโลกถ้าไม่แก้ไขทันที

ไข้หวัดนกสายพันธุ์ H7N9 กำลังแพร่ระบาดตามตลาดสดสัตว์ปีกในตอนใต้ของจีน ขณะนี้มีผู้ติดเชื้อแล้วรวม 650 ราย ในจำนวนนี้เกือบร้อยละ 40 เสียชีวิตไปแล้ว อย่างไรก็ตามผู้ที่เสียชีวิตมักจะมีปัญหาสุขภาพอนามัยอื่น ๆ ด้วย เมื่อสัตว์ปีกตายหรือป่วยก็จะมีการนำสัตว์ปีกเหล่านั้นไปบริโภคทำให้เกิดการติดเชื้อไข้หวัดนกจากสัตว์ปีก การติดต่อมักจะเกิดขณะการเชือดไก่ การถอนขนไก่ การทำความสะอาดเครื่องในไก่ แม้ว่าเชื้อไวรัสของไข้หวัดชนิดนี้ ยังไม่ติดต่อระหว่างคนด้วยกัน ผู้เชี่ยวชาญเตือนว่า ยิ่งปล่อยไว้นานต่อไปจะเป็นการเพิ่มโอกาสที่เชื้อไวรัสจะกลายพันธุ์ และแพร่เชื้อระหว่างคนด้วยกันได้มากขึ้น นักวิจัยยังพบด้วยว่า เชื้อไวรัสได้ปรับตัวแยกออกเป็นสายพันธุ์ย่อยอีกอย่างน้อย 3 สายพันธุ์ และยังมีการแลกเปลี่ยนเชื้อพันธุ์บางส่วนกับเชื้อไวรัส H9N2 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่แพร่เชื้อติดต่อระหว่างคนด้วยกัน แม้ผู้เชี่ยวชาญจะวิตกว่าเชื้อไวรัสสายพันธุ์นี้ อาจแพร่กระจายไปทั่วโลกได้ แต่เท่าที่ได้ตรวจ ยังไม่พบหลักฐานว่ามีเชื้อไวรัสนี้ปรากฏในที่อื่นใด นอกจากแหล่งที่ได้พบแล้ว

1. ทำไมนักวิทยาศาสตร์จึงวิตกกังวลว่าไข้หวัดนก H7N9 สามารถระบาดไปสู่คนทั่วโลก

.....

.....

.....

2. นายยีกวน ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยไข้หวัดนกของมหาวิทยาลัยฮ่องกง กล่าวว่า *“ถ้าจะหยุดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสให้ได้จริง ก็ควรเลิกตลาดสดขายสัตว์ปีกทั้งหมด”* นักเรียนจะใช้หลักฐานหรือประเด็นใดบ้างเพื่อสนับสนุนคำกล่าวของนายยีกวน

.....

.....

.....

3. ไข้หวัดนก H5N1 ใช้เวลานานกว่า 10 ปี ทำให้มีผู้ติดเชื้อประมาณ 800 คน ส่วนไข้หวัดนก H7N9 มีผู้ติดเชื้อเกือบ 650 คนในเวลาประมาณ 2 ปี จากข้อความดังกล่าว นักเรียนสามารถสรุปการเพิ่มขึ้นของการแพร่ระบาดของเชื้อไข้หวัดนกทั้งสองชนิดได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

คำชี้แจง

1. การทำแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ในครั้งนี้ไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน แต่จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาคุณภาพแบบวัดนี้ ดังนั้นขอให้นักเรียนทำแบบวัดอย่างเต็มความสามารถ
2. ให้นักเรียนอ่านโจทย์ที่กำหนดให้ แล้วเขียนอธิบายคำตอบตามข้อคำถามในแต่ละข้ออย่างตั้งใจ
3. นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น เลขที่ ลงในข้อสอบ
4. ให้นักเรียนส่งคืนแบบวัดให้กรรมการคุมสอบทันทีเมื่อหมดเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชื่อ-นามสกุล.....

ชั้น.....**เลขที่**.....

สถานการณ์ที่ 2

การเลือกหลังคาบ้าน

ลุงสมยศสร้างบ้านหลังหนึ่งโดยใช้หลังคาเป็นสังกะสี พอถึงหน้าร้อนทุก ๆ ปี อากาศภายในบ้านจะร้อนมาก ลุงสมยศจึงเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำหลังคาเป็นกระเบื้องซีเมนต์ใยหินแทนสังกะสี และได้ใช้แผ่นยิปซั่มบอร์ดทำฝ้าเพดาน ลุงสมยศพบว่าภายในบ้านของตนนั้นเย็นขึ้น

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. หัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. หลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้มีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนเขียนอธิบายว่าทำไมหลังคาที่ทำจากสังกะสีจึงทำให้ภายในบ้านร้อน และกระเบื้องซีเมนต์ใยหินและแผ่นซิปซั่มบอร์ดมีคุณสมบัติอย่างไรจึงทำให้ภายในบ้านเย็นขึ้น

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนยกตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่น ๆ นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำไปใช้ในวิชาอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 3

การออกแบบบ้าน

ปราณีได้รับมรดกเป็นเงินหลายล้านบาท จึงอยากจะสร้างบ้านหนึ่งหลังในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปราณีไม่รู้จะสร้างบ้านแบบไหนดี จึงได้จ้างนายสมชายซึ่งเป็นสถาปนิก โดยบอกรายละเอียดของบ้านที่ต้องการว่าให้เป็นบ้านที่มีอากาศถ่ายเทสะดวกและสามารถรับลมจากด้านนอกของบ้านได้ตลอดเวลา ไม่มืดทึบและประหยัดพลังงาน นายสมชายจึงออกแบบบ้านเป็นบ้านไม้ 2 ชั้น ยกพื้นสูง 2 เมตร ชั้นล่างเป็นใต้ถุนโล่ง และหลังคาบ้านเป็นทรงสูง หน้าจั่ว มีช่องระบายอากาศภายในบ้านและมีหน้าต่างหลายบาน

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. หัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

2. หลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้มีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนเขียนอธิบายว่าแบบบ้านของสมชายเป็นไปตามที่ปราณีต้องการหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนยกตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่น ๆ นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำไปใช้ในวิชาอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ที่ 5
การเลือกเสื้อผ้า

ในประเทศไทยช่วงเดือนเมษายน เป็นช่วงปิดเทอมเด็กหญิงน้อยหน่าช่วยแม่ใส่ปุ๋ยคอกในสวนกุหลาบ ซึ่งเป็นที่โล่งแจ้งและอากาศร้อน เด็กหญิงน้อยหน่าเลือกสวมเสื้อที่ทำจากผ้าฝ้ายสีครีมอ่อน ส่วนเด็กชายนำโชคไปหาญาติที่ประเทศออสเตรเลียซึ่งมีอากาศหนาวเย็น เด็กชายนำโชคเลือกสวมเสื้อที่ทำจากผ้าขนสัตว์สีน้ำตาลเข้มและกางเกงยีนส์ขายาวสีดำ

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. หัวข้อความรู้วิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์นี้คืออะไร

.....
.....

2. หลักการ แนวคิด กฎ สูตร สมการ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้มีอะไรบ้าง

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

3. ให้นักเรียนเขียนอธิบายว่าเด็กหญิงน้อยหน่าและเด็กชายนำโชคเลือกใส่เสื้อผ้าได้เหมาะสมหรือไม่ เพราะเหตุใด

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

4. ให้นักเรียนยกตัวอย่างการกระทำหรือสถานการณ์ที่สามารถนำความรู้นี้มาใช้ในเรื่องอื่น ๆ นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำไปใช้ในวิชาอื่นๆ

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

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

วันที่.....เดือน.....พ.ศ..... เวลา.....

เรื่อง..... คาบที่.....

---

1. ด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ด้านการถ่ายโยงการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบบันทึกผลการสอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ..... เวลา.....

เรื่อง..... คาบที่.....

---

1. การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามที่วางแผนไว้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

3. สิ่งที่ส่งเสริมหรือเป็นอุปสรรคต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

4. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

.....

Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอน

คู่มือการใช้รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

คู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ประกอบด้วยสาระสำคัญ 7 ประการ ดังนี้

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

1. ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยอาศัยแนวคิดพื้นฐานดังต่อไปนี้

1.1 แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนใช้กระบวนการในการแสวงหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นแนวทางในการตั้งคำถาม สมมติฐาน ควบคุมตัวแปร ออกแบบ สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล ลงข้อสรุป และใช้การโต้แย้งในการประเมินและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง เพื่อใช้ในการบรรยาย การอธิบาย และการทำนายปรากฏการณ์ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยของ Windschitl et al. (2008b: 314)

Passmore et al. (2009: 395-397) และ Nuffield Foundation (2013: 2) ซึ่งสาระสำคัญของแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีดังนี้

1) แบบจำลองสามารถแสดงกระบวนการ คุณสมบัติหรือโครงสร้างที่มองไม่เห็นได้

2) การใช้แบบจำลองเป็นจุดเริ่มต้นและเป็นแนวทางในการสืบสอบหาความรู้ โดยการตั้งคำถาม การทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล สรุปผล โดยแบบจำลองใช้ทดสอบสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผล และนำผลของการสืบสอบหาความรู้นั้นมาใช้เพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

3) แบบจำลองใช้ในการบรรยาย การอธิบาย และการทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ช่วยในการสร้างความเข้าใจให้ชัดเจนขึ้น

4) การใช้แบบจำลองในการโต้แย้ง เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน

1.2 แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทที่เกี่ยวข้องกับปัญหา สถานการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันของนักเรียนโดยนักเรียนจะถูกกระตุ้นให้สร้างการเชื่อมโยงระหว่างความรู้และการประยุกต์ใช้ความรู้กับการดำเนินชีวิต และเมื่อนักเรียนเชื่อมโยงได้แล้วสามารถนำความรู้เหล่านี้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยของ Center for Occupation Research and Development (1999: 3-6) Gilbert (2006: 960-962) และ De Jong (2008: 6) ซึ่งสาระสำคัญของแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีดังนี้

1) การเรียนรู้จากบริบท ซึ่งเป็นเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์ของนักเรียนหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันหรือเหตุการณ์ที่นักเรียนกำลังเผชิญอยู่หรือสัมพันธ์กับนักเรียน

2) การเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่มีการลงมือปฏิบัติ โดยการสืบค้น การสำรวจ การทดลอง การสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยให้นักเรียนตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหา รวบรวมและปรับปรุงคำถาม และอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบ แล้วลงมือปฏิบัติภาระงาน

3) การร่วมมือกันทำงานและการปฏิสัมพันธ์กัน มีการตอบสนองและการติดต่อสื่อสารกับผู้อื่น แล้วนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากการลงมือปฏิบัติและมีการอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดหรือความรู้ที่เกี่ยวข้องร่วมกัน

4) การประยุกต์ใช้ความรู้โดยสามารถทำความเข้าใจในสิ่งที่ได้เรียนรู้และสามารถนำ

ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์หรือบริบทอื่นๆ หรือในชีวิตประจำวันของนักเรียน

2. หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนการสอน ได้จากการสังเคราะห์แนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีหลักการของรูปแบบการเรียนการสอนดังนี้

1) การใช้บริบทที่สัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับนักเรียนมากระตุ้นช่วยทำให้นักเรียนเกิดความสนใจใคร่รู้และมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น

2) การใช้แบบจำลองจะช่วยส่งเสริมการสืบสอบหาความรู้ให้มีประสิทธิภาพ โดยใช้แบบจำลองเป็นแนวทางในการตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน สำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมและแปลความหมายข้อมูล ผ่านการลงมือปฏิบัติ อภิปรายและทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มที่มีการปฏิสัมพันธ์กัน

3) การนำแบบจำลองมาใช้ในการโต้แย้งช่วยทำให้การโต้แย้งมีคุณภาพ มีความชัดเจน เห็นเป็นรูปธรรม รวมทั้งประเมินและแก้ไขแบบจำลอง โดยการใช้ข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์

4) การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในบริบทอื่นๆ ช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

Chulalongkorn University

3. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
2. เพื่อส่งเสริมความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

4. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) ขั้นกำหนดสถานการณ์ เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน และกำหนดสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีความสนใจ และอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถาม

2) ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นหรือตั้งสมมติฐาน แล้วลงมือปฏิบัติโดยทำการทดลอง สังเกต สำรวจ สืบค้น ด้วยการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและมีปฏิสัมพันธ์กัน และเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน เพื่อทดสอบแบบจำลอง

3) ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง ประเมินข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองผ่านการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม โดยการใช้หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่าวอ้างที่นำเสนอ เพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของห้อง

4) ขั้นสรุปความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการอภิปราย ข้อคิดเห็นที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มอื่น และปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง แล้วลงข้อสรุปร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องและสมเหตุสมผล

5) ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นที่นักเรียนนำแบบจำลอง ความรู้ หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ภายใต้เงื่อนไขใหม่ และบริบทใหม่ เพื่อบรรยาย อธิบาย หรือทำนายสถานการณ์ใหม่หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน

บทบาทครูและนักเรียนตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน รายละเอียดของบทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง ขั้นตอนการเรียนการสอน บทบาทครู และบทบาทนักเรียน ตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นกำหนดสถานการณ์ เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน และกำหนดสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีความสนใจและอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าว เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถาม	1) นำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน 2) ใช้คำถามนำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายและวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อเชื่อมโยงความคิดจากสิ่งที่นักเรียนเคยเรียนผ่านมาแล้ว ซึ่งเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับสิ่งที่นักเรียนกำลังจะเรียนรู้ใหม่	1) แสดงความกระตือรือร้นหรือสนใจต่อสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอ 2) ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์และเชื่อมโยงความรู้เดิมในสิ่งที่เคยเรียนกับสิ่งที่กำลังเรียนรู้ใหม่ 3) ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ
2. ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นหรือตั้งสมมติฐาน แล้วลงมือปฏิบัติโดยทำการทดลอง สังเกต สำรวจ สืบค้น ด้วยการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและมีปฏิสัมพันธ์กัน และเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานเพื่อทดสอบแบบจำลอง	1) จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองและการสำรวจตรวจสอบ 2) แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ 3) กระตุ้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยความกระตือรือร้น และช่วยเหลือกันและเรียนรู้ร่วมกันในระหว่างการทำงานกลุ่ม 4) ชี้ให้เห็นถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้องเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการสำรวจตรวจสอบ	1) สร้างแบบจำลองเบื้องต้นอย่างสมเหตุสมผล 2) ลงมือปฏิบัติหรือทำการสำรวจตรวจสอบอย่างตั้งใจ 3) แบ่งหน้าที่ในการทำงานอย่างเป็นระบบและช่วยเหลือกันทำงานในกลุ่ม 4) เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือการสำรวจตรวจสอบ 5) สร้างแบบจำลองของกลุ่มที่สอดคล้องกับข้อมูลและหลักฐาน
3. ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง ประเมินข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองผ่านการโต้แย้งระหว่างกลุ่ม โดยการใช้หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนหรือ	1) ร่วมอภิปรายเกี่ยวกับผลจากการสำรวจตรวจสอบ และควบคุมสถานการณ์และเวลาในการโต้แย้ง 2) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองของตนเอง 3) กระตุ้นให้นักเรียนประเมิน	1) นำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเองและเสนอประเด็นข้อโต้แย้งต่อกลุ่มอื่น 2) แสดงความคิด ความรู้ หรือคำอธิบายที่เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับแบบจำลองที่นำเสนอ

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
คัดค้านข้อกล่าวอ้างที่นำเสนอ เพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของห้อง	แบบจำลองและร่วมกันสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกัน	และให้เหตุผลประกอบการอธิบาย 3) นักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลองของแต่ละกลุ่มและสร้างแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของห้อง
4. ขั้นสรุปความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการอภิปรายข้อคิดเห็นที่ได้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มอื่นและปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง แล้วลงข้อสรุปร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องและสมเหตุสมผล	1) ร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงแบบจำลองและลงข้อสรุป 2) กระตุ้นให้นักเรียนสร้างการบรรยายหรืออธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง 4) ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง	1) นักเรียนสร้างข้อสรุปจากการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง 2) ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น 3) นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล
5. ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นที่นักเรียนนำแบบจำลองความรู้ หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ภายใต้เงื่อนไขใหม่ และบริบทใหม่ เพื่อบรรยาย อธิบาย หรือทำนายสถานการณ์ใหม่หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน	1) นำเสนอสถานการณ์อื่นๆ ที่แตกต่างไปจากเดิม เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ 2) กระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้หรือแบบจำลองที่ได้เรียนรู้มาใช้ในสถานการณ์ใหม่ 3) ตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบและประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียน	1) นำแบบจำลองหรือแนวคิดความรู้ไปใช้เพื่อบรรยาย อธิบาย หรือทำนายสถานการณ์ใหม่หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่กำหนดให้ 2) ร่วมตอบคำถามอย่างกระตือรือร้นและแสดงถึงความรู้และความเข้าใจของตนเอง

5. การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น ประเมินผลทั้งด้านความรู้และกระบวนการตามสภาพที่เป็นจริงของผู้เรียน ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย โดยเน้นการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการถ่ายโยง

การเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และแบบบันทึกผลการสอน

6. แนวทางในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้

การนำรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานไปใช้ ผู้สอนควรดำเนินการดังนี้ 1) ศึกษารายละเอียดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) วิเคราะห์เนื้อหาสาระของรายวิชาที่สอน 3) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ 4) เตรียมความพร้อมของผู้สอน 5) เตรียมวิธีสอนและเทคนิคการสอน 6) เตรียมสื่อการเรียนรู้ 7) เตรียมแบบประเมินผู้เรียน มีรายละเอียดดังนี้

1) ศึกษารายละเอียดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ผู้สอนควรทำความเข้าใจในแต่ละองค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานอย่างละเอียด โดยศึกษาหลักการ วัตถุประสงค์ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งการวัดและประเมินผล เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ในวิชาของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลแก่ผู้เรียนตามที่จุดประสงค์ที่ผู้สอนคาดไว้

2) วิเคราะห์เนื้อหาสาระของรายวิชาที่สอน

ผู้สอนควรวิเคราะห์เนื้อหาสาระของรายวิชาที่สอนอย่างละเอียดตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบที่ได้ยกตัวอย่างในหัวข้อขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ เพื่อที่จะได้ทราบว่าเนื้อหาสาระที่วิเคราะห์และคัดเลือกมานั้นควรมีการจัดลำดับอย่างไร หลังจากนั้นจึงวางยุทธศาสตร์การจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม และต้องการให้เกิดแก่ผู้เรียน

3) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้สอนเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบ โดยเริ่มจากแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแรกซึ่งมีเนื้อหาสาระที่จัดลำดับไว้อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ในแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละเรื่อง ผู้สอนควรใช้วิธีสอน และเทคนิคการสอนที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้ เพื่อช่วยส่งเสริมและสนับสนุนความสนใจของนักเรียนให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้น

4) เตรียมความพร้อมของผู้สอน

รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เป็นรูปแบบที่ผู้สอนจะต้องเตรียมการสอนอย่างครบถ้วนและให้ความสำคัญกับรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนการสอนนี้เน้นการจัดเตรียมเนื้อหาอย่างเป็นระบบและออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนต้องเตรียมความพร้อมของตน เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบเกิดประสิทธิผลสูงสุดกับผู้เรียน

5) เตรียมวิธีสอนและเทคนิคการสอน

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ผู้สอนควรเลือกใช้วิธีสอนและเทคนิคการสอนที่หลากหลาย และเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ ลักษณะของผู้เรียน เวลา สถานที่ และสภาพแวดล้อม เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น วิธีสอนและเทคนิคการสอนที่ผู้สอนสามารถเลือกเพื่อช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียน ได้แก่ 1) วิธีสอนโดยใช้กรณีตัวอย่าง 2) วิธีสอนแบบสาธิต 3) วิธีสอนแบบอุปนัย 4) เทคนิคการเรียนแบบร่วมมือ 5) เทคนิคการใช้อุปมาอุปมัย 6) เทคนิคการใช้คำถาม ดังนี้

(1) วิธีสอนโดยใช้กรณีตัวอย่าง เป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยให้ผู้เรียนศึกษาเรื่องที่สมมติขึ้นจากความเป็นจริงและตอบประเด็นคำถามเกี่ยวกับเรื่องนั้น แล้วนำคำตอบและเหตุผลที่มาของคำตอบนั้นมาใช้เป็นข้อมูลในการอภิปราย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ ซึ่งผู้สอนอาจเป็นผู้นำเสนอกรณีตัวอย่าง หรืออาจใช้เรื่องจริงจากผู้เรียนเป็นกรณีตัวอย่าง วิธีการนำเสนอทำได้หลายวิธี เช่น การพิมพ์เป็นข้อมูลมาให้ผู้เรียนอ่าน การเล่ากรณีตัวอย่างให้ฟัง การนำเสนอโดยใช้สื่อ ผู้สอนควรแบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อยและให้เวลาเพียงพอในการศึกษากรณีตัวอย่างและคิดหาคำตอบ แล้วจึงร่วมกันอภิปรายเป็นกลุ่ม

(2) วิธีสอนแบบสาธิต เป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการแสดงหรือทำสิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ ให้ผู้เรียนสังเกตดู แล้วให้ผู้เรียนซักถาม อภิปราย และสรุปการเรียนรู้ที่ได้จากการสังเกตการสาธิต ซึ่งผู้สอนอาจจะใช้วิธีการบรรยายประกอบการสาธิต การสาธิตควรเป็นไปอย่างมีลำดับขั้นตอน ใช้เวลาอย่างเหมาะสม และควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถาม เพื่อกระตุ้นความคิดและความสนใจของผู้เรียน

(3) วิธีสอนแบบอุปนัย เป็นกระบวนการสอนที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการนำตัวอย่าง ข้อมูล ความคิด เหตุการณ์ สถานการณ์ ปรากฏการณ์ที่มีหลักการหรือแนวคิดที่ต้องการสอนให้แก่ผู้เรียนมาให้ผู้เรียนศึกษาวิเคราะห์ จน

สามารถดึงหลักการหรือแนวคิดที่แฝงอยู่ออกมา เพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ต่อไป หรืออาจจะกล่าวได้ว่าเป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนสรุปหลักการจากตัวอย่างต่างๆ ด้วยตนเอง ถ้าหากตัวอย่างที่ให้แก่ผู้เรียนเป็นตัวอย่างที่ครอบคลุมลักษณะหรือคุณสมบัติย่อยๆ ของหลักการหรือแนวคิดนั้นๆ และมีประเด็นคำถามที่สามารถนำผู้เรียนไปสู่วัตถุประสงค์ที่ต้องการ ย่อมจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถศึกษาและวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว

(4) เทคนิคการเรียนแบบร่วมมือ เป็นวิธีการเรียนการสอนเป็นกลุ่มที่ออกแบบให้ผู้เรียนต้องร่วมมือกันในการเรียน โดยการมอบหมายให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและสร้างเงื่อนไขในการเรียนและการทำงานให้สำเร็จว่ากลุ่มผู้เรียนจะต้องแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน พึ่งพาอาศัยกันและมีจุดหมายสำคัญคือการทำงานกลุ่มให้สำเร็จและผู้เรียนทุกคนในกลุ่มและในชั้นเรียนเกิดการเรียนรู้ การเรียนรู้แบบร่วมมือมีเทคนิคต่างๆ มากมาย เช่น Group investigation (GI), Student Teams-Achievement Divisions (STAD), Teams-Games-Tournaments (TGT), Jigsaw, Learning Togetherm (LT) เป็นต้น ซึ่งการเรียนแบบร่วมมือมือนั้นจะประสบความสำเร็จในการเรียนรู้เมื่อสมาชิกในกลุ่มร่วมกันทำงานตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ผู้เรียนจะรับผิดชอบการเรียนรู้ตองตนพอๆ กับรับผิดชอบการเรียนรู้ของสมาชิกภายในกลุ่ม ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กันในการทำงานช่วยเหลือเกื้อกูลกันและสนับสนุนความสำเร็จของกันและกัน

(5) เทคนิคการใช้อุปมาอุปมัย เป็นกระบวนการหาความเหมือนของแนวคิดสอง แนวคิด โดยแนวคิดแรกคือแนวคิดที่รู้จักหรือคุ้นเคยจะเรียกว่า อะนาล็อก (analog) และแนวคิดที่สองคือแนวคิดที่ไม่รู้จักหรือไม่คุ้นเคยเรียกว่า เป้าหมาย (target) เช่น การยกตัวอย่างความสูงของภูเขาเปรียบเหมือนระดับพลังงานก่อกัมมันต์ การที่ครูใช้การอุปมาอุปมัยก็เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพในแนวคิดที่เป็นนามธรรม ช่วยให้ผู้เรียนเปรียบเทียบโลกแห่งความเป็นจริงของตนเองกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจเรียน

(6) เทคนิคการใช้คำถาม มีจุดประสงค์เพื่อเร้าความสนใจของผู้เรียน เพื่อประเมินความพร้อมของผู้เรียนหรือตรวจสอบความเข้าใจ หรือเพื่อทบทวนหรือสรุปสิ่งที่ได้เรียน และเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเอง เทคนิคการใช้คำถามเป็นการรู้จักใช้คำถามประเภทต่างๆ หรือรู้จักใช้ลักษณะดีและลักษณะที่ควรหลีกเลี่ยงเมื่อใช้คำถาม โดยนักการศึกษาบางกลุ่มแบ่งประเภทของคำถามตามระดับของการคิดในพุทธิพิสัยของ Benjamin Bloom แบ่งเป็น 6 ระดับ คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ซึ่งเทคนิคการใช้คำถามที่ดี เช่น ครูควรเลี่ยงการชี้แนวทางหรือคำตอบให้กับผู้เรียนทันทีหลังจากการถามแล้ว ครูควรใช้คำถามที่มีความยากง่ายให้เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน ครูไม่ควรใจร้อนตอบคำถามเอง ต้องพยายามช่วยเหลือให้ผู้เรียนคิดและตอบเอง เป็นต้น

6) เตรียมสื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้เป็นส่วนที่จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดประสิทธิผล สื่อจะช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถใช้เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการแสดงเหตุผลและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งช่วยในการลงข้อสรุป และทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในแนวคิดที่เรียนรู้ได้ดีขึ้น ผู้สอนจึงควรวิเคราะห์เนื้อหาสาระในรายวิชาของตนแล้วพิจารณาว่าสื่อแบบใดที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระเรื่องนั้น เช่น วีดีทัศน์ ข่าวจากหนังสือ พิมพ์ โปรแกรมการนำเสนอ powerpoint เพลง การ์ตูน เป็นต้น อีกทั้งครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นแบบจำลองต่างๆ จากห้องสมุด หนังสือพิมพ์ วารสาร และอินเตอร์เน็ตเพื่อให้ผู้เรียนได้นำมาเป็นตัวอย่างหรือแนวทางในการสร้างแบบจำลองของตนเอง

7) เตรียมแบบประเมินผู้เรียน

การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานดำเนินการทั้งก่อน ระหว่างและหลังการจัดการเรียนการสอน โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินในแต่ละขั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

(1) การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประเมินก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และประเมินระหว่างเรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบบันทึกผลการสอน

(2) การประเมินความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ประเมินก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้และประเมินระหว่างเรียนโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบบันทึกผลการสอน

7. เงื่อนไขในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

การใช้รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน มีเงื่อนไขในการใช้รูปแบบดังต่อไปนี้

1) เงื่อนไขด้านผู้สอน

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบที่มุ่งพัฒนาความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ การสร้างข้อสรุป การอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถใน

การถ่ายโยงการเรียนรู้จากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานอื่นๆ ได้ ดังนั้น นอกจากผู้สอนจะต้องมีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างดีแล้ว ยังควรเป็นผู้ที่สามารถนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันต่างๆ มากระตุ้นความสนใจของนักเรียนในประเด็นหรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา และเห็นความสำคัญของการสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่หลากหลาย เพื่อเป็นแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ อีกทั้งควรให้ความสำคัญเกี่ยวกับการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการสนับสนุนหรือคัดค้านข้อกล่างอ้างและอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

2) เงื่อนไขด้านเวลา

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการสืบสอบหาความรู้ซึ่งให้ลงมือปฏิบัติหรือทำการทดลอง และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองผ่านการโต้แย้งซึ่งเปิดโอกาสให้มีการเสนอประเด็นสนับสนุนและคัดค้าน ดังนั้นผู้สอนที่จะนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปใช้ในรายวิชาที่ตนเองสอนจะต้องพิจารณาว่า รายวิชาดังกล่าวนั้นมีระยะเวลาที่มีจำนวนชั่วโมงเพียงพอที่จะเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อสืบสอบหาความรู้และโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาหรือแนวคิดที่ได้เรียนรู้และสามารถลงมือปฏิบัติสิ่งที่ได้เรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) เงื่อนไขด้านผู้เรียน

รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นรูปแบบที่นำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งผู้สอนสามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปใช้ในระดับการศึกษาอื่นๆ ได้ทั้งระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา โดยผู้สอนควรพิจารณาเนื้อหาสาระในรายวิชาที่ต้องการสอนนั้นว่าต้องการพัฒนาผู้เรียนในด้านใด ถ้าหากรายวิชาที่สอนเน้นให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสร้างข้อสรุป ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอนนี้ ผู้สอนสามารถนำรูปแบบดังกล่าวไปใช้โดยพิจารณาเงื่อนไขด้านความสัมพันธ์ของเนื้อหาสาระในรายวิชา และด้านเวลา ซึ่งผู้สอนสามารถคัดเลือกเนื้อหาสาระที่เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียนและวัยของผู้เรียน และควรเลือกใช้บริบทที่สัมพันธ์กับผู้เรียนหรือบริบทที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และปรับเปลี่ยนกิจกรรมหรือใช้เทคนิคต่างๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นเรียน

ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

เรื่อง สมดุลความร้อน

รายวิชา ว 21102 วิทยาศาสตร์ **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**

ผู้สอน นางณัฐมน สุชัยรัตน์ **เวลา 100 นาที**

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 5.1 ม. 1/4 อธิบายสมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของสารและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม.1-3/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

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

ว 8.1 ม.1-3/3 เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัยโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.1-3/4 รวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

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

ว 8.1 ม.1-3/6 สร้างแบบจำลองหรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

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

ว 8.1 ม.1-3/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกตการสำรวจตรวจสอบค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

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

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายแนวคิดสมดุลความร้อนได้
2. ทดลองเรื่องสมดุลความร้อนได้
3. สร้างแบบจำลองสมดุลความร้อนได้
4. โต้แย้งคำอธิบายเรื่องสมดุลความร้อนได้อย่างสมเหตุสมผล
5. สร้างและเสนอคำอธิบายเรื่องสมดุลความร้อนได้
6. นำความรู้เรื่องสมดุลความร้อนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
7. มีความรับผิดชอบและทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมาย
8. ให้ความร่วมมือต่อการปฏิบัติงานและการมีปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่ม

เนื้อหา/สาระ

สมดุลความร้อน เป็นการถ่ายโอนพลังงานความร้อนด้วยวิธีการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนจากวัตถุที่มีพลังงานความร้อนภายในสูงให้กับวัตถุที่มีพลังงานความร้อนภายในต่ำกว่าจนอุณหภูมิภายในของวัตถุทั้งสองเท่ากัน

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นกำหนดสถานการณ์ (10 นาที)

1.1 ครูทบทวนความรู้เดิม โดยถามคำถามดังนี้

- ถ้าหากนักเรียนแช่มือในอ่างน้ำจะรู้สึกอย่างไร เพราะเหตุใด (รู้สึกเย็น เพราะมือมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำในอ่าง มือจึงคายความร้อนให้แก่น้ำในอ่าง)

- ถ้าหากทิ้งไว้สัก 5 นาทีนักเรียนจะรู้สึกอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น (รู้สึกว่าความเย็นค่อยๆ ลดลงจนเป็นปกติอีกครั้ง เนื่องจากมือมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำในอ่าง จึงเกิดการคายความร้อนจากมือและเกิดการดูดความร้อนของน้ำ จนเมื่ออุณหภูมิของน้ำและมือเท่ากัน จึงรู้สึกเป็นปกติ ไม่เย็นเหมือนตอนแช่เมื่อตอนแรก)

1.2 ครูนำภาพการชงนมพร้อมทั้งยกสถานการณ์ว่า กิ๊บซี่และกิ่งแก้วช่วยกันเลี้ยงน้องกุ๊กไก่ที่อายุเพียง 3 เดือน เมื่อน้องกุ๊กไก่ร้องไห้เพราะหิวนม กิ๊บซี่ไปชงนมโดยใช้น้ำร้อนแล้วใส่ขวดให้น้อง โดยกิ๊บซี่ตั้งนมไว้บนโต๊ะ รอให้นมเย็นลง แต่กิ่งแก้วบอกว่าน้องร้องไห้มากขึ้นๆ ต้องคิดหาวิธีทำให้นมเย็นเร็วกว่านี้

1.3 ครูให้นักเรียนตั้งคำถามที่นักเรียนสนใจเกี่ยวกับสมดุลความร้อน กลุ่มละ 2-3 คำถาม โดยที่คำถามนั้นต้องสามารถสำรวจตรวจสอบได้ด้วยการทดสอบทางวิทยาศาสตร์

1.4 ครูสุ่มให้นักเรียนนำเสนอคำถาม 2-3 กลุ่ม

2. ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง (40 นาที)

2.1 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน จำนวน 9 กลุ่ม

2.2 ครูแจกกระดาษฟลิปชาร์ตให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดรูปสมดุลความร้อนที่แสดงถึงการเกิดสมดุลความร้อน ตามความเข้าใจของนักเรียน

2.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอรูปสมดุลความร้อน แล้วถามนักเรียนว่า ประเด็นใดบ้างที่ทุกกลุ่มเห็นสอดคล้องกัน และประเด็นใดบ้างที่เห็นไม่สอดคล้องกัน

2.4 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน และอุปกรณ์ จากนั้นให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรม โดยครูเน้นย้ำเรื่องการแบ่งหน้าที่กันทำงานและการร่วมมือทำงานกลุ่มและการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีของสมาชิก

2.5 ครูให้นักเรียนออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมของกลุ่ม โดยเขียนผลการทดลองบนกระดาน

2.6 ครูนำอภิปรายหลังทำกิจกรรมที่ 6 โดยใช้คำถามดังนี้

- น้ำร้อนเมื่อผสมกับน้ำเย็นจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง เพราะเหตุใด (ลดลง เพราะน้ำร้อนจะคายความร้อนให้กับน้ำเย็น)

- น้ำเย็นเมื่อผสมกับน้ำร้อนแล้วจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง เพราะเหตุใด (เพิ่มขึ้น เพราะน้ำเย็นจะได้รับความร้อนจากน้ำร้อน)

- การถ่ายโอนความร้อนระหว่างน้ำร้อนและน้ำเย็นจะสิ้นสุดลงเมื่อใด (เมื่อน้ำร้อนและน้ำเย็นมีอุณหภูมิผสมเดียวกันคือ 55 ^{0}C)

2.7 ครูสุ่มตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอผลการทดลองกิจกรรมที่ 6 จำนวน 3 กลุ่ม

2.8 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับ กฎการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งกล่าวว่า พลังงานรวมของวัตถุจะไม่เปลี่ยนแปลง คือจะไม่สูญหายหรือถูกสร้างขึ้นใหม่

2.9 ครูให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลและหลักฐานจากการทดลองว่าสอดคล้องกับรูปสมดุลความร้อนของกลุ่มตนเองอย่างไร และให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขสมดุลความร้อนของกลุ่มที่วาดไว้

3. ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (20 นาที)

3.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอรูปสมดุลความร้อนของกลุ่มตนเอง พร้อมให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาประเด็นการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม

3.2 ให้นักเรียนได้เสนอประเด็นข้อโต้แย้งต่อกลุ่มที่นำเสนอ หรือข้อคำถามเพื่อโต้แย้งกันระหว่างกลุ่ม

3.3 ครูใช้คำถามเพื่อสรุปการโต้แย้ง ดังนี้

- ประเด็นการนำเสนอที่เห็นสอดคล้องหรือตรงกันมีหรือไม่ อย่างไร
- มีหลักฐานใดบ้างในการสนับสนุนประเด็นหรือคำอธิบายนั้น
- ประเด็นการนำเสนอที่เห็นไม่สอดคล้องหรือไม่ตรงกันมีหรือไม่ อย่างไร
- มีหลักฐานใดบ้างที่คัดค้านหรือไม่สนับสนุนประเด็นหรือคำอธิบายนั้น
- รูปสมดุลความร้อนที่แสดงถึงการเกิดสมดุลความร้อนสรุปได้ว่าอย่างไร

4. ขั้นสรุปความรู้ (10 นาที)

4.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงรูปสมดุลความร้อนของกลุ่มตนเองแล้วลงข้อสรุป

4.2 ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนอธิบายลงในสมุด เพื่อตอบคำถาม ดังนี้

- สมดุลความร้อนคืออะไร และเกิดขึ้นเมื่อใด
- สมดุลความร้อนเกิดขึ้นในสถานะใดบ้าง
- อุณหภูมิของวัตถุขณะที่วัตถุเกิดสมดุลความร้อนเรียกว่าอะไร

4.3 ให้สุ่มนักเรียน 4-5 คน นำเสนอคำอธิบายที่เขียนขึ้น แล้วสรุปคำอธิบายที่ถูกต้อง

5. ขั้นนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ (20 นาที)

5.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิดแก้ไขปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ โดยครูจะมีแผ่นป้ายนำเสนอสถานการณ์ทั้งหมด 3 สถานการณ์พร้อมทั้งภาพประกอบ ให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาโดยเขียนคำตอบลงในกระดาษที่ครูให้ โดยสถานการณ์มีดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 “โจ๊กหมู” บุญมีต้มโจ๊กหมูเพื่อให้บุญสมที่ป่วยเป็นไข้ แต่โจ๊กหมูร้อนมาก ถ้าต้องการให้โจ๊กเย็นเร็วๆ บุญมีควรทำอย่างไร เพราะเหตุใดจึงทำเช่นนั้น

สถานการณ์ที่ 2 “กาแฟเย็น” ป้าสมจิตซื้อกาแฟเย็น 1 แก้ว มาจากตลาดแล้วนำมาวางไว้บนโต๊ะหน้าบ้าน ลุงสมชายเรียกให้ป้าสมจิตไปช่วยปลูกต้นไม้ นาน 2 ชั่วโมง นักเรียนคิดว่ากาแฟเย็นของป้าสมจิตจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

สถานการณ์ที่ 3 “ของในรถยนต์” มานะนำขวดน้ำอัดลม เสื้อกีฬา ไม้บรรทัดเหล็ก และดินสอ ไว้ที่ท้ายรถยนต์ หลังจากนั้นขับรถไปจอดไว้ที่สนามฟุตบอลกลางแจ้งเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อมานะกลับมาที่รถยนต์ พบว่าอุณหภูมิภายในรถยนต์สูงถึง 45 องศาเซลเซียส นักเรียนคิดว่าขณะนั้นวัตถุทั้งสี่ชิ้นในรถยนต์ จะมีอุณหภูมิเป็นอย่างไร และหากมานะขับรถกลับมาถึงบ้านเวลา 19.00 น. แล้วนำของออกจากรถมาวางไว้ในบ้าน นักเรียนคิดว่าของทั้ง 4 ชิ้นจะมีอุณหภูมิเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด

5.2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำเสนอคำตอบหรือแนวทางแก้ปัญหานำเสนอหน้าชั้นเรียน

5.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสมดุลความร้อนที่เกิดขึ้นทั้ง 3 สถานการณ์

5.4 ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 6 เรื่อง ตะปูกับน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สื่อการเรียนการสอน/แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน
2. อุปกรณ์และสารเคมีกิจกรรมที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน
3. แผ่นป้ายสถานการณ์เรื่อง โจ๊กหมู กาแฟเย็น ของในรถยนต์
4. แผ่นภาพ การชงนม
5. แบบฝึกหัดที่ 6 เรื่อง ตะปูกับน้ำ
6. แก้วน้ำ
7. น้ำแข็ง
8. กระดาษฟลิปชาร์ต
9. สีเทียน/สีเมจิก/ปากกาเคมี
10. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

การประเมินการเรียนรู้

1. ประเมินความถูกต้องในการตอบคำถาม
2. ประเมินความถูกต้องในการสร้างแบบจำลองสมดุลความร้อน
3. ประเมินการความรับผิดชอบและการทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย
4. ประเมินการปฏิบัติงานร่วมกันและการมีปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่ม
5. ประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
6. ประเมินการถ่ายโยงการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกหัดและแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรมที่ 6
สมดุลความร้อน

จุดประสงค์

1. นักเรียนอธิบายการเกิดสมดุลความร้อนได้
2. นักเรียนทดลองการเกิดสมดุลความร้อนได้

อุปกรณ์และสารเคมี

1. บีกเกอรขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. น้ำรอน น้ำเย็น อยางละ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. เทอรมอมิเตอร

วิธีการทดลอง

1. เตรียมน้ำเย็น (อุณหภูมิห้อง) ปริมาณ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรในบีกเกอร์ใบที่ 1 และเตรียมน้ำร้อนอุณหภูมิ 70 ^{0}C ปริมาณ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในบีกเกอร์ใบที่ 2 วัดอุณหภูมิของน้ำทั้ง 2 บีกเกอร์

2. เทน้ำในบีกเกอร์ใบที่ 1 และบีกเกอร์ใบที่ 2 ลงในบีกเกอร์ใบที่ 3 วัดอุณหภูมิของน้ำที่ผสมกัน เมื่ออุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ใบที่ 3 คงที่ บันทึกอุณหภูมิที่อ่านได้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

อุณหภูมิ (^{0}C)		
น้ำร้อน	น้ำเย็น	น้ำผสม

คำถามหลังการทดลอง

1. น้ำร้อนเมื่อผสมกับน้ำเย็นจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง เพราะเหตุใด

.....

.....

2. น้ำเย็นเมื่อผสมกับน้ำร้อนแล้วจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง เพราะเหตุใด

.....

.....

3. การถ่ายโอนความร้อนระหว่างน้ำร้อนและน้ำเย็นจะสิ้นสุดลงเมื่อใด

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

เรื่อง สมดุลความร้อน

รายวิชา ว 21102 วิทยาศาสตร์ **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**

ผู้สอน นางณัฐมน สุชัยรัตน์ **เวลา 100 นาที**

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 5.1 ม. 1/4 อธิบายสมดุลความร้อนและผลของความร้อนต่อการขยายตัวของสารและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม.1-3/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

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

ว 8.1 ม.1-3/3 เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัยโดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.1-3/4 รวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ

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

ว 8.1 ม.1-3/6 สร้างแบบจำลองหรือรูปแบบที่อธิบายผลหรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

Chulalongkorn University

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

ว 8.1 ม.1-3/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกตการสำรวจตรวจสอบค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

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

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายแนวคิดสมดุลความร้อนได้
2. ทดลองเรื่องสมดุลความร้อนได้
3. นำความรู้เรื่องสมดุลความร้อนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
4. มีความรับผิดชอบและทำงานครบถ้วนตามที่ได้รับมอบหมาย
5. ให้ความร่วมมือต่อการปฏิบัติงานและการมีปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่ม

เนื้อหา/สาระ

สมดุลความร้อน เป็นการถ่ายโอนพลังงานความร้อนด้วยวิธีการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนจากวัตถุที่มีพลังงานความร้อนภายในสูงให้กับวัตถุที่มีพลังงานความร้อนภายในต่ำกว่าจนอุณหภูมิภายในของวัตถุทั้งสองเท่ากัน

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนเรื่องการถ่ายโอนความร้อน โดยเปรียบเทียบการถ่ายโอนพลังงานความร้อนผ่านตัวกลางต่างๆ ดังนี้ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

1.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า พลังงานความร้อนจะถ่ายโอนเมื่อไร อย่างไร และการถ่ายโอนความร้อนจะหยุดเมื่อไร

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 นักเรียนศึกษาตามใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน

2.2 ขณะทำการทดลอง โดยครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า เมื่อผสมน้ำร้อนและน้ำเย็นเขาด้วยกัน อุณหภูมิของน้ำที่ผสมกันเปนอยางไร

3. ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมารายงานผลการทดลองหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายการทดลองเพื่อให้ได้ข้อสรุปว่า เมื่อนำน้ำทั้งสองบีกเกอร์ผสมกัน พลังงานความร้อนจะถายโอนจากน้ำร้อนไปน้ำเย็น ทำให้อุณหภูมิของน้ำร้อนลดลง อุณหภูมิของน้ำเย็นจะเพิ่มขึ้น พลังงานความร้อนจะหยุดถายโอนเมื่อทั้งน้ำเย็นและน้ำร้อนมีอุณหภูมิเทากัน

3.3 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยคำตอบจากใบกิจกรรมที่ 6

4. ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูตั้งประเด็นให้นักเรียนอภิปรายว่า ขณะที่มีการถายโอนพลังงานความร้อนระหวางน้ำร้อนและน้ำเย็น อุณหภูมิของบีกเกอร เทอรมอมิเตอรและอากาศรอบๆ บีกเกอรจะเปนอยางไร มีการถายโอนพลังงานให้สิ่งแวดล้อมหรือไม ซึ่งควรสรุปวา มีการถายโอนพลังงานความร้อนให้แกสิ่งแวดลอมดวย

4.2 ครูตั้งประเด็นเพื่อให้นักเรียนอภิปรายวา เมื่อวัตถุได้รับพลังงานความร้อนนอกจากจะทำให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้นแลว วัตถุอาจมีการเปลี่ยนแปลงอยางไร

4.3 ให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือเรียนหัวข้อเรื่อง สมดุลความร้อน

5. ขั้นประเมิน

5.1 ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนอธิบายลงในสมุด เพื่อตอบคำถาม ดังนี้

- สมดุลความร้อนคืออะไร และเกิดขึ้นเมื่อใด
- สมดุลความร้อนเกิดขึ้นในสถานะใดบ้าง
- อุณหภูมิของวัตถุขณะที่วัตถุเกิดสมดุลความร้อนเรียกว่าอะไร

5.2 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลย และแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนกันตรวจ ครูอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ

5.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำแบบฝึกหัดที่ 6 เรื่อง ตะปูกับน้ำ

สื่อการเรียนการสอน/แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน
2. อุปกรณ์และสารเคมีกิจกรรมที่ 6 เรื่อง สมดุลความร้อน
3. แบบฝึกหัดที่ 6 เรื่อง ตะปูกับน้ำ
4. หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

การประเมินการเรียนรู้

1. ประเมินความถูกต้องในการตอบคำถาม
2. ประเมินการความรับผิดชอบและการทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย
3. ประเมินการปฏิบัติงานร่วมกันและการมีปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่ม
4. ประเมินการถ่ายโยงการเรียนรู้โดยใช้แบบฝึกหัด

ภาคผนวก จ คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ตาราง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน จำนวน 15 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.73	0.22
2	0.67	0.42
3	0.48	0.35
4	0.44	0.53
5	0.56	0.58
6	0.65	0.46
7	0.50	0.25
8	0.77	0.23
9	0.48	0.35
10	0.56	0.45
11	0.42	0.38
12	0.27	0.21
13	0.42	0.34
14	0.60	0.27
15	0.71	0.46

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน จำนวน 15 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.50	0.38
2	0.23	0.46
3	0.52	0.42
4	0.78	0.38
5	0.42	0.23
6	0.78	0.25
7	0.71	0.27
8	0.42	0.23
9	0.72	0.55
10	0.75	0.42
11	0.48	0.27
12	0.37	0.31
13	0.56	0.50
14	0.48	0.42
15	0.46	0.62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางณัฐมน สุชัยรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2529 ที่จังหวัดสิงห์บุรี สำเร็จการศึกษาการศึกษาบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อปีการศึกษา 2552 และสำเร็จการศึกษา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ศึกษา จากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2555 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2555 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งครู คศ. 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University