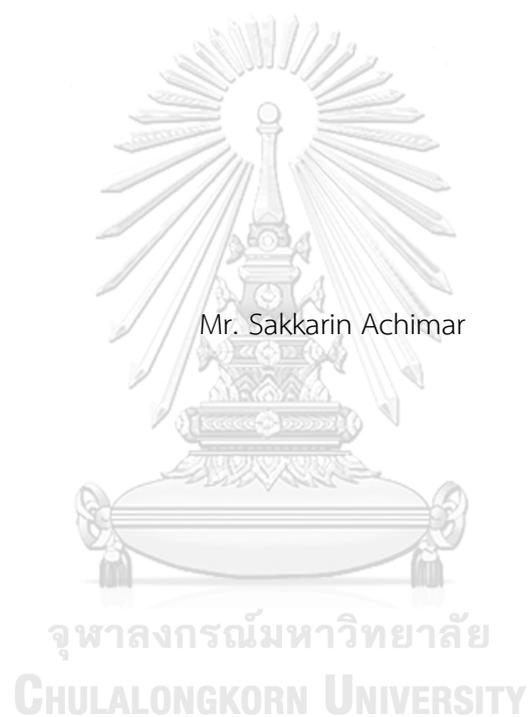


ผลการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทาง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF MODEL-BASED TEACHING IN BIOLOGY ON SCIENTIFIC ARGUMENTATION
ABILITY OF HIGH SCHOOL STUDENTS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
FACULTY OF EDUCATION
Chulalongkorn University
Academic Year 2020
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นายศักรินทร์ อะจิม่า
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณะบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษณ์)

ศักรินทร์ อะจิมา : ผลการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อ
 ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (EFFECT OF
 MODEL-BASED TEACHING IN BIOLOGY ON SCIENTIFIC ARGUMENTATION ABILITY OF
 HIGH SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : สกสิทธิ์ แก้วดี

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อน
 และหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) ศึกษากระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่าน
 การสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มที่ศึกษาคือ
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 34 คนที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ -
 คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2563 ในโรงเรียนสาธิตสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
 ซึ่งได้จากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม รูปแบบวิจัยเป็นแบบเชิงทดลองเบื้องต้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
 ประกอบด้วย (1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน รวม 23 คาบ
 และ (2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตอนที่ 1 คือ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทาง
 วิทยาศาสตร์และแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ตอนที่ 2 คือ แบบสังเกตกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงบรรยายได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ร้อยละ
 (%) การทดสอบที่แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัย
 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทาง
 วิทยาศาสตร์เฉลี่ยหลังเรียนรวมทุกองค์ประกอบสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
 .05 ความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงที่สุด โดย
 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 คิดเป็นร้อยละ 44.00 และความสามารถในการสร้างข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไปมี
 คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนน้อยที่สุดมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.53 คิดเป็นร้อยละ 28.15 เมื่อพิจารณาตามระดับ
 ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนร้อยละ 58.82 มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถใน
 การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น ขณะที่นักเรียนร้อยละ 44.12 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถใน
 การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 2) นักเรียนมีรูปแบบกระบวนการโต้แย้งผ่านการสร้างแบบจำลองที่แตกต่างกัน

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์
 ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อนิสิต
 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6083356827 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORD: Model-based Teaching, Scientific Argumentation, Biology Teaching

Sakkarin Achimar : EFFECT OF MODEL-BASED TEACHING IN BIOLOGY ON SCIENTIFIC ARGUMENTATION ABILITY OF HIGH SCHOOL STUDENTS. Advisor: sakolrat KAEWDEE

The purpose of this research was 1) to compare the level of student's scientific argumentation skills before and after learning through model-based teaching 2) to study the process of scientific arguments through scientific modeling activity. The study group was grade-11 students during the first semester who were attending the Science-Mathematics programme for academic year 2020 in a demonstration school under the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. The study group was obtained from cluster sampling. The experiment tool consisted of four lesson plan based on a model-based teaching. The data collection tools were divided into two parts, Part 1 collected data by The scientific argumentation ability test and the semi-structured interviews. Part 2 collected data by observation form. The quantitative data were analyzed by mean, standard deviation and percentage, dependent *t*-test, as well as the qualitative data were analyzed by content analysis. The finding showed that 1) the mean score of student's scientific argumentation ability in post-test higher than pre-test was a statistically significant difference at .05 level . Their claim and warrant the highest score on post-test. The average score was 4.00, which was 44.00%, and the ability to make counter argument had the lowest point average of 2.53, which was 28.15 %. According to students' level of scientific argumentation ability, it was found that 58.82% of students have developed a higher level of scientific argumentation, while 44.12% of the students had a steady improvement in their ability to scientific argument 2) The process of arguing through student modeling is different.

Field of Study: Science Education

Student's Signature

Academic Year: 2020

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยคำปรึกษา การดูแลเอาใจใส่ ตลอดจนกำลังจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฏ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สมปอง ใจดีเฉย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นลินา ประไพรัชสิทธิ์และอาจารย์วัฒน์โชติ เพ็งพริ้ง ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบแก้ไข ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแบบสังเกตกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ดร.ปรินทร์ จิระภัทรศิลป์ และอาจารย์นพคุณ สุขสวัสดิ์ กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบแก้ไข ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการแย้งทางวิทยาศาสตร์

ขอขอบพระคุณอาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวันที่ให้ความสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ตั้งใจทำกิจกรรมอย่างเต็มที่

ขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยเป็นห่วง เป็นกำลังใจ และสนับสนุนในทุก ๆ ด้านแก่ผู้วิจัย

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอย่างสูง

ศักรินทร์ อະจิม่า

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 คำถามการวิจัย.....	5
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.4 สมมติฐานการวิจัย.....	6
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	7
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
2.1 เป้าหมายและสาระสำคัญของการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม.....	11
2.1.1 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้อชีววิทยา.....	11
2.1.3 สาระสำคัญของเนื้อหาเรื่องระบบภูมิคุ้มกัน.....	12
2.1.4 สาระสำคัญของเนื้อหาเรื่องระบบขับถ่ายของมนุษย์.....	15
2.2 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Teaching).....	18
2.2.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	18

2.2.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่สนับสนุน.....	19
2.2.3 ความสำคัญของแบบจำลองในวิชาชีพ.....	23
2.2.4 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์.....	23
2.2.5 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์.....	24
2.2.6 ลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์.....	31
2.2.7 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	32
2.2.8 แนวทางการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างและพัฒนาแบบจำลอง.....	33
2.2.9 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	40
2.2.10 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	51
2.3 ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Argumentation Ability).....	53
2.3.1 ความสำคัญของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์.....	53
2.3.3 องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์.....	55
2.3.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์.....	61
2.3.5 แนวทางการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์.....	63
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	78
2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	78
2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์.....	81
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	86
3.1 รูปแบบการวิจัย.....	86
3.2 กลุ่มที่ศึกษา.....	88
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	89
3.3.1 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	89
3.3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	95
3.4 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	106

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	108
3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบจุดประสงค์ข้อที่ 1	108
3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบจุดประสงค์ข้อที่ 2	109
3.6 วิธีการพิทักษ์สิทธิ.....	110
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	111
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	112
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์กระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	127
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	146
บรรณานุกรม.....	155
ภาคผนวก.....	155
ประวัติผู้เขียน.....	215

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยา.....	29
ตารางที่ 2 องค์ความรู้ในการสร้างแบบจำลองเชิงอภิमान.....	34
ตารางที่ 3 แนวทางในการนำแบบจำลองแบบภาพ (Visual Model) ผ่านการวาดภาพไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนชีววิทยา	37
ตารางที่ 4 สรุปแนวทางการพัฒนาแบบจำลองของนักเรียน	38
ตารางที่ 5 แนวทางการใช้คำถามเพื่อการเสริมต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในการพัฒนาแบบจำลอง .	39
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	49
ตารางที่ 7 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	51
ตารางที่ 8 ตารางวิเคราะห์องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์.....	58
ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Lin & Mintzes (2010).....	64
ตารางที่ 10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Ying-Chih & Joshua (2014).....	65
ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งของ อัสพร พันธุ์ฤทธิ์ (2560).....	73
ตารางที่ 12 เกณฑ์เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามแนวคิดของ Bulgren & Ellis (2012).....	73
ตารางที่ 13 แบบจำลองที่ใช้ในกระบวนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	90
ตารางที่ 14 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	97
ตารางที่ 15 ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์.....	98
ตารางที่ 16 ประเด็นการประเมินความสามารถในการโต้แย้งผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง....	103
ตารางที่ 17 เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ในการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จากการสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลอง.....	103

ตารางที่ 18 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียนและหลังเรียน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนเฉลี่ยร้อยละ และสถิติทดสอบทีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น ฐาน (N=34).....	112
ตารางที่ 19 ระดับความสามารถก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่แสดงความก้าวหน้าในการ เรียนรู้ในแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์.....	115
ตารางที่ 20 เลขที่ของนักเรียนตามระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการ สัมภาษณ์	125
ตารางที่ 21 แสดงพัฒนาการระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากใบ กิจกรรม	128
ตารางที่ 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้โดย ใช้แบบจำลองเป็นฐาน	198
ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแบบสังเกตกระบวนการ โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	200
ตารางที่ 24 คะแนนการประเมินจากการกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 1.....	201
ตารางที่ 25 คะแนนการประเมินจากการกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 2.....	203
ตารางที่ 26 ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกต จากการสังเกตครั้งที่ 1	207
ตารางที่ 27 ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกต จากการสังเกตครั้งที่ 2	207
ตารางที่ 28 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบของการโต้แย้งทาง วิทยาศาสตร์ของผู้ทรงคุณวุฒิ.....	208
ตารางที่ 29 ค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทาง วิทยาศาสตร์.....	209
ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ยของการประเมินความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินรายข้อ	209
ตารางที่ 31 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินรายข้อ.....	211
ตารางที่ 32 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแบบสัมภาษณ์ ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์.....	212

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของการสร้างแบบจำลอง	20
ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดกระบวนการสร้างและปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิด.....	22
ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของการโต้แย้งตามแนวคิดของ Toulmin (2003)	56
ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Berland & McNeill.....	57
ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในการโต้แย้ง	60
ภาพที่ 6 ใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง เรื่องคติของดวงจันทร์	67
ภาพที่ 7 แบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับนิยามขององค์ประกอบในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Frey et al. (2015).....	69
ภาพที่ 8 แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ สุรศักดิ์ เฟวท์ (2559).....	70
ภาพที่ 9 ตัวอย่างข้อสอบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ อับสร พันธุ์ฤทธิ์ (2560)	72
ภาพที่ 10 ตัวอย่างแบบสังเกตกระบวนการกลุ่มในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	77
ภาพที่ 11 แบบแผนการวิจัย	86
ภาพที่ 12 แบบจำลองระบบหมุนเวียนโลหิตของมนุษย์.....	90
ภาพที่ 13 กระบวนการอักเสบ	91
ภาพที่ 14 กลไกการป้องกันแบบจำเพาะเจาะจง	92
ภาพที่ 15 ระบบขับถ่ายของมนุษย์.....	93
ภาพที่ 16 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนที่มีพัฒนาในรูปแบบที่ 1 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	132
ภาพที่ 17 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนที่มีพัฒนาในรูปแบบที่ 1 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	132

ภาพที่ 31 แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงของนักเรียนที่มีพัฒนาการรูปแบบที่ 3 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4)..... 145



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่สำคัญของสังคมวิทยาศาสตร์และเป็นกิจกรรมที่ทำให้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากองค์ความรู้อื่น ๆ เนื่องจากในการพัฒนาและปรับปรุงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นักวิทยาศาสตร์จะสร้างข้อกล่าวอ้างที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์รองรับมาโต้แย้งกัน โดยข้อกล่าวอ้างที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นจะถูกวิเคราะห์และประเมินโดยนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ ว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ผ่านวัฏจักรของกระบวนการวิพากษ์ปรับปรุง และประเมินผล จนนำไปสู่ข้อสรุปขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ ตัวอย่างเช่น การสร้างข้อกล่าวอ้างของเจมส์ วัตสัน (James Watson) และฟรานซิส คริก (Francis Crick) เกี่ยวกับโครงสร้างของดีเอ็นเอ (DNA) ที่ได้กล่าวอ้างว่าดีเอ็นเอมีโครงสร้างเป็นเกลียวคู่เวียนขวา (Double Helix) โดยอาศัยหลักฐานจากผลการทดลองของโรซาลินด์ แฟรงคลิน (Rosalind Franklin) ที่ได้ถ่ายภาพการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ภายในโมเลกุลของดีเอ็นเอ จนนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงองค์ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของดีเอ็นเอครั้งใหญ่ (Grooms et al., 2015; Richard, 2008; Sampson & Gerbino, 2010; Szu & Osborne, 2012)

ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีข่าวเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นมากมายรอบตัว (ลือชา ลดาชาติ, 2561) เช่น ข่าวการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (ไทยรัฐออนไลน์, 2559) การรับประทานผักไฮโดรโปนิกอาจเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ (คมชัดลึกออนไลน์, 2560) การรักษามะเร็งโดยใช้ต้นอังกาบหนู (ไทยรัฐออนไลน์, 2561) ซึ่งข่าวเหล่านี้มักทำให้มีการโต้แย้งของฝ่ายที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย และการตัดสินใจเกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้เป็นเรื่องที่ยาก ดังนั้นการพัฒนาให้นักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ได้จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทำให้เกิดขึ้นโดยเฉพาะให้ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 2012; Richard, 2008; ลือชา ลดาชาติ, 2561) เพราะเมื่อนักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้จะทำให้ นักเรียน (1) เข้าใจแนวคิดของเรื่องที่เรียน (2) มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (3) มีความสามารถในการให้เหตุผลและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (4) เข้าใจวัฒนธรรมในการปฏิบัติงานทางด้านวิทยาศาสตร์ และ (5) สามารถสื่อสารเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผล (Lin & Mintzes, 2010; Sibel et al., 2007)

ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ Lin and Mintzes (2010) ได้ระบุองค์ประกอบของข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่ามีองค์ประกอบทั้งหมด 5 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) (2)

เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) (3) หลักฐาน (Evidence) (4) ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counterargument) และ(5) การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive argument) ดังนั้นจะเห็นว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จะมีการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการทดลองหรือใช้ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือมารองรับซึ่งแตกต่างจากการโต้แย้งที่บุคคลใช้ในชีวิตประจำวัน ที่เป็นการใช้ความคิดเห็นและประสบการณ์ส่วนบุคคลมาโต้แย้งเพื่อเอาชนะกันและกัน (Duschl et al., 2007; Sampson & Gerbino, 2010)

องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ได้จัดการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความฉลาดรู้ (Literacy) โดยเน้นประเมินใน 3 ด้าน ได้แก่ ความฉลาดรู้ด้านการอ่าน (Reading Literacy) ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งทางองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนาได้แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ระยะโดยในแต่ละระยะมีจุดเน้นที่แตกต่างกันคือ การประเมินผลระยะที่ 1 (PISA 2000 และ PISA 2009) เน้นด้านการอ่านโดยให้น้ำหนักข้อสอบด้านการอ่าน 60% และที่เหลือเป็นด้าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์อย่างละ 20% การประเมินผลระยะที่ 2 (PISA 2003 และ PISA 2012) เน้นด้านคณิตศาสตร์ให้น้ำหนักข้อสอบด้านคณิตศาสตร์ 60% และด้านการอ่านและวิทยาศาสตร์อย่างละ 20% และการประเมินผลระยะที่ 3 (PISA 2006 และ PISA 2015) เน้นด้านวิทยาศาสตร์โดยให้น้ำหนักข้อสอบด้านวิทยาศาสตร์ 60% และด้านการอ่านและคณิตศาสตร์อย่างละ 20%) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, 2559)

การจัดการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลได้ประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์โดยกำหนดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 สมรรถนะหลักได้แก่ (1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ (3) การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ โดยสมรรถนะการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงการมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และประเมินข้อมูล คำกล่าวอ้าง และข้อโต้แย้งในหลากหลายรูปแบบ และลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมรรถนะด้านการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นสมรรถนะที่สามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, 2559)

ผลการประเมินผลการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของการสอบ PISA ในปี ค.ศ. 2006 พบว่านักเรียนไทยมีจุดอ่อนด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหา

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แต่ในการสอบ PISA ปีค.ศ. 2015 พบว่านักเรียนกลับมีจุดอ่อนอยู่ที่สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ส่วนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์มีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยประเทศเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบคะแนน PISA ในปีค.ศ. 2015 กับปีค.ศ. 2012 ของนักเรียนในกลุ่มโรงเรียนสาธิตในด้านสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานพบว่าในปีค.ศ. 2015 นักเรียนทำข้อสอบได้ในสัดส่วนที่น้อยลง นอกจากนี้องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ((องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ, 2017)) ยังได้ระบุว่าบุคคลจะสามารถโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้บุคคลนั้นต้องสามารถตีความหมายของข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ได้ กล่าวคือเมื่อบุคคลมีข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ บุคคลสามารถแปลงข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งให้อยู่ในอีกรูปแบบหนึ่งได้ สามารถวิเคราะห์และตีความหมายข้อมูลตลอดจนลงข้อสรุปได้อย่างเหมาะสม สามารถบ่งชี้ข้อสมมติฐาน หลักฐาน และเหตุผลที่ปรากฏอยู่ในข้อความทางวิทยาศาสตร์ได้ สามารถแยกแยะความแตกต่างของข้อโต้แย้งที่มีและไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนได้ และสามารถประเมินข้อโต้แย้งและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งข้อมูลหรือสื่อต่าง ๆ ได้ จากสภาพปัญหาดังกล่าวจึงสามารถกล่าวได้ว่านักเรียนในกลุ่มโรงเรียนสาธิตควรได้รับการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, 2559, 2561)

ในการสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนและนำเสนอความเข้าใจของพวกเขาเกี่ยวกับระบบหรือปรากฏการณ์ เพื่อหาหลักฐานในการสร้างข้อกล่าวอ้าง และเพื่อโต้แย้งกับนักวิทยาศาสตร์คนอื่น (Lehrer & Schauble, 2005; Manz, 2012; Schwarz et al., 2009) และนักวิทยาศาสตร์มักจะแบ่งปันแบบจำลองของตนเองกับนักวิทยาศาสตร์คนอื่น เพื่อให้เกิดการวิพากษ์วิจารณ์แบบสาธารณะการแบ่งปันแบบจำลองของตนเองจะทำให้แบบจำลองที่นำเสนอข้อกล่าวอ้างได้รับการยอมรับในชุมชนของนักวิทยาศาสตร์ (Ford, 2012) เช่นเดียวกับนักชีววิทยาที่มักสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อใช้ในการอธิบายองค์ความรู้และปรากฏการณ์ทางชีววิทยา โดยนักชีววิทยานักชีววิทยาใช้แบบจำลองใน 2 รูปแบบคือ 1) ใช้เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับโลกผ่านการทดสอบหลักฐานเชิงประจักษ์ แบบจำลองที่ไม่สอดคล้องกับหลักฐานจะต้องถูกแก้ไขหรือถูกยกเลิกและ 2) ใช้เพื่อสื่อสารและอธิบายถึงข้อค้นพบของตนเองต่อผู้อื่น (Bryce et al., 2016)

การพัฒนาและใช้แบบจำลอง เป็นกิจกรรมที่ครูควรส่งเสริมให้มีในชั้นเรียนสำหรับนักเรียนระดับ การศึกษาขั้นพื้นฐาน เนื่องจากการสร้างแบบจำลองเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมที่ ใกล้เคียงกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Chen et al., 2016; Gilbert, 2004; National Research Council, 2012) และงานวิจัยในปัจจุบันได้ชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการสนับสนุนให้มี ส่วนร่วมในแนวปฏิบัติที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์จะสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาแนวความคิดหลัก ของตนเอง ส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Treagust et al., 2002) และสามารถสร้าง การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นเครื่องมือที่ดีที่สามารถใช้ในการพัฒนาการ โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (Manz, 2012; Schleigh & Sampson, 2013; Treagust et al., 2002; Wu, 2010)

ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นเครื่องมือที่ดีที่สามารถใช้ในการพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนได้ (Ying-Chih et al., 2016) เช่นเดียวกับ Gilbert (2004) ที่ได้กล่าวว่าการสอนวิชา วิทยาศาสตร์ที่ดีควรสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้ใกล้เคียงกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด เช่นเดียวกับ National Research Council (NRC) of The National Academies ที่ได้กำหนดให้ การพัฒนาและใช้แบบจำลอง เป็นกิจกรรมที่ครูควรส่งเสริมให้มีในชั้นเรียนสำหรับนักเรียนระดับ การศึกษาขั้นพื้นฐาน (K-12) (National Research Council, 2012) และงานวิจัยในปัจจุบันได้ ชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการสนับสนุนให้มีส่วนร่วมในแนวปฏิบัติที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์ จะสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาแนวความคิดหลักของตนเอง (Manz, 2012; Wu, 2010) ส่งเสริมให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Treagust et al., 2002) และสามารถสร้างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Schleigh & Sampson, 2013)

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนพบว่ามีความคิดและวิธีการสอนที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถ ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เช่น การใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นปัญหา ทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Karpudewan et al., 2016; Lin & Mintzes, 2010; กฤษฎา ทองประไพ et al., 2016; ณัฐกัญพัชญ์ เสริมสุข et al., 2558) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง เป็นฐาน (Ogan-Bekiroglu & Eren Belek, 2014) การใช้แนวคิดการสืบสอบโดยใช้การโต้แย้งเป็น ฐานผสมผสานกับการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย (Demirbag & Gunel, 2014) การสอนด้วยการ ให้เหตุผลแบบรวมพลัง (ณภัทร พระโพธิ์วังซ้าย, 2560)

อย่างไรก็ตามการนำแบบจำลองไปใช้ห้องเรียนชีววิทยาเพื่อพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังเป็นเรื่องยากเนื่องจากครูผู้สอนยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาทางชีววิทยาเพื่อพัฒนาการโต้แย้งของนักเรียน (Ying-Chih et al., 2016) จึงได้เสนอขั้นตอนการสอนเพื่อนำแบบจำลองไปใช้พัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนในรายวิชาชีววิทยาซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอนคือ (1) ขั้นสร้างคำถามนำทาง (2) ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของกลุ่ม (3) ขั้นสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม (4) ขั้นนำเสนอแบบจำลองและสร้างข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น แกะไขแบบจำลองและข้อโต้แย้งผ่านการอภิปราย (5) ขั้นปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และ (6) ขั้นการสะท้อนคิดผ่านการเขียนส่วนบุคคล

จากแนวคิด สภาพปัญหา และงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Ying-Chih et al. (2016) มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนซึ่งจะทำให้ นักเรียนสามารถให้เหตุผลและอภิปรายประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น

1.2. คำถามการวิจัย

1.2.1 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้หรือไม่ อย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.3.2 เพื่อศึกษากระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.4 สมมติฐานการวิจัย

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีรากฐานมาจากทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง (Mental model theory) กล่าวคือเมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์นักเรียนจะสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทน (Representation) ของสิ่งที่คิดกับโลกแห่งความเป็นจริง (Gilbert & Boulter, 2000) นักเรียนแต่ละคนจะมีแบบจำลองทางความคิดต่อปรากฏการณ์เดียวกันที่แตกต่างกันอันเป็นผลมาจากได้รับประสบการณ์ที่แตกต่างกัน และนักเรียนแต่ละคนสามารถแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาให้ผู้อื่นเห็นผ่านแบบจำลองทางมโนทัศน์ผ่านการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ เป็นตัวแทนความคิด ดังนั้นการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยตนเองจะให้นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของตนเองอันจะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่ให้สอดคล้องกับสิ่งที่กำลังศึกษาได้ (Hestenes, 2006)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยพบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดังที่ Ogan-Bekiroglu & Belek (2014) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูฟิสิกส์ ในวิชาโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศโดยทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถให้ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยอื่น ๆ ในปัจจุบันยังชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการสนับสนุนให้มีส่วนร่วมในแนวปฏิบัติที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์จะสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาแนวความคิดหลักของตนเอง (Manz, 2012; Wu, 2010) ส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Treagust et al., 2002) และสามารถสร้างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Schleigh & Sampson, 2013)

จากทฤษฎีและผลการวิจัยในข้างต้นผู้วิจัยจึงใช้เป็นแนวทางในการกำหนดสมมติฐานซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

สมมติฐานสำหรับวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะมีคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนที่ระดับนัยสำคัญ .05

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2563 จำนวน 34 คน ในโรงเรียนสาธิตสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

1.5.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

1.5.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่อง ระบบหมุนเวียนโลหิตของมนุษย์ ระบบขับถ่าย และระบบภูมิคุ้มกัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีพุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2560)

1.5.4 ระยะเวลาในการทำวิจัย จำนวน 23 คาบ คาบละ 50 นาทีโดยผู้วิจัยสอนด้วยตนเองทั้งหมด

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้เป็นผู้สร้างและพัฒนาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยตัวของนักเรียนเองโดยผ่านการสำรวจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่จะใช้ในการสร้างและพัฒนาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดย Ying-Chih et al. (2016) ได้เสนอขั้นตอนการสอนไว้ 6 ขั้นตอน คือ

- 1) **ขั้นสร้างคำถามนำทาง (Develop a Driving Question)** เป็นขั้นตอนที่ครูต้องใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยและนำไปสู่การการตั้งคำถามเพื่อใช้ในการสืบสอบหาความรู้
- 2) **ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของกลุ่ม (Construct a Tentative Model in Groups)** เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่มีความเป็นไปได้ในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ
- 3) **ขั้นสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม (Construct a Tentative Argument in Groups)** เป็นขั้นตอนนี้ที่ให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 2 ในการสร้างข้อกล่าวอ้าง

- 4) **ชั้นนำเสนอแบบจำลองและสร้างข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น แก้ไขแบบจำลอง และข้อโต้แย้งผ่านการอภิปราย (Negotiate Models and Arguments in a Whole-class Discussion. Revise Models and Arguments Through negotiation)** เป็นขั้นตอนนี้ที่ครูต้องพยายามสร้างสภาพแวดล้อมในการอภิปราย โดยให้นักเรียนสามารถแบ่งปัน อภิปราย ชักชวนและร่วมมือกับเพื่อน เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับแนวความคิดหลัก นักเรียนต้องนำเสนอแบบจำลอง และข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองกับเพื่อนร่วมชั้นและรับฟังข้อเสนอจากกลุ่มของเพื่อนเพื่อนำไปสู่การแก้ไขแบบจำลอง
- 5) **ขั้นปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ (Consult the Experts)** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นที่ 2 และข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้นในขั้นที่ 4 มาเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ผ่านกิจกรรมการสำรวจหรือการค้นหาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ
- 6) **ขั้นการสะท้อนคิดผ่านการเขียนส่วนบุคคล (Reflect through Individual Writing)** เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาและแบบจำลอง ตลอดจนข้อโต้แย้งทั้งหมดของหน่วยการเรียนรู้

1.6.2 ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสร้างข้อกล่าวอ้างที่ประกอบด้วยหลักฐานและเหตุผลที่น่าเชื่อถือในการอธิบายมุมมองที่แตกต่างของตน เพื่อชักชวนให้ผู้อื่นคล้อยตามข้อกล่าวอ้างนั้น โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้คือ (1) ข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (2) หลักฐาน (3) ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และ (4) การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ โดยในงานวิจัยนี้จะวัดจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ และแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.6.3 กระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมกรโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้คือ (1) สร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้าง (2) สร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (3) ให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้ง

กลับ (4) สร้างหลักฐานสนับสนุน โดยในงานวิจัยนี้จะวัดจากแบบสังเกตกระบวนการโต้แย้งทาง
วิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง “ผลการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” ผู้วิจัยได้ค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการทำวิจัย ดังนี้

2.1 การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม

- 2.1.1 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- 2.1.2 สาระสำคัญของเนื้อหาเรื่องระบบหมุนเวียนโลหิตของมนุษย์
- 2.1.3 สาระสำคัญของเนื้อหาเรื่องระบบภูมิคุ้มกัน
- 2.1.4 สาระสำคัญของเนื้อหาเรื่องระบบขับถ่ายของมนุษย์

2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

- 2.2.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- 2.2.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่สนับสนุน
- 2.2.3 ความสำคัญของแบบจำลองในวิชาชีววิทยา
- 2.2.4 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
- 2.2.5 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
- 2.2.6 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
- 2.2.7 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- 2.2.8 แนวทางการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างและพัฒนาแบบจำลอง
- 2.2.9 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- 2.2.10 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.3 ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

- 2.3.1 ความสำคัญของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- 2.3.2 ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- 2.3.3 องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- 2.3.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- 2.3.5 แนวทางการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2.1 เป้าหมายและสาระสำคัญของการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม

การวิจัยครั้งนี้จะใช้เนื้อหาระบบหมุนเวียนโลหิตของมนุษย์ ระบบภูมิคุ้มกัน และระบบขับถ่าย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีพุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2560) ในการทำวิจัย โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้อชีววิทยาและสาระสำคัญของแต่ละเนื้อหาจากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1.1 เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้อชีววิทยา

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีพุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2560) ได้ระบุว่าในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษยชาติ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน ตลอดจนพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะสำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี พัฒนาระบบการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา การจัดการ มีทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ อันจะให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.2 สาระสำคัญของเนื้อหาเรื่องระบบหมุนเวียนโลหิตของมนุษย์

จากการศึกษาสาระสำคัญของเรื่องระบบหมุนเวียนโลหิตของมนุษย์จากหนังสือ Essentials of Biology (Mader & Windelspecht, 2018) และ Campbell Biology (Lisa Urry et al., 2017) สามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

หัวใจ (Heart)

หัวใจของคนมีตำแหน่งอยู่ภายในช่องอกระหว่างปอดทั้ง 2 ข้าง ค่อนไปทางซ้ายเล็กน้อย หัวใจอยู่ในถุงเยื่อหุ้มหัวใจ (Pericardium) ซึ่งจะมีของเหลวที่สร้างจากเยื่อหุ้มหัวใจทำหน้าที่หล่อลื่น และป้องกันการเสียดสีระหว่างหัวใจกับปอดขณะหัวใจบีบตัว หัวใจมีหลอดเลือดนำเลือด

มาเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ เรียกว่า **โคโรนารีอาร์เตอรี (Coronary Artery)** ส่วนเลือดที่เลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจแล้วจะเข้าสู่หลอดเลือดโคโรนารีเวน (**Coronary Vein**) และไหลเข้าสู่หัวใจ หัวใจของคนแบ่งเป็น 2 ฝั่งคือฝั่งซ้ายและฝั่งขวา แต่ละฝั่งมี 2 ห้องย่อย คือห้องบน (Atrium) และห้องล่าง (Ventricle) ดังนั้นหัวใจของคนจึงมี 4 ห้อง ได้แก่ ห้องบนซ้าย (Left Atrium) ห้องล่างซ้าย (Left Ventricle) ห้องบนขวา (Right Atrium) และ ห้องล่างขวา (Right Ventricle)

การหมุนเวียนเลือดของคน

หัวใจห้องบนขวาหรือเอเตรียมขวาจะรับเลือดจากหลอดเลือดใหญ่ 2 เส้น คือ **ซูพีเรียเวนาคาวา (Superior Venacava)** ที่นำเลือดมาจากส่วนหัวและแขน และ **อินฟีเรียเวนาคาวา (Inferior Venacava)** ซึ่งนำเลือดมาจากส่วนลำตัวและขาเข้าสู่หัวใจ เมื่อหัวใจห้องบนขวาบีบตัว เลือดจะไหลเข้าสู่**ห้องล่างขวา (Right Ventricle)** โดยผ่าน**ลิ้นไตรคัสปิด (Tricuspid Valve)** ที่กั้นระหว่างห้องบนขวาและห้องล่างขวา เมื่อห้องล่างขวาบีบตัวเลือดจะไหลผ่าน **ลิ้นพัลโมนารีเซมิลูนาร์ (Pulmonary Semilunar Valve)** ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นครึ่งวงกลม 3 แผ่น เลือดเข้าสู่**หลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เตอรี (Pulmonary Artery)** หลอดเลือด นำเลือดไปยังปอดเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊ส ทำให้เลือดมีปริมาณออกซิเจนสูง เลือดจึงไหลกลับเข้าสู่หัวใจทาง**พัลโมนารีเวน (Pulmonary Vein)** เข้าสู่หัวใจห้องบนซ้าย (Left Atrium) เมื่อหัวใจห้องบนซ้ายบีบตัวเลือดก็จะไหลผ่าน**ลิ้นไบคัสปิด (Bicuspid Valve)** ไปยังหัวใจห้องล่างซ้าย (Left Ventricle) เมื่อหัวใจห้องล่างซ้ายบีบตัว เลือดก็จะไหลเข้าสู่เอออร์ตา (Aorta) ซึ่งมี**ลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนาร์ (Aortic Semilunar Valve)** ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับลิ้นพัลโมนารีเซมิลูนาร์ ทำหน้าที่กั้นไม่ให้เลือดไหลกลับจากหลอดเลือดเอออร์ตาก็จะไปหล่อเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

2.1.3 สารสำคัญของเนื้อหาเรื่องระบบภูมิคุ้มกัน

จากการศึกษาสารสำคัญของเรื่องระบบภูมิคุ้มกันจากหนังสือ Essentials of Biology (Mader & Windelspecht, 2018) และ Campbell Biology (Lisa Urry et al., 2017) สามารถสรุปสารสำคัญได้ดังนี้

ร่างกายจะมีการป้องกันและกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เป็นอันตรายต่อร่างกายโดยระบบภูมิคุ้มกัน (Immune System) สิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรคไม่สามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยง่าย

เพราะร่างกายมีกลไกต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมเหล่านั้น ซึ่งแบ่งได้เป็นแบบไม่จำเพาะ (Nonspecific Defense) และแบบจำเพาะ (Specific Defense)

กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ

กลไกการป้องกันด่านแรก (1st Line Defense)

เป็นกลไกป้องกันขั้นแรกที่คอยปกป้องร่างกายจากสิ่งแปลกปลอม เช่น ผิวหนังมีเคราตินซึ่งเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำเป็นองค์ประกอบอัดแน่นภายในเซลล์และเรียงตัวกันหลายชั้น ช่วยป้องกันการเข้าออกของสิ่งต่าง ๆ ได้ ผิวหนังบางบริเวณยังมีต่อมเหงื่อและต่อมไขมันหลังสารบางชนิด เช่น กรดไขมัน กรดแลกติก ทำให้ผิวหนังมีสภาพเป็นกรดซึ่งเป็นภาวะที่ไม่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด นอกจากนี้ทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ ท่อปัสสาวะ ช่องคลอด ซึ่งติดต่อกับภายนอกยังมีเยื่อที่ทำหน้าที่ควบคุมการเข้าออกของสาร มีการสร้างเมือกและมีซีเลียคอยดักจับสิ่งแปลกปลอม และพดออกนอกร่างกาย และพบว่าในน้ำตาและน้ำลายมีไลโซไซม์ที่ช่วยทำลายเชื้อโรคบางชนิดได้ในกระเพาะอาหารมีสภาพเป็นกรดและมีเอนไซม์ช่วยย่อยและทำลายจุลินทรีย์บางชนิดได้

แต่ถ้าสิ่งแปลกปลอมผ่านด่านป้องกันดังกล่าวข้างต้นเข้าสู่ร่างกายได้ ร่างกายจะมีกลไกการป้องกันด่านที่สอง (2nd Line Defense) ซึ่งจะต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยกระบวนการฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis) ของเม็ดเลือดขาวพวกโมโนไซต์ (Monocyte) ซึ่งออกจากกระแสเลือดไปยังเนื้อเยื่อและมีขนาดใหญ่ขึ้นเรียกว่าแมโครฟาจ (Macrophage) และยังมีเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลล์ (Neutrophils) กับอีโอซิโนฟิลล์ (Eosinophil) ช่วยทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ ด้วย

นอกจากนี้การอักเสบ (Inflammation) ยังเป็นกระบวนการต่อต้านเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย โดยผ่านกลไกต่าง ๆ เพื่อยับยั้งและดึงดูดองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบภูมิคุ้มกันมายังบริเวณนั้น โดยกระบวนการอักเสบเริ่มต้นจากการมีสิ่งแปลกปลอมเข้ามาบริเวณที่เกิดบาดแผล ส่งผลให้เซลล์มาโครฟาจ และแมสต์เซลล์ (Mast cell) ที่บาดแผลส่งสัญญาณทำให้หลอดเลือดบริเวณบาดแผลขยายตัวขึ้นทำให้เลือดไหลมาบริเวณบาดแผลมากขึ้นไซโตไคน์ (Cytokine) จากบาดแผลจะดึงดูดให้ฟาโกไซต์มาที่แผลมากขึ้น กระบวนการอักเสบประกอบด้วยอาการหลัก 4 อาการ คือ ปวด (Pain, Dolor), บวม (Swelling, Tumor), แดง (Redness, Rubor) และร้อน (Heat, Calor)

กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ

กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะเกี่ยวข้องกับการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ ได้แก่ เซลล์บี (B-cell) และเซลล์ที (T-cell)

การทำงานของเซลล์บี

เมื่อมีแอนติเจน (Antigen) ถูกทำลายด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส ชิ้นส่วนที่ถูกทำลายจะไปกระตุ้นให้เซลล์บีเพิ่มจำนวน เซลล์บีบางเซลล์ขยายขนาดและเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่สร้างแอนติบอดี (Antibody) จำเพาะต่อแอนติเจน เรียกว่า เซลล์พลาสมา (Plasma Cell) เซลล์ที่ได้จากการที่เซลล์บีแบ่งตัวบางเซลล์ทำหน้าที่เป็นเซลล์เมมโมรี (Memory Cell) คือจดจำแอนติเจนนั้น ๆ ไว้ ถ้ามีแอนติเจนนี้เข้าสู่ร่างกายอีก เซลล์เมมโมรีจะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว และเจริญเป็นเซลล์พลาสมา สร้างแอนติบอดีออกมาทำลายแอนติเจน

การทำงานของเซลล์ที

เซลล์ทีรับรู้แอนติเจนแต่ละชนิด เช่น เซลล์ทีบางตัวจะรับรู้แอนติเจนที่เป็นไวรัสตับอักเสบบี เซลล์ทีบางตัวรับรู้แอนติเจนที่เป็นเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่ เป็นต้น เซลล์ทีตัวแรกที่ตรวจจับแอนติเจน เรียกว่า เซลล์ทีผู้ช่วย (Helper T Cell) จะทำหน้าที่กระตุ้นเซลล์บีให้สร้างแอนติบอดีมาต่อต้านแอนติเจน หรือกระตุ้นการทำงานของเซลล์ทีอื่น เช่น เซลล์ทีที่ทำลายสิ่งแปลกปลอม (Cytotoxic T Cell) หรือเซลล์ทีมีสิ่งแปลกปลอม เช่น เซลล์มะเร็ง เซลล์ที่ติดไวรัส เซลล์จากอวัยวะที่ร่างกายได้รับการปลูกถ่าย เซลล์ทีบางเซลล์ทำหน้าที่ควบคุมการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน เรียกว่า เซลล์ทีกดภูมิคุ้มกัน (Suppressor T cell) โดยสร้างสารไปกีดการทำงานของเซลล์บีหรือเซลล์ทีอื่น ๆ

2.1.4 สารสำคัญของเนื้อหาเรื่องระบบขับถ่ายของมนุษย์

จากการศึกษาสารสำคัญของเรื่องระบบภูมิคุ้มกันจากหนังสือ Essentials of Biology (Mader & Windelspecht, 2018) และ Campbell Biology (Lisa Urry et al., 2017) สามารถสรุปสารสำคัญได้ดังนี้

คนมีไตเป็นอวัยวะขับถ่าย ไตของคนมี 1 คู่ อยู่ในช่องท้องสองข้างของกระดูกสันหลังบริเวณเอว ยาวประมาณ 10-13 เซนติเมตร กว้าง 6 เซนติเมตร และหนา 3 เซนติเมตร ไตแต่ละข้างหนักประมาณ 150 กรัม ต่อจากไตทั้งสองข้างมีท่อไต (Ureter) ทำหน้าที่ลำเลียงปัสสาวะไปเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะ (Urinary Bladder) ก่อนที่จะขับถ่ายออกนอกร่างกายทางท่อปัสสาวะ (Urethra)

โครงสร้างภายในของไต

ถ้าผ่าตามยาวไต ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. รีนัลแคปซูล (Renal Capsule) เป็นส่วนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่ด้านนอกสุดหุ้มรอบไต
2. เนื้อไต ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

2.1 เนื้อไตชั้นนอก หรือรีนัลคอร์เทกซ์ (Renal Cortex)

มีสีแดง ลักษณะเป็นจุดๆ แต่ละจุดเมื่อขยายดูเป็นกลุ่มของเส้นเลือดฝอยที่เรียกว่า โกลเมอรูลัส (Glomerulus) และโบว์แมนส์แคปซูล (Bowman's Capsule) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการกรองของเสียออกจากเลือด นอกจากนี้ยังเป็นที่อยู่ของท่อหน่วยไตส่วนต้น (Proximal Tubule) และท่อหน่วยไตส่วนปลาย (Distal tubule) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของหน่วยไต (Nephron)

2.2 เนื้อไตชั้นใน หรือรีนัลเมดัลลา (Renal Medulla)

เป็นชั้นที่มีสีจางกว่าเนื้อไตชั้นนอกมีลักษณะเป็นเส้นๆหรือหลอดเล็ก ๆ รวมกันเป็นกลุ่ม ๆ มีรูปร่างลักษณะ เป็นภาพสามเหลี่ยมคล้ายพีระมิต เรียกว่า รีนัล พีระมิต (Renal Pyramid) ปลายยอดของพีระมิตเป็นยอดแหลมซึ่งเกิดจากท่อรวม (Collecting Tubule) มารวมกันเรียกว่า พาพิลลา (Papilla) จะยื่นและเปิดเข้าไปในไมเนอร์แคลิกซ์ (Minor Calyx) ซึ่งเป็นที่รองรับน้ำปัสสาวะจากพาพิลลา หลาย ๆ ไมเนอร์แคลิกซ์ รวมเป็นเมเจอร์แคลิกซ์ (Major Calyx) และนำน้ำปัสสาวะส่งเข้าสู่บริเวณที่มีลักษณะเป็นกรวย เรียกว่า กรวยไต (Renal Pelvis)

3. กรวยไต (Renal Pelvis) ทำหน้าที่รองรับน้ำปัสสาวะที่มาจากแคลิกซ์ และส่งต่อไปสู่ท่อไต (Ureter) นำเข้าสู่กระเพาะปัสสาวะและนำน้ำปัสสาวะออกทางท่อปัสสาวะ ทั้งชั้นคอร์เทกซ์และเมดัลลา ประกอบด้วยหน่วยย่อยของไตที่ทำหน้าที่ในการสร้างน้ำปัสสาวะ เรียกว่า หน่วยไต (Nephron) นอกจากนี้ยังพบหลอดเลือด ท่อน้ำเหลือง และเส้นประสาทในชั้นเนื้อไตด้วย

ไตแต่ละข้างจะประกอบด้วยหน่วยไตหรือเนฟรอน ประมาณ 1 ล้านหน่วย เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่สร้างน้ำปัสสาวะ (Functional Unit) ของไตส่วนประกอบของหน่วยไต(Nephron)แต่จะอันประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. รีเนลคอร์ปัสเคิล (Renal Corpuscle) เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการกรอง (Filtering Unit) ประกอบด้วย

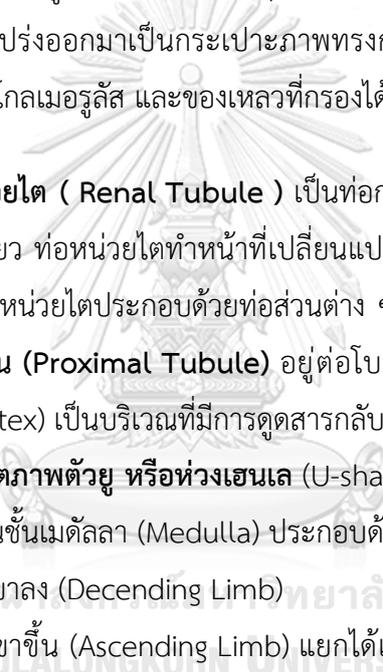
1.1 โกลเมอรูลัส (Glomerulus) : เป็นกลุ่มหลอดเลือดฝอย (Glomerulus Capillaries) ที่ขดรวมกันบรรจุอยู่ในโบว์แมนส์แคปซูล (Bowman's Capsule) ทำหน้าที่กรองน้ำและสารบางชนิดออกจากพลาสมาให้เข้ามาในท่อหน่วยไต

1.2 โบว์แมนส์แคปซูล (Bowman's Capsule) : เป็นส่วนต้นของท่อหน่วยไตส่วนต้นที่ปลายข้างหนึ่งโปร่งออกมาเป็นกระเปาะภาพทรงกลม แต่มีรอยบุ๋มเข้าไปข้างใน คล้ายถ้วย เป็นถุงหุ้มโกลเมอรูลัส และของเหลวที่กรองได้จะผ่านเข้ามายังบริเวณนี้

2. ส่วนท่อของหน่วยไต (Renal Tubule) เป็นท่อกวางมีผนังประกอบด้วยเซลล์เยื่อผิว (Epithelial cell) บางชั้นเดียว ท่อหน่วยไตทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของของเหลวที่กรองได้ให้เป็นน้ำปัสสาวะ ท่อของหน่วยไตประกอบด้วยท่อส่วนต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ท่อส่วนต้น (Proximal Tubule) อยู่ต่อโบว์แมนส์แคปซูล เป็นท่อขดไปมาขึ้นคอร์เทกซ์ (Cortex) เป็นบริเวณที่มีการดูดสารกลับเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดมากที่สุด

2.2 ท่อหน่วยไตภาพตัวยู หรือห่วงเฮนเล (U-shape / Henle's Loop) หลอดโค้งภาพตัวยูยื่นเข้าไปในชั้นเมดัลลา (Medulla) ประกอบด้วย

2.2.1 ท่อขาลง (Decending Limb) 

2.2.2 ท่อขาขึ้น (Ascending Limb) แยกได้เป็น 2 ส่วน คือ ท่อส่วนบาง และท่อส่วนหนา (Thin and Thick Ascending Limb) ตามลำดับ

- ท่อขดส่วนปลาย (Distal Tubule) ต่อจาก Henle's Loop เป็นท่อขดไปมาในชั้นคอร์เทกซ์ ท่อส่วนนี้จะมาเปิดรวมกับท่อรวม

- ท่อรวม เป็นบริเวณที่ท่อขดส่วนปลายของหน่วยไตอื่น ๆ มาเปิดรวมกันเพื่อนำน้ำปัสสาวะส่งต่อไปยังกรวยไต ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ และท่อปัสสาวะตามลำดับ

หน่วยไตทำหน้าที่ในการสร้างน้ำปัสสาวะ (Urine Formation) ประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การกรองสารที่โกลเมอรูลัส (Glomerular Filtration / Ultrafiltration)
2. การดูดสารกลับที่ท่อหน่วยไต (Tubular Reabsorption)
3. การหลั่งสารโดยท่อหน่วยไต (Tubular Secretion)

การกรองสารที่โกลเมอรูลัส (Glomerular Filtration / Ultrafiltration)

เป็นกระบวนการแรกที่สร้างน้ำปัสสาวะ ในแต่ละนาทีจะมีเลือดเข้าสู่ไตจำนวน 1200 mL เลือดจำนวนนี้ถูกกรองผ่านผนังของหลอดเลือดฝอยที่โกลเมอรูลัส ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเยื่อกรองของเหลวที่ผ่านจากการกรอง ได้แก่ น้ำ ยูเรีย กลูโคส โซเดียมคลอไรด์ เกลือแร่ต่าง ๆ จะเข้าสู่โบริวแมนส์แคปซูล 125 mL เลือดส่วนที่เหลือจะไหลไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของท่อหน่วยไต และเปลี่ยนเป็นเลือดดำแล้วออกจากไตไปทางหลอดเลือดรีนัลเวน

การกรองอาศัยแรงดันของของเหลวในเส้นเลือดฝอยโกลเมอรูลัส แรงต้านการกรองเป็นแรงดันของของเหลวที่อยู่ในโบริวแมนแคปซูล และแรงดันออสโมติกของสารละลายโปรตีนในพลาสมา

เยื่อกรองจะยอมให้น้ำและสารโมเลกุลขนาดเล็กกว่ารู เช่น ยูเรีย โซเดียม กลูโคส ผ่านออกมาได้สะดวก แต่จะไม่ยอมให้สารขนาดใหญ่ผ่าน เช่น เซลล์เม็ดเลือด โปรตีน ไขมัน ในคนปกติพบว่าพลาสมาจะถูกกรองประมาณวันละ 180 ลิตร แต่มีปัสสาวะออกมาเพียง 1.5-2 ลิตร ซึ่งเป็นของเสียส่วนน้อยเพียง 1% ที่ถูกขับออกมาและของเหลวที่มีประโยชน์ส่วนมากอีก 99% จะถูกดูดกลับหมด

การดูดสารกลับที่ท่อหน่วยไต (Tubular Reabsorption)

เซลล์เยื่อบุผิวที่ท่อหน่วยไตมีบทบาทในการดูดสารกลับเนื่องจากมีไมโครวิลไลช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซึมและมีไมโทคอนเดรียเพื่อให้พลังงานในการดูดกลับแบบที่ใช้พลังงาน นอกจากนี้ยังมีการดูดกลับแบบไม่ใช้พลังงาน ท่อหน่วยไตแต่ละส่วนมีการดูดสารกลับดังนี้

1. ท่อขดส่วนต้น (Proximal Tubule) จะเกิดมากที่สุดประมาณ 80 % มีการดูดกลับแบบใช้พลังงาน (Active Transport) ได้แก่ กลูโคส โปรตีนโมเลกุลเล็ก กรดอะมิโน วิตามิน Na^+ K^+ และการดูดกลับแบบไม่ใช้พลังงาน (Passive Transport) ได้แก่ ยูเรีย น้ำ Cl^- HCO_3^-

2. ท่วงเฮนเล (Henle's Loop)

ท่อขาลง (Decending) : เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากท่วงเฮนเลโดยกระบวนการออสโมซิส

ท่อขาขึ้น (Ascending) : มีการดูด NaCl กลับทั้งแบบไม่ใช้พลังงานและแบบใช้พลังงาน ส่วนน้ำจะเคลื่อนออกจากท่อขาขึ้นไม่ได้ เนื่องจากผนังส่วนนี้มีคุณสมบัติไม่ยอมให้น้ำผ่าน (Impermeable)

3. ท่อหน่วยไตส่วนปลาย (Distal Convolved Tubule) มีการดูดน้ำกลับแบบไม่ใช้พลังงาน ส่วนการดูดกลับของ NaCl และ HCO_3^- กลับแบบใช้พลังงาน โดยการดูดกลับของน้ำและ Na^+ อยู่ภายใต้อิทธิพลของฮอร์โมน ADH (Antidiuretic Hormone) และ Aldosterone ตามลำดับ

4. ท่อรวม (Collecting Tubule) มีการดูดน้ำกลับแบบไม่ใช้พลังงาน ดูดกลับของ Na^+ แบบใช้พลังงาน และยอมให้ยูเรียแพร่ออกโดยการดูดกลับอยู่ภายใต้อิทธิพลของฮอร์โมน ADH

2.2 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Teaching)

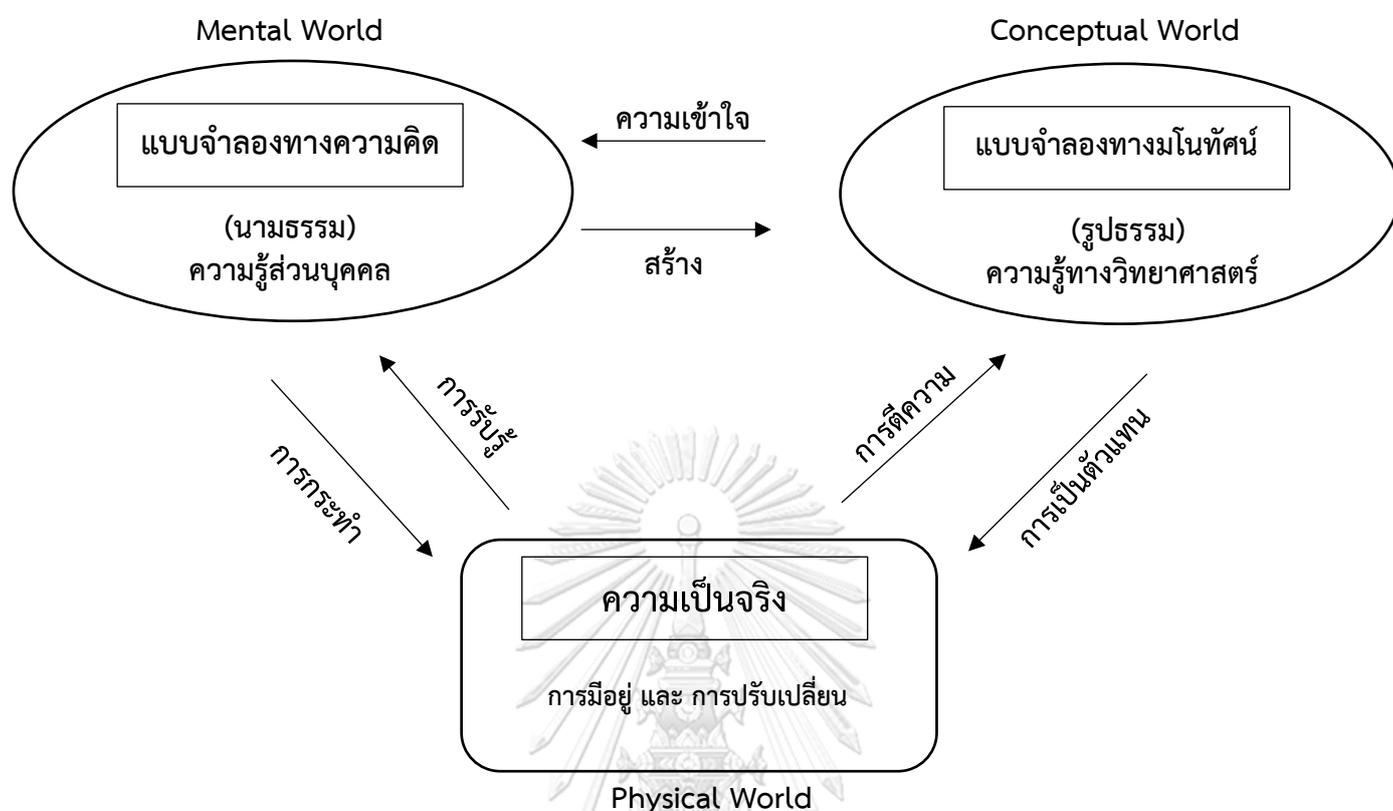
2.2.1 ความเป็นมาของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้เข้ามามีบทบาทในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาหลายปีโดยมีจุดเริ่มต้นจากการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ของอเมริกาโดยได้ให้ความสำคัญกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองมากขึ้น (National Research Council, 2012) ส่งผลให้มีความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น สาเหตุสำคัญที่ทำให้ให้นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ให้ความสำคัญกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองเนื่องจากแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ ดังที่ Gilbert (2004) ได้กล่าวว่าการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ดีที่สุดคือการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้ใกล้เคียงกับวิทยาศาสตร์มากที่สุด โดยนักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองใน 2 แนวทาง คือ ใช้เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติผ่านการทดสอบหลักฐานเชิงประจักษ์ และใช้เพื่อสื่อสารและอธิบายถึงข้อค้นพบต่อตนเอง ดังนั้นการใช้แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เป็นส่วนสำคัญในการอธิบายเพื่อสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Bryce et al., 2016; Gobert & Buckley, 2000)

2.2.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่สนับสนุน

การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีพื้นฐานมากจากทฤษฎีการเรียนรู้สรุคนิยม (Constructivism) และทฤษฎีการสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model Theory) (Harrison & Treagust, 2000) ทฤษฎีการเรียนรู้สรุคนิยม ซึ่งให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเชื่อว่าสมองของมนุษย์ไม่ได้ว่างเปล่ามนุษย์ทุกคนมีโครงสร้างทางปัญญา (Schema) แตกต่างกันโดยเป็นผลมาจากประสบการณ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นครูจึงไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียนได้โดยตรง นักเรียนจะเรียนรู้ผ่านกระบวนการดูดซึมทางปัญญา (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เพื่อให้โครงสร้างทางปัญญาอยู่ในสภาวะที่สมดุล (Equilibrium) (Llewellyn, 2005)

ทฤษฎีการสร้างแบบจำลองได้กล่าวว่าเมื่อบุคคลได้รับประสบการณ์บุคคลจะสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทน (Representation) ของสิ่งที่คิดกับโลกแห่งความเป็นจริง (Real World) (Gilbert & Boulter, 2000) และ Hestenes (2006) ได้ร่างกรอบแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของการสร้างแบบจำลอง โดยได้กล่าวถึงความแตกต่างของคำว่าแบบจำลองทางความคิด (Mental Model) และ แบบจำลองทางมโนทัศน์ (Conceptual Model) โดยได้อธิบายทฤษฎีนี้ไว้ว่า “บุคคลแต่ละบุคคลจะมีแบบจำลองทางความคิดต่อปรากฏการณ์ของตนเอง ซึ่งแต่ละบุคคลสามารถแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาให้ผู้อื่นเห็นผ่านแบบจำลองทางมโนทัศน์ซึ่งเกิดจากการที่บุคคลใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ เป็นตัวแทนความคิดความเข้าใจของบุคคล ซึ่งสามารถสะท้อนถึงโครงสร้างทางปัญญาของแต่ละบุคคลได้” เช่นเดียวกับการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ที่มีการสร้าง ใช้ และแบ่งปันแบบจำลองมโนทัศน์ร่วมกันเพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 1

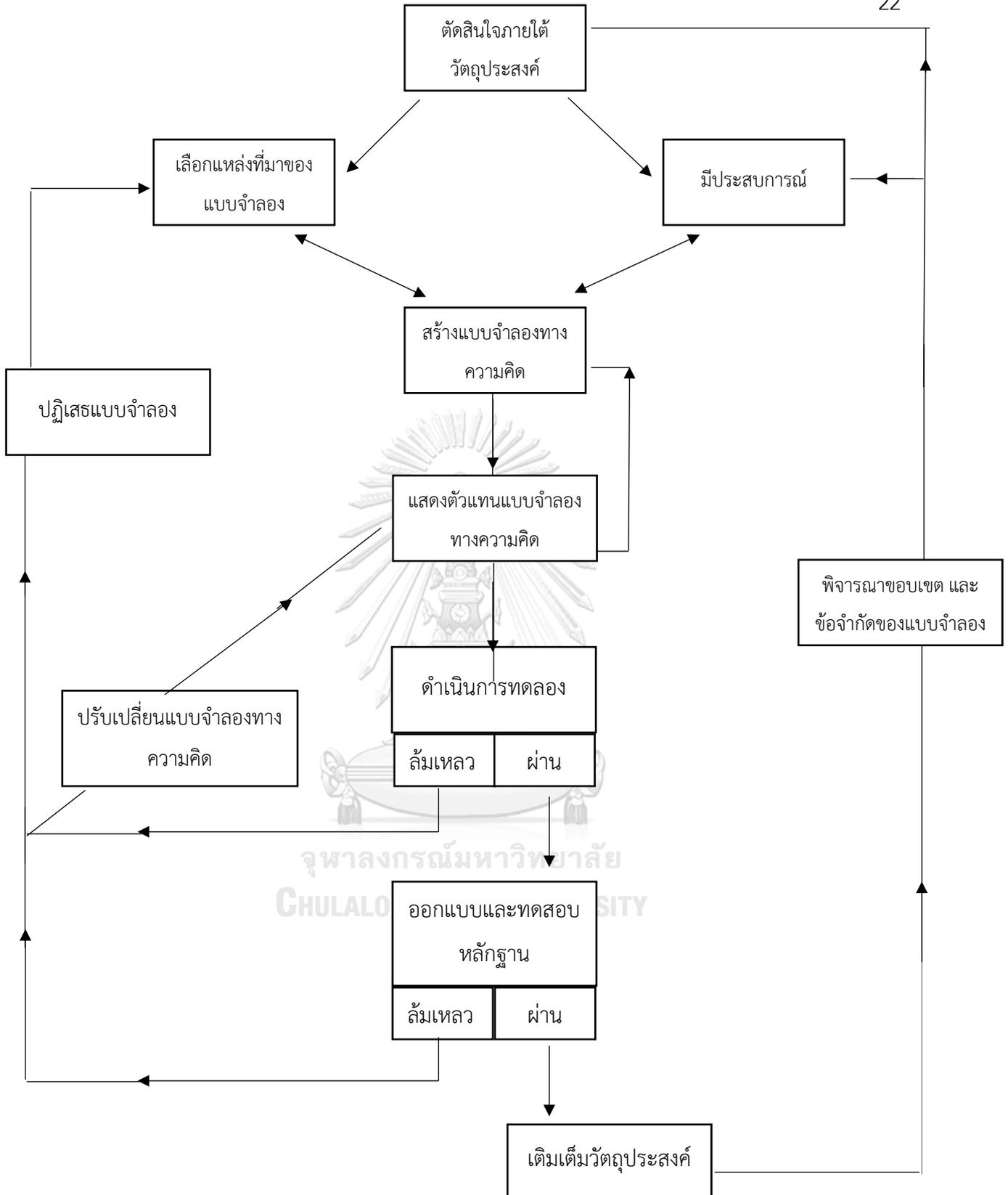


ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของการสร้างแบบจำลอง
ดัดแปลงจาก Hestenes (2006)

จากทฤษฎีและกรอบแนวคิดข้างต้นนำไปสู่การศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของระบบที่กำลังศึกษา ผลการศึกษาพบว่าการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยตนเองทำให้นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้สอดคล้องกับระบบที่ศึกษาได้ นอกจากนี้ยังทำให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้เรียกคืนความรู้ได้ดีขึ้น (Mayer, 1989) โดย Gilbert & Boulter (2000) และ Bryce et al. (2016) กล่าวว่าการใช้แบบจำลองสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เป็นส่วนสำคัญในการอภิปรายเพื่อสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ และการสร้างแบบจำลองเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยนักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองใน 2 แนวทาง คือ ใช้เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติผ่านการทดสอบหลักฐานเชิงประจักษ์ และใช้เพื่อสื่อสารและอธิบายถึงข้อค้นพบต่อตนเอง

Justi & Gilbert (2002) ได้สร้างกรอบแนวคิดของการสร้างแบบจำลองที่มีผลต่อการปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียน โดยอธิบายว่า บุคคลจะสร้างแบบจำลองทางความคิดของแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ ปรับเปลี่ยนแบบจำลอง บุคคลต้องมั่นใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ผ่านกรอบแนวคิดของการสร้างแบบจำลอง ดังแสดงในภาพที่ 2





ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดกระบวนการสร้างและปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิด
ดัดแปลงจาก Justi & Gilbert (2002)

2.2.3 ความสำคัญของแบบจำลองในวิชาชีววิทยา

วิชาชีววิทยาเป็นแขนงหนึ่งในวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นวิชาที่เรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยาสารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์และสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าองค์ความรู้และปรากฏการณ์ทางชีววิทยามีหลายเนื้อหาและมีความซับซ้อน นักชีววิทยาจึงมักสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อใช้ในการอธิบายองค์ความรู้และปรากฏการณ์ทางชีววิทยา โดยนักชีววิทยาใช้แบบจำลองใน 2 รูปแบบคือ (1) ใช้เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับโลก ผ่านการทดสอบหลักฐานเชิงประจักษ์ แบบจำลองที่ไม่สอดคล้องกับหลักฐานจะต้องถูกแก้ไขหรือถูกยกเลิก ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นเครื่องมือทางอภิปัญญา (Metacognitive) ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และ (2) ใช้เพื่อสื่อสารและอธิบายถึงข้อค้นพบของตนเองต่อผู้อื่น นักชีววิทยาใช้แบบจำลองในเกือบทุกแง่มุมของการค้นคว้าวิจัยและการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ (Bryce et al., 2016)

อย่างไรก็ตามในการทำความเข้าใจในความรู้และปรากฏการณ์ทางชีววิทยาบางเรื่องยังเป็นเรื่องที่เข้าใจยาก (Buckley, 2000; Karpudewan et al., 2017) และถึงแม้ว่าในการสอนชีววิทยาครูชีววิทยามักจะใช้การวาดภาพเพื่อเป็นตัวแทนในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีววิทยาจากการศึกษากลับพบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจโมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ค่อนข้างต่ำ (Quillin & Thomas, 2015) ดังนั้นในการเรียนการสอนชีววิทยาจึงจำเป็นที่จะต้องอาศัยแบบจำลองเพื่อใช้ในการอธิบายองค์ความรู้และปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจองค์ความรู้และปรากฏการณ์ทางชีววิทยาได้ดีขึ้น

2.2.4 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องได้มีนักการศึกษาให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) ไว้ดังนี้

Cartier et al. (2001) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดของแนวความคิดที่ใช้ในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยต้องได้รับการยอมรับและมีหลักฐานในการสนับสนุนแนวคิด

Halloun (2006) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แผนที่ย่นย่อแบบเฉพาะที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงซึ่งมีความน่าเชื่อถือ

Windschitl & Thompson (2006) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนที่สามารถแสดงถึงมุมมองของปรากฏการณ์บนโลก

Coll & Lajium (2011) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่ง que แสดงถึงรูปแบบเฉพาะของโลกแห่งความเป็นจริง

Gilbert (2011) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ กฎ ทฤษฎี โดยอาจเป็นวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของสิ่งที่ต้องการอธิบายซึ่งจะต้องสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการอธิบายกับความเป็นจริงได้

Gilbert & Justi (2016) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คำอธิบายของบางสิ่งที่มีความซับซ้อน

Bryce et al. (2016) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวความคิดที่ใช้ในการอธิบายหรือทำนายองค์ความรู้และปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

จากข้อความข้างต้นสรุปได้ว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) หมายถึง สิ่ง que สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายหรือทำความเข้าใจ ปรากฏการณ์ แนวคิด หลักการ กฎ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ โดยอาจเป็นวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการอธิบายกับความเป็นจริงได้และแบบจำลองนั้นต้องมีหลักฐานสนับสนุนที่มาจากมาเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2.2.5 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Harrison & Treagust (1996) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองตามวัตถุประสงค์ของการใช้แบบจำลอง ดังนี้

- (1) **แบบจำลองมาตราส่วน (Scale Model)** คือ แบบจำลองที่สะท้อนถึงลักษณะภายนอกของสิ่งที่ต้องการสร้างขึ้นเป็นแบบจำลอง เช่น แบบจำลองขนาดของอาคาร แบบจำลองรถยนต์เพื่อใช้ในการโฆษณา
- (2) **แบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ (Analogical Models)** คือ แบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง โดยจะมีลักษณะเหมือนแบบจุดต่อจุด เป้าหมาย

หลักเพื่อให้เห็นลักษณะสำคัญชัดเจนมากกว่าขนาดจริงของสิ่งที่ต้องการอธิบาย เช่น แบบจำลองกายวิภาคศาสตร์ของมนุษย์

- (3) **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)** คือ แบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ขององค์ประกอบและกระบวนการทางกายภาพมักแสดงให้เห็นเป็นสมการ เช่น กฎที่ข้อสองของนิวตัน สามารถเขียนเป็นสมการคือ $F = ma$
- (4) **แบบจำลองทางเคมี (Chemical Model)** คือ แบบจำลองที่แสดงถึงสูตรทางเคมี และสมการทางเคมี มักเป็นรูปของสัญลักษณ์ สูตร สมการ เช่น CO_2
- (5) **แบบจำลองทางทฤษฎี (Theoretical Model)** คือ แบบจำลองที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานของลักษณะทางทฤษฎี เพื่อใช้ในการบรรยายหรืออธิบาย เช่น แบบจำลองทิศของเส้นแรงแม่เหล็ก
- (6) **แบบจำลองมาตรฐาน (Standard Model)** คือแบบจำลองที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ เช่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดัน
- (7) **แบบจำลองแบบแผนที่ หรือแผนผัง (Map and Diagram Model)** คือ แบบจำลองที่ใช้เป็นตัวแทนของแบบแผน เส้นทางมีลักษณะเป็นสองมิติ เช่น แผนผังแสดงกระบวนการหายใจระดับเซลล์ แผนที่แสดงสภาพภูมิอากาศ

Harrison & Treagust (2000) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองตามการนำไปใช้ให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นโดยแบบจำลองออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. แบบจำลองที่ใช้ในวิทยาศาสตร์และการสอน (Scientific and Teaching Model)

1.1 แบบจำลองมาตราส่วน (Scale Model) ใช้เพื่ออธิบายสี รูปร่างภายนอก และ

โครงสร้างภายนอกของสิ่งที่ต้องการอธิบาย แบบจำลองประเภทนี้ไม่แสดงถึงโครงสร้างและการใช้งานภายใน

1.2 แบบจำลองเชิงเปรียบเทียบเพื่อใช้ในการสอน (Pedagogical Analogical

Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการเรียนการสอนโดยครุมนำไปใช้ในการอธิบายในสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้โดยตรง เช่น โครงสร้างอะตอม

1.3 แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Iconic and Symbolic Model) เป็นสัญลักษณ์

ใช้อธิบายในทางเคมีโดยอาจเป็นสูตร หรือสมการก็ได้ เช่น CO_2 ที่เป็นสัญลักษณ์แสดงถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เป็นแบบจำลองในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ หรือกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ มักใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรม

1.5 แบบจำลองเชิงทฤษฎี (Theoretical Model) เป็นแบบจำลองที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อใช้ในการอธิบายทฤษฎีที่ค้นพบ เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น เช่น แบบจำลองทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

2. แบบจำลองที่ใช้อธิบายแนวคิดและกระบวนการ (Models Depicting Multiple Concepts and/or Processes)

2.1 แผนที่ แผนผัง และตาราง (Maps, Diagrams and Tables) เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงถึงรูปแบบ กระบวนการและความสัมพันธ์ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ได้ ง่ายขึ้น เช่น ตารางธาตุ แผนผังวิวัฒนาการ แผนภาพแสดงระบบหมุนเวียนเลือด ห่วงโซ่อาหาร สิ่งสำคัญของการใช้แบบจำลองประเภทนี้คือนักเรียนสามารถแปลความได้หลากหลาย เนื่องจากเป็น 2 มิติ เช่นนักเรียนบางคนเข้าใจว่าคลอรีน มีอะตอม เป็นสี่เหลี่ยม

2.2 แบบจำลองเชิงมโนทัศน์และกระบวนการ (Concept-Process Model) เป็นแบบจำลองที่นำมาใช้ในการอธิบายมโนทัศน์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มักแสดงออกมาในรูปแบบของกระบวนการมากกว่าเป็นวัตถุ เช่น สมดุลเคมี ปฏิกิริยารีดอกซ์

2.3 การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นแบบจำลองที่สามารถเคลื่อนไหวได้ ส่วนใหญ่มีกอสัยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย เช่น การจำลองการทำงานของเครื่องบิน

3. แบบจำลองส่วนบุคคล ทฤษฎี และกระบวนการ (Personal Model of Reality, Theories and Processes)

3.1 แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) เป็นแบบจำลองที่บุคคลสร้างขึ้นในระหว่างการทำความเข้าใจเพื่อให้เกิดกระบวนการทางปัญญา โดยนักเรียนแต่ละบุคคลอาจมีแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกัน

3.2 แบบจำลองสังเคราะห์ (Synthetic Model) เป็นแบบจำลองที่นักเรียนสังเคราะห์ขึ้นภายใต้ความเข้าใจของตนเองและจากการสอนด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของครู เช่น นักเรียนเชื่อว่าระดับชั้นพลังงานของอิเล็กตรอนช่วยปกป้องอะตอมซึ่งมีหน้าที่คล้ายกับเปลือกหอย

Gilbert (2011) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองตามการเป็นตัวแทนของลักษณะที่สำคัญของแบบจำลอง ดังนี้

1. **แบบจำลองรูปธรรม (Concrete Model)** เป็นการใช้วัตถุ 3 มิติ และทำด้วยวัสดุคงทน เช่น แบบจำลอง DNA
2. **แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal Model)** เป็นการพูดหรือการเขียนประกอบการอธิบายเกี่ยวกับลักษณะและความสัมพันธ์ของสิ่งที่ต้องการอธิบาย เช่น คำอธิบาย (Description) เกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA
3. **แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic Model)** การใช้ชุดของตัวเลขหรือตัวอักษรที่แสดงข้อตกลงทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ เช่น การคำนวณอัตราส่วนของ A T C G ใน DNA
4. **แบบจำลองเชิงภาพ (Visual Model)** เป็นการใช้กราฟ แผนภาพที่เป็น 2 มิติ และภาพเคลื่อนไหวอธิบายสิ่งที่ต้องการอธิบาย เช่น แผนภาพแสดงโครงสร้างของ DNA
5. **แบบจำลองท่าทาง (Gestural Model)** การใช้ร่างกายหรือส่วนหนึ่งของร่างกาย เช่น การใช้นิ้วมือในการอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA

Bryce et al. (2016) ได้ยกตัวอย่างแบบจำลองทางชีววิทยาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ (1) แบบจำลองที่นักชีววิทยาใช้ และ (2) แบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบจำลองที่นักชีววิทยาใช้

1.1 **Concrete Model** คือ แบบจำลองที่เป็นตัวแทนความคิดในลักษณะ 2 มิติ หรือ 3 มิติ เช่น แบบจำลองโครงสร้างดีเอ็นเอของ Watson and Crick

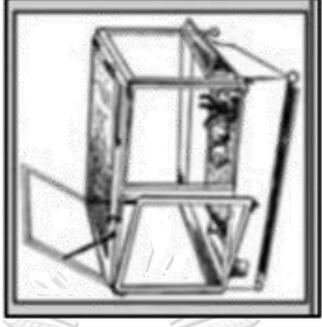
1.2 **Mathematical Model** คือ แบบจำลองที่แสดงสัญลักษณ์หรือกราฟ เช่น กราฟแสดงการอัตราการเจริญเติบโตของเม่นทะเล

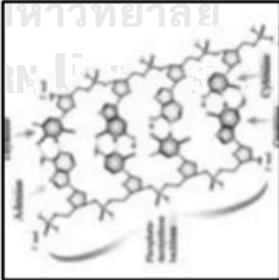
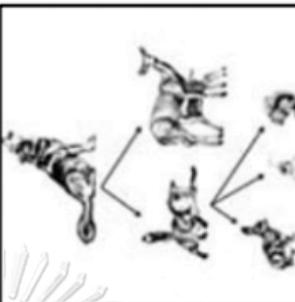
1.3 **Conceptual Model** คือ แบบจำลองที่ใช้ในการสื่อสารในรูปของภาษาหรือรูปภาพ เช่น สมการการสังเคราะห์อาหารด้วยแสงของพืช

2. แบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาชีพวิทยา โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1



ตารางที่ 1 แบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยา

เนื้อหาทางชีววิทยา				
ประเภทแบบจำลอง	โครงสร้างของดีเอ็นเอ	ระบบย่อยอาหาร	สายใยอาหาร	วิวัฒนาการ
Concrete Model (แบบจำลองเชิงรูปธรรม)	แบบจำลอง 3 มิติโครงสร้างของ ดีเอ็นเอ	แบบจำลองดินน้ำมัน ระบบย่อยอาหาร	ระบบนิเวศจำลอง	แบบจำลอง 3 มิติจรรยาปากของนกฟินช์
				
Verbal Model (แบบจำลองเชิงภาษา)	โมเดลของดีเอ็นเอมีลักษณะเป็นเกลียวคู่เวียนขวาประกอบด้วยน้ำตาลและหมู่ฟอสเฟต และมีเบสวางแขนอยู่ตรงกลาง	ทางเดินอาหารมีลักษณะเป็นยาว โดยมีขนาดต่างกันในแต่ละอวัยวะ	ในระบบนิเวศประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่กินต่อกันเป็นทอด ๆ	จะอวยปากของนกฟินช์เทียบได้กับส้อม มีด ช้อน และตะเกียบ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับอาหารแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน

เนื้อหาทางชีววิทยา			
ประเภทแบบจำลอง	โครงสร้างของดีเอ็นเอ	ระบบย่อยอาหาร	สายใยอาหาร
Symbolic Model (แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์)	จากสมบัติของเบสคู่สม คือ เบส อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างง่าย A-T และ C-G สามารถคำนวณหา มีสมการคือ เบส A จากเบส G ได้ เช่นหาก กำหนดให้มีเบส G=20% จะมีเบส A ร้อยละ $(100 - (2 \times 20)) / 2 =$ 30%	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างง่าย มีสมการคือ $E + S \xrightleftharpoons[k_i]{k_{-i}} ES \xrightarrow{k_{cat}} E + P$	หากพลังงานสุทธิจากผู้ผลิตสามารถ จ่อยปากขนาดใหญ่ แทนด้วย ถูกถ่ายทอดไปยังสิ่งมีชีวิตในลำดับ A ส่วนจ่อยปากขนาดเล็ก แทนด้วย a ถัดไปได้เพียงร้อยละ 10
Visual Model (แบบจำลองเชิงภาพ)			
Gestural Model (แบบจำลองเชิงท่าทาง)	ครูแสดงการแยกออกของคู่ DNA ใช้มือแสดงการเคลื่อนที่แบบ โดยใช้มือและการสานกันของนิ้ว เพอริทลิตซิสในหลอดอาหาร มือ		ให้นักเรียนยืนต่อแถวและส่งต่อกัน ให้นักเรียนใช้อุปกรณ์ที่ได้รับ ลองกินอาหาร

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเภทของแบบจำลอง พบว่า นักการศึกษาได้แบ่งประเภทของแบบจำลองไว้หลากหลายแบบขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ โดยผู้วิจัยเห็นว่า ประเภทของแบบจำลองที่สอดคล้องกับการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยาคือการแบ่งประเภทของแบบจำลองตาม Bryce et al. (2016) โดยแบ่งแบบจำลองออกเป็น 5 ประเภทคือ 1) แบบจำลองรูปธรรม (Concrete Model) 2) แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal Model) 3) แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic Models) 4) แบบจำลองเชิงภาพ (Visual Models) และ 5) แบบจำลองท่าทาง (Gestural Models)

2.2.6 ลักษณะของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่าได้มีนักศึกษากล่าวถึงลักษณะไว้ดังนี้

Gilbert and Ireton (2003) กล่าวว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีลักษณะ 5 ประการดังนี้

1. **ไม่เป็นของจริง (Artificial)** เพราะเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ
2. **มีความเฉพาะตัว (Utilitarian)** แบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อเหตุผลเฉพาะอย่าง
3. **เรียบง่าย (Simplified)** แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจะมีความซับซ้อนน้อยกว่าสิ่งที่ต้องการอธิบาย
4. **อาศัยการแปลความหมาย (interpreted)** แบบจำลองทุกชนิดต้องแปลความหมายเพื่อทำความเข้าใจสิ่งที่ต้องการอธิบาย
5. **ไม่สมบูรณ์แบบ (imperfect)** แบบจำลองทุกชนิดล้วนมีข้อจำกัดในการเป็นตัวแทนของสิ่งที่ต้องการอธิบาย หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าสิ่งที่ต้องการอธิบายนั้นสมบูรณ์ที่สุด

Schwarz et al. (2009) ได้กล่าวว่าแบบจำลองจะมีลักษณะดังนี้

1. แบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการหรือลักษณะที่ไม่สามารถมองเห็นได้
2. แบบจำลองที่แตกต่างกันสามารถใช้ประโยชน์ได้ต่างกัน
3. แบบจำลองมีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น แผนภาพ วัตถุ สถานการณ์จำลอง

จากเอกสารที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่านักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลองไว้คล้ายกัน โดย Gilbert & Ireton (2003) และ Schwarz et al. (2009) ได้ระบุลักษณะของแบบจำลองไว้เหมือนกันคือแบบจำลองไม่เป็นของจริงเนื่องจากเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นแต่เป็นสิ่งที่สามารถเป็นตัวแทนของกระบวนการหรือลักษณะที่ไม่สามารถมองเห็นได้ และแบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อเหตุผลเฉพาะอย่าง อย่างไรก็ตาม Gilbert & Ireton (Gilbert & Ireton) ได้ระบุลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลองเพิ่มเติมจาก Schwarz et al. (Schwarz et al., 2009). นั่นคือ แบบจำลองจะต้องง่ายและมีความซับซ้อนน้อยกว่าปรากฏการณ์ที่ต้องการอธิบาย มีความไม่สมบูรณ์แบบเนื่องจากแบบจำลองทุกแบบจำลองมักมีข้อจำกัด

2.2.7 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าได้มีนักการศึกษาให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้หลากหลาย ดังนี้

Gobert & Buckley (2000) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้รวบรวมทรัพยากรที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเกิดการสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายในตัวนักเรียนและกลุ่มของนักเรียน

Campbell, Oh, & Neilson (2012) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ผ่านการสำรวจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเพื่อสร้างและพัฒนาแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ

Buckley (2012) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีเป้าหมายเพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของตัวผู้เรียนเอง

Ogan-Bekiroglu & Belek (2014) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้วิจรรย์ญาณในการแก้ปัญหาโดยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการอภิปรายในชั้นเรียนผ่านการสร้างแบบจำลองการพัฒนาแบบจำลองของตนเอง

Xiang & Passmore (2015) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนใช้และพัฒนาแบบจำลองซึ่งเป็นตัวแทนในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเพื่อให้เข้าใจการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยถือว่าการสร้างแบบจำลองเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

Seel (2017) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้สร้างและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดด้วยตัวของผู้เรียนเอง

จากข้อความข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหมายถึงรูปแบบการสอนที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้เป็นผู้สร้างและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดด้วยตัวของนักเรียนเองผ่านการสำรวจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่จะใช้ในการสร้างและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

2.2.8 แนวทางการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างและพัฒนาแบบจำลอง

Schwarz et al. (2009) ระบุขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองไว้ 4 ขั้นตอน คือ

1. **การสร้างแบบจำลอง (Construct)** คือ การสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎีเพื่ออธิบายปรากฏการณ์
2. **การใช้แบบจำลอง (Use)** คือ การใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายและคาดการณ์ปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ
3. **การประเมินแบบจำลอง (Evaluate)** คือ การเปรียบเทียบและประเมินความสามารถของแบบจำลองที่แตกต่างกันในการใช้อธิบาย ทำนายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง
4. **การปรับปรุงแบบจำลอง (Revise)** คือการปรับปรุงแบบจำลองเพื่อเพิ่มความสามารถในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ของแบบจำลองโดยอาศัยหลักฐานเพิ่มเติมในแง่มุมที่หลากหลายมากขึ้น

นอกจากนี้ Schwarz et al. (2009) ยังได้ระบุถึงองค์ความรู้ในการสร้างแบบจำลองเชิงอภิมาน (Metamodeling Knowledge) เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ (1) ธรรมชาติของแบบจำลอง (Nature of Models) (2) วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง (Purpose of Models) และ (3) เกณฑ์ในการประเมิน

และปรับปรุงแบบจำลอง (Criteria For Evaluating and Revising Models) ซึ่งในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ความรู้ในการสร้างแบบจำลองเชิงอภิमान

องค์ประกอบของแบบจำลองเชิงอภิमान	รายละเอียด
ธรรมชาติของแบบจำลอง	(1) แบบจำลองสามารถแสดงถึงกระบวนการที่ไม่สามารถมองเห็นและเข้าถึงได้ (2) แบบจำลองที่ต่างกันมักมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน (3) แบบจำลองทุกแบบจำลองมีข้อจำกัดในการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ (4) แบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงได้ (5) แบบจำลองมีรูปแบบที่หลากหลาย เช่น แผนภาพสถานการณ์จำลอง เป็นต้น
วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง	(1) แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสร้างองค์ความรู้ (2) แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการถ่ายทอดองค์ความรู้และความเข้าใจ (3) แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ในการทำนายลักษณะของปรากฏการณ์ (4) แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่นำมาใช้เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์
เกณฑ์ในการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง	(1) แบบจำลองขึ้นอยู่กับหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ (2) แบบจำลองต้องตรงกับวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

Gobert & Buckley (2000) ได้อธิบายขั้นตอนของการสร้างและพัฒนาแบบจำลองไว้ 3 ขั้นตอน คือ

1. **การสร้างแบบจำลอง (Model Formation)** โดยให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับหน้าที่ โครงสร้าง พฤติกรรม สาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ และเขียนเป็นแผนผังมโนทัศน์โดยเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ใกล้เคียงที่นักเรียนรู้จัก ตรวจสอบข้อมูลแล้วลงมือสร้างแบบจำลอง
2. **ทดลองใช้และปรับปรุงแบบจำลอง (Use and Revision Model)** เมื่อแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากแบบจำลองที่สร้างนั้นยังไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีขึ้น
3. **ขยายแบบจำลอง (Model Elaboration)** โดยให้นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ใหญ่ขึ้น

Gilbert & Justi (2016) ได้ระบุขั้นตอนการสร้างแบบจำลองและพฤติกรรมบ่งชี้ของแต่ละขั้นตอน ไว้ดังนี้

1) การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Creation of a Proto-model) มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ

- (1) กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบจำลองหรือเข้าใจวัตถุประสงค์ของแบบจำลองที่ผู้อื่นสร้างขึ้น
- (2) ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ
- (3) เลือกและจัดระเบียบข้อมูลที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบจำลอง
- (4) ใช้เหตุผลหรือเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ในการสร้างแบบจำลองเริ่มแรก
- (5) รวบรวมข้อมูลที่มีอยู่เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองเริ่มแรก

2) การนำเสนอแบบจำลองเริ่มต้น (Expression of The Proto-model) มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ

- (1) แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถมองเห็นได้
- (2) ใช้ประเภทของแบบจำลองในการนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้อย่างเหมาะสม
- (3) เปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองกับผู้อื่น

3) การทดสอบแบบจำลอง (Test of the Model) มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ

- (1) วางแผนและดำเนินการทดสอบโดยใช้ความคิด
- (2) วางแผนและดำเนินการทดสอบเชิงประจักษ์
- (3) วิเคราะห์ผลการทดสอบอย่างมีเหตุผล
- (4) แก้ไขหรือปฏิเสธแบบจำลอง

4) การประเมินแบบจำลอง (Evaluation of the Model) มีพฤติกรรมบ่งชี้คือ

- (1) ระบุข้อจำกัดของแบบจำลองโดยพยายามนำแบบจำลองไปใช้งานในบริบทที่ต่างกัน
- (2) ระบุขอบเขตของแบบจำลองโดยพยายามนำแบบจำลองไปใช้งานในบริบทที่ต่างกัน
- (3) โน้มน้าวผู้อื่นให้เห็นถึงความถูกต้องของแบบจำลอง
- (4) ชักชวนให้ผู้อื่นใช้แบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น

Quillin & Thomas (2015) ได้เสนอแนวทางในการนำแบบจำลองแบบภาพ (Visual Model) ผ่านการวาดภาพไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยได้ระบุขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แนวทางในการนำแบบจำลองแบบภาพ (Visual Model) ผ่านการวาดภาพไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนชีววิทยา

ขั้นตอน	วัตถุประสงค์	ตัวอย่าง
วาดแบบจำลอง (Drawing of Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ระบุความสัมพันธ์เบื้องต้น กระบวนการ และหลักการในแบบจำลอง - ระบุขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง ก่อนให้นักเรียนทำด้วยตนเอง - แสดงให้เห็นความยืดหยุ่นของแบบจำลอง และให้เห็นความหลากหลายของแบบจำลอง - แสดงให้เห็นการรู้คุณค่าของการวาดแบบจำลอง 	“ให้นักเรียนวาด Phylogenetics tree มา 3 รูปแบบโดยมีการแตกกิ่งก้านสาขาที่แตกต่างกันแต่สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้แบบเดียวกัน”
การใช้แบบจำลอง (Use of Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องมือในการตอบคำถาม - ให้นักเรียนเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในแบบจำลองเพื่อเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา 	“ให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงแบบจำลองเกี่ยวกับภาวะเรือนกระจกของตนเองเพื่อทำนายว่าการปกคลุมของน้ำแข็งที่ขั้วโลกที่ลดลงจะส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของชั้นบรรยากาศอย่างไร”
ประเมินแบบจำลอง (Evaluation of Model)	<ul style="list-style-type: none"> - ให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองเพื่อให้แน่ใจว่าแบบจำลองมีองค์ประกอบที่จำเป็นอย่างถูกต้อง - ให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองเพื่อให้แน่ใจว่าแบบจำลองมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องเท่านั้น” 	“ใช้เกณฑ์รูปลึกเพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองของนักเรียนมีองค์ประกอบครบถ้วนเกี่ยวกับโครงสร้าง DNA”
ปรับแก้แบบจำลอง (Revision)	<ul style="list-style-type: none"> - ให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองตามการประเมินแบบจำลองของตนเองหรือผู้อื่น 	“ให้นักเรียนวาดแบบจำลองการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอใหม่ตามผลการประเมินแบบจำลองของกลุ่ม”

จากข้อความข้างต้นพบว่านักการศึกษาได้กล่าวถึงแนวทางการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างและพัฒนาแบบจำลองไว้แตกต่างกัน โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปแนวทางการพัฒนาแบบจำลองของนักเรียน

องค์ประกอบ	นักการศึกษา			
	chwarz et al. (Schwarz et al., 2009)	Gilbert & Justi (Gilbert & Justi, 2016)	Quillin & Thomas (Quillin & Thomas, 2015)	Gobert & Buckley (2000)
1. การสร้างแบบจำลอง (Model Construction)	✓	✓	✓	✓
2. การใช้แบบจำลอง (Model Use)	✓	✓	✓	✓
3. การประเมินแบบจำลอง (Model Evaluate)	✓	✓	✓	✓
4. การปรับเปลี่ยนแบบจำลอง (Model Revision)	✓	✓	✓	✓
5. การขยายแบบจำลอง (Model Elaboration)				✓

จากตารางข้างต้นสรุปได้ว่าแนวทางการพัฒนาแบบจำลองของนักเรียนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 1. การสร้างแบบจำลอง (Model Construction)** คือขั้นตอนที่ให้นักเรียนวาดแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎีเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ โดยกำหนดจุดมุ่งหมายของแบบจำลอง ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือ เลือกและจัดระเบียบข้อมูลที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบจำลองโดยใช้เหตุผลหรือเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ในการสร้างแบบจำลองเริ่มแรก จากนั้นรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองเริ่มแรก
- 2. การใช้แบบจำลอง (Model Use)** คือขั้นตอนที่ให้นักเรียนให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องมือในการตอบคำถามหรืออธิบายปรากฏการณ์
- 3. การประเมินแบบจำลอง (Model Evaluate)** คือขั้นตอนที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบและประเมินความสามารถของแบบจำลองในการใช้อธิบายปรากฏการณ์ว่าถูกต้องหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองเพื่อให้แน่ใจว่าแบบจำลองมีองค์ประกอบที่จำเป็นอย่างถูกต้อง

4. การปรับเปลี่ยนแบบจำลอง (Model Reconstruct) คือขั้นตอนที่ให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองเพื่อเพิ่มความสามารถในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ของแบบจำลองโดยอาศัยหลักฐานเพิ่มเติมในแง่มุมที่หลากหลายมากขึ้น

National Research Council (2012) เสนอโครงสร้างคำถามให้ครูจัดเตรียมการพัฒนา รูปแบบให้กับนักเรียนในแต่ละระดับแบบค่อยเป็นค่อยไป ตั้งแต่การเริ่มสร้างแบบจำลองอย่างเรียบง่าย ไปจนถึงแบบจำลองที่ซับซ้อน ในขณะที่กิจกรรมในชั้นเรียนเปลี่ยนจากการสาธิตโดยผู้สอนเป็นการสืบสอบ โดยในแต่ละขั้นตอนครูควรใช้คำถามดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แนวทางการใช้คำถามเพื่อการเสริมต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในการพัฒนาแบบจำลอง

ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง (ง่าย ไปยัง ซับซ้อน)	คำถามเพื่อช่วยในการการเสริมต่อการเรียนรู้ของนักเรียน
1. การระบุแบบจำลอง	<ul style="list-style-type: none"> ● แบบจำลองนี้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์อะไรในชีวิตวิทยา
2. สร้างแบบจำลอง	<ul style="list-style-type: none"> ● อะไรคือสิ่งที่เป็นลักษณะเด่นของปรากฏการณ์ และลักษณะเหล่านั้นสำคัญอย่างไร ● หากมีแบบจำลองที่สร้างไว้อยู่แล้ว นักเรียนจะทำอย่างไรให้แบบจำลองนี้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ● แบบจำลองทางชีววิทยาที่สร้างขึ้นนี้ดีกว่าแบบจำลองอื่น ๆ อย่างไร
3. การใช้แบบจำลอง	<ul style="list-style-type: none"> ● นักเรียนจะนำแบบจำลองนี้ไปใช้อย่างไร ● แบบจำลองนี้สามารถตอบคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่เป็นตัวแทนได้หรือไม่
4. ประเมินแบบจำลอง	<ul style="list-style-type: none"> ● นักเรียนมีการตรวจสอบแบบจำลองของนักเรียนอย่างไรว่าสามารถใช้ได้ ● แบบจำลองนี้ใช้อธิบายได้ใกล้เคียงของจริงหรือไม่ ● นักเรียนจะทำอย่างไรให้แบบจำลองนี้สามารถอธิบายได้ใกล้เคียงกับของจริง

ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง (ง่าย ไปยัง ซับซ้อน)	คำถามเพื่อช่วยในการการเสริมต่อการเรียนรู้ของนักเรียน
	<ul style="list-style-type: none"> ● สร้างข้อคำถามให้กับเพื่อนนักเรียน และถามนักเรียนว่าเพื่อนสามารถตอบคำถามของนักเรียนโดยใช้แบบจำลองของนักเรียนในการอธิบายได้หรือไม่
5. แก้ไขแบบจำลอง	<ul style="list-style-type: none"> ● จากคำตอบในข้อที่ 4 นักเรียนจะทำให้แบบจำลองของนักเรียนชัดเจนขึ้นได้อย่างไร
6. สังเคราะห์แบบจำลอง	<ul style="list-style-type: none"> ● นักเรียนสามารถเพิ่มเติมแบบจำลองเพื่อให้สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ใหม่ได้หรือไม่ อย่างไร

2.2.9 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Schwarz et al. (2009) ได้เสนอขั้นตอนการสอนโดยใช้แบบจำลอง 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) **มอบปรากฏการณ์ (Anchoring Phenomena)** เป็นขั้นตอนที่ครูจะนำเสนอคำถามและปรากฏการณ์สำหรับแนวคิดนั้น ๆ โดยปรากฏที่นำเสนอจะทำให้เกิดการสร้างแบบจำลองทางความคิด

2) **สร้างแบบจำลอง (Construct a Model)** เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเริ่มต้นที่แสดงถึงแนวความคิด (Idea) หรือสมมติฐาน (Hypothesis) ของปรากฏการณ์ และอภิปรายเกี่ยวกับวัตถุประสงค์และธรรมชาติของแบบจำลอง

3) **ทดสอบแบบจำลอง (Empirically Test The Model)** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนตรวจสอบและอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นในการอธิบาย

4) **ประเมินแบบจำลอง (Evaluate The Model)** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองกับข้อค้นพบที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ จากนั้นประเมินแบบจำลองและแก้ไขแบบจำลอง

5) **ทดสอบแบบจำลองกับแนวความคิดอื่น (Test The Model Against Other Ideas)** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทดสอบแบบจำลองอีกครั้งกับทฤษฎีและกฎอื่น ๆ

6) **แก้ไขแบบจำลอง (Revise Model)** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนปรับเปลี่ยนแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐานใหม่ เปรียบเทียบแบบจำลองกับผู้อื่นและสร้างแบบจำลองสุดท้าย

7) **ใช้แบบจำลองในการทำนายหรืออธิบาย (Use the Model to Predict or Explain)** ใช้แบบจำลองในการทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

Braaten & Windschitl (2011) ได้เสนอขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) **เลือกแนวคิดสำคัญและทำให้อยู่ในรูปของแบบจำลอง (Selecting Big Ideas, Treating Them as Model)** เป็นขั้นที่ครูนำเสนอเหตุการณ์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ โดยทำให้เหตุการณ์หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ให้สังเกตได้โดยให้นักเรียนสร้างเป็นแบบจำลองเพื่อใช้ในการอธิบาย

2) **ระบุแนวคิดเริ่มต้นของผู้เรียน (Attending to Students Initial and Unfolding Idea)** เป็นขั้นที่ครูจะดึงความรู้เดิมของนักเรียนออกมาโดยให้นักเรียนสร้างสมมติฐานเบื้องต้นหรือกรอบแนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ๆ ออกมาในรูปของแบบจำลอง

3) **สำรวจตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Investigating Science Ideas In the Classroom)** เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองเบื้องต้นบนพื้นฐานของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่มีอยู่ ครูควรจะต้องปูพื้นฐานเกี่ยวกับแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนก่อนทำกิจกรรมการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นให้นักเรียนลงมือสำรวจตรวจสอบแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นครูถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้ใช้แบบจำลองในการอธิบายแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อน ระหว่าง และหลังการสำรวจตรวจสอบ

4) **อธิบายปรากฏการณ์ (Pressing Explanation)** ครูให้นักเรียนใช้แบบจำลองในการอธิบาย ทฤษฎี เหตุการณ์ กระบวนการ หรือสาเหตุของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ครูควรช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยหลักฐานที่นักเรียนมีอยู่

Baek et al. (2011) ได้เสนอขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ทั้งหมด 8 ขั้นตอน ดังนี้

1) **มอบปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ (Anchoring Phenomena and Central Question)** เป็นขั้นตอนในการสร้างความสนใจให้กับผู้เรียนโดยใช้ปรากฏการณ์ที่พบได้ง่ายในชีวิตประจำวันหรือเป็นปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจ จากนั้นครูใช้คำถามสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแนวความคิดหรือสมมติฐานที่ใช้ในการหาคำตอบ

2) **ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Constructing an Initial Model)** เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละคนสร้างวาดแบบจำลองเริ่มต้นของตนเองจากแนวความคิดหรือสมมติฐานที่ตั้งไว้เพื่อใช้ในการทดสอบหรืออธิบายปรากฏการณ์

3) **ขั้นการสำรวจตรวจสอบจากหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Investigations)** เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้รวมกลุ่มกัน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มแบ่งปันแนวความคิดหรือสมมติฐานของตนเอง จากนั้นร่วมกันวางแผนเพื่อหาแนวทางในการสำรวจตรวจสอบหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อสร้างแบบจำลองที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ ในการวางแผนนักเรียนแต่ละคนจะแบ่งปันสิ่งที่สังเกตเห็นจากการทดลอง วิเคราะห์รูปแบบที่ค้นพบ และอธิบายผลการทดสอบที่สัมพันธ์กับแบบจำลองที่สร้างขึ้น

4) **ขั้นการแนะนำแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง (Scientific Ideas and Computer Simulations)** คือขั้นตอนของการเชื่อมโยงแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์หรือแบบจำลองที่ไม่สามารถเข้าถึงได้จากการสำรวจตรวจสอบจากหลักฐานเชิงประจักษ์ อาจเป็นการนำเสนอผ่านข้อความ คำพูดของครู หรือสถานการณ์จำลองในคอมพิวเตอร์ โดยให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสถานการณ์จำลองที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จำลอง

5) **การประเมินและแก้ไขแบบจำลอง (Evaluating and Revising the Model)** เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละคนประเมินและแก้ไขแบบจำลองภายใต้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบและแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากสถานการณ์จำลอง

6) **การประเมินแบบจำลองโดยเพื่อนในกลุ่ม (Peer Evaluation)** เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแบบจำลองของตนเองให้กับเพื่อนภายในกลุ่ม โดยเพื่อนภายในกลุ่มจะเป็น

ผู้ให้ผลสะท้อนกลับเกี่ยวกับแบบจำลองที่นักเรียนแต่ละคนสร้างขึ้น ในขั้นตอนนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่ม จะมีการกำหนดเกณฑ์สำหรับการประเมินแบบจำลอง

7) การสร้างแบบจำลองเอกฉันท์ (Constructing a Consensus Model) เป็นขั้นตอน ที่ให้นักเรียนแต่ละคนหรืออาจเป็นตัวแทนของกลุ่มนำเสนอแบบจำลองของตนเองกับเพื่อนทั้งชั้นเรียน โดยระหว่างที่เพื่อนนำเสนอ นักเรียนสามารถเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเองกับของเพื่อนคนอื่น จากนั้นให้นักเรียนทุกคนนำลักษณะสำคัญของแบบจำลองของเพื่อนแต่ละคนมาวาดเป็นแบบจำลอง เอกฉันท์ซึ่งเป็นผลมาจากมติของนักเรียนทุกคนในชั้นเรียน

8) การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์ (Using the Model to Predict or Explain Related Phenomena) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนใช้แบบจำลองเอกฉันท์ ในการทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรืออาจให้นักเรียนกำหนดจุดแข็ง และข้อจำกัด ของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการแก้ไขครั้งต่อไป

Ying-Chih et al. (2016) ได้นำเสนอขั้นตอนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนา ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Science negotiation pedagogy) ไว้ 6 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นสร้างคำถามนำทาง (Develop a Driving Question)

เป็นขั้นตอนที่ครูต้องใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถามเพื่อใช้นำทางในการ สืบสอบหาความรู้ คำถามควรเริ่มต้นด้วยคำว่าทำไม อย่างไร หรือ ปัจจัยอะไรที่ส่งผลให้เกิด เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิดให้มากที่สุด จากนั้นให้นักเรียนรวมกลุ่มและระดมความคิด แบ่งปันคำถามและเลือกคำถามนำทางของห้อง 1 คำถาม ซึ่งคำถามที่ดีจะมีประสิทธิภาพในการทำให้นักเรียนสืบเสาะ วิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายข้อมูลได้

2) ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของกลุ่ม (Construct a Tentative Model in Groups)

วัตถุประสงค์หลักของขั้นตอนนี้คือสร้างแบบจำลองที่สามารถเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ได้ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับชุดกิจกรรมที่ประกอบด้วยคู่มือที่ระบุคำถามนำ คำอธิบายในการ ทำกิจกรรมตลอดจนวัสดุ อุปกรณ์ที่นักเรียนอาจต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง (ดังตารางด้านล่าง) โดยนักเรียนอาจคาดการณ์แบบจำลองที่เป็นไปได้และทำการทดสอบแบบจำลองนั้น หน้าที่ของครูคือ พยายามกระตุ้นความคิดของนักเรียนให้นักเรียนอธิบายและชี้แจงเหตุผลในการสร้างแบบจำลอง

โดยครูอาจใช้คำถามเพื่อไล่ลำดับการคิดของนักเรียน เช่น ลูกโป่งแสดงถึงอะไรในระบบหายใจ นักเรียนสามารถอธิบายการทำงานของระบบหายใจโดยใช้แบบจำลองของนักเรียนได้อย่างไร อะไรคือสิ่งที่เด่นที่สุดของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

ตัวอย่างใบอธิบายกิจกรรม

แนวคิดหลัก (Big Idea)	ระบบต่าง ๆ ในร่างกายของมนุษย์ทำงานประสานงานกัน
คำถามนำ	ระบบหายใจทำงานอย่างไร
เป้าหมาย	กลุ่มของนักเรียนจะต้องออกแบบแบบจำลองที่สามารถอธิบายโครงสร้างและการทำงานของระบบหายใจของมนุษย์ นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเพื่อพัฒนาการโต้แย้งของกลุ่มตนเอง นักเรียนจะต้องนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเองและสาธิตแบบจำลองหน้าชั้นเรียน นอกจากนี้นักเรียนจะต้องสร้างข้อกล่าวอ้างที่สัมพันธ์กับคำถามนำและหลักฐานสนับสนุนที่มีอยู่
วัสดุ อุปกรณ์	ขวดน้ำ 2 ลิตร หลอดดูด ดินน้ำมัน ลวด ลูกโป่ง เทป แลป ยาง กรรไกร มีด
ข้อควรระวัง	เนื่องจากนักเรียนใช้กรรไกรในการตัดขวดน้ำ นักเรียนทุกคนจึงควรสวมแว่นตาเพื่อป้องกันดวงตาในขณะที่สร้างแบบจำลอง

3) สร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม (Construct A Tentative Argument In Groups)

ขั้นตอนนี้ออกแบบมาเพื่อดึงคุณนักเรียนในการใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบไปด้วยข้อกล่าวอ้าง (Claim) และหลักฐาน (Evidence) สิ่งที่สำคัญในขั้นตอนนี้คือนักเรียนสามารถใช้หลักฐานที่ถูกต้องซึ่งประกอบด้วยข้อมูลกับเหตุผลจากแบบจำลองในการโต้แย้ง โดยข้อมูลอาจเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพหรือข้อมูลเชิงปริมาณก็ได้

ตัวอย่างใบกิจกรรม

คำถาม : ระบบหายใจของมนุษย์ทำงานอย่างไร

ข้อกล่าวอ้าง : ข้อสรุปอะไรที่นักเรียนสามารถสร้างจากแบบจำลองของนักเรียน

มั่นใจว่าข้อกล่าวอ้างของนักเรียนสัมพันธ์กับแนวคิดหลัก ตอบคำถามคำถามนำได้ และมาจากแบบจำลองของนักเรียนเอง สร้าง 1 ประโยคซึ่งนำไปสู่หลักฐานของนักเรียน

หลักฐาน : คุณรู้ได้อย่างไร ทำให้ข้อกล่าวอ้างของตนเองชัดเจนขึ้น โดยให้ข้อมูลและเหตุผลจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น

พยายามโน้มน้าวใจผู้อ่านว่าแบบจำลองของนักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์และตอบสนองต่อคำถามนำได้อย่างไร นักเรียนจะต้องสร้างความเชื่อมโยงกับแนวคิดหลัก ประสบการณ์ในชั้นเรียน การสืบเสาะหาความรู้ และทรัพยากรอื่น ๆ นอกห้องเรียน พยายามอย่าตั้งข้อสังเกตในการทดลองใหม่ คำอธิบายของนักเรียนควรมุ่งเน้นไปที่สาเหตุและวิธีการทำงานของระบบโดยอาจใช้รูปภาพ คณิตศาสตร์ หรือ กราฟิกเพื่ออธิบายแนวคิดของนักเรียน

ครูสามารถตรวจสอบความคืบหน้าในงานของนักเรียนโดยใช้คำถาม เช่น หลักฐานอะไรจากแบบจำลองของนักเรียนที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปอดและทรวงอกได้ หรือหลักฐานใดที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของคุณ ในขั้นตอนนี้ครูจะต้องพยายามหาจุดแข็งและจุดอ่อนของแบบจำลองและข้อกล่าวอ้างและหลักฐานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม และครูต้องไม่แก้ไขและปรับเปลี่ยนแบบจำลองของนักเรียนแต่ควรใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการคิดด้วยตนเอง เช่น แบบจำลองของนักเรียนมีส่วนไหนบ้างที่ยังทำให้

เพื่อนสับสนหรือสงสัย ในขั้นนี้บทบาทหลักของครูคือเพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลอง ข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานที่พวกเขามีได้อย่างถูกต้อง

4) **ชั้นนำเสนอแบบจำลองและสร้างข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น แก้ไขแบบจำลองและข้อโต้แย้งผ่านการอภิปราย (Negotiate Models and Arguments in a Whole-Class Discussion. Revise Models and Arguments through Negotiation)**

ขั้นตอนนี้ครูต้องพยายามสร้างสภาพแวดล้อมในการอภิปราย โดยให้นักเรียนสามารถแบ่งปัน อภิปราย ชักชวนและร่วมมือกับเพื่อนเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับแนวความคิดหลัก นักเรียนต้องนำเสนอแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตนเองกับเพื่อนร่วมชั้นและรับฟังข้อเสนอจากกลุ่มอื่น ๆ วิธีการนี้จะทำให้นักเรียนได้ทราบถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตนเอง เพื่อนำไปสู่การแก้ไขในครั้งต่อไป ครูมีบทบาทสำคัญในการอำนวยความสะดวกและสร้างบรรยากาศให้นักเรียนมีการอภิปรายกันในชั้นเรียน ในขั้นนี้อาจต้องใช้เวลาหลายรอบในการให้นักเรียนทบทวน แก้ไข และเจรจาต่อรองภายในกลุ่มเล็ก และเพื่อนทั้งชั้นเรียน

5) **ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ (Consult the Experts)**

ขั้นตอนนี้ออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสเปรียบเทียบแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตนเองกับแบบจำลองของผู้เชี่ยวชาญ โดยนักเรียนจะได้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลภายในและแหล่งข้อมูลภายนอก แหล่งข้อมูลภายในคือสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้น เช่น ข้อมูล หลักฐาน แบบจำลอง การเขียน ตัวอย่าง หรือวิดีโอ ซึ่งสามารถเก็บได้จากห้องเรียน แหล่งข้อมูลภายนอกคือสิ่งที่สามารถหาได้จากนอกห้องเรียน เช่น อินเทอร์เน็ต หนังสือพิมพ์ หรือวิทยากรผู้เชี่ยวชาญ

6) การสะท้อนคิดผ่านการเขียนส่วนบุคคล (Reflect through Individual Writing)

การเขียนสะท้อนคิดเมื่อสิ้นสุดหน่วยการเรียนรู้ได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือที่มีแนวโน้มว่าสามารถทำให้เข้าถึงความเข้าใจของนักเรียน การเขียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ของนักเรียน การเขียนในขั้นตอนนี้จะช่วยให้นักเรียนแต่ละคนสามารถสะท้อนความคิดที่เปลี่ยนไปเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ประสบการณ์อะไรที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้น ตลอดจนประสบการณ์การเรียนรู้ที่นักเรียนจากกิจกรรม ในขั้นตอนนี้ นักเรียนมีโอกาสที่จะได้ทบทวนแบบจำลองและข้อโต้แย้งทั้งหมดของหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งคล้ายกับการที่นักวิทยาศาสตร์แสดงความรู้ความชำนาญในหัวข้อของการอภิปรายผลในงานวิจัย ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงสามารถเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้โดยไม่ต้องแยกสอน ในขั้นตอนนี้ครูสามารถประเมินความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนได้โดยใช้เกณฑ์ดังตารางต่อไปนี้

	ระดับ 1 : น้อย	ระดับ 2 : ปานกลาง	ระดับ 3 : เชี่ยวชาญ
ความเหมาะสมของข้อกล่าวอ้างและแบบจำลอง	คำกล่าวอ้างและแบบจำลองมีความเหมาะสมทางวิทยาศาสตร์	ทำให้ข้อกล่าวอ้างที่เหมาะสมทางวิทยาศาสตร์ ค่อนข้างใกล้เคียงกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น	ทำให้ข้อกล่าวอ้างที่เหมาะสมทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งใกล้เคียงกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น
คุณภาพของหลักฐาน	คำอธิบายประกอบด้วยหลักฐานกับเหตุผลเล็กน้อย และมีการตีความข้อมูลเล็กน้อย	คำอธิบายประกอบด้วย ข้อมูลที่มีรูปแบบการให้เหตุผลและมีการตีความข้อมูลที่สามารถระบุที่มาได้	คำอธิบายมีการวิเคราะห์และตีความอย่างรอบคอบ มีการให้เหตุผลจากข้อมูลแบบจำลอง และข้อมูลภายนอกกับข้อมูลภายในที่น่าเชื่อถือ
ความสอดคล้องของคำถาม ข้อกล่าวอ้าง	คำถาม ข้อกล่าวอ้างแบบจำลอง และหลักฐานมีความเชื่อมโยงกันน้อย	คำถาม ข้อกล่าวอ้างแบบจำลอง และหลักฐานมีความเชื่อมโยงกัน	หลักฐานให้ความแม่นยำ ในการตอบคำถาม และสอดคล้องกับแบบจำลองและข้อกล่าวอ้าง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับลำดับชั้นในการสอนโดยใช้แบบจำลอง เป็นฐานพบว่าได้มีนักศึกษาระบุขั้นตอนของการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้แตกต่างกัน โดยสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการสอนกับขั้นตอนของการพัฒนา แบบจำลองของนักเรียน ได้ดังตารางที่ 6



ตารางที่ 6 เปรียบเทียบขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักการศึกษา	
ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง	<p>Schwarz et al. (2009)</p> <p>Braten & Windschitl (2011)</p> <p>Baek et al. (2011)</p> <p>Chen et al. (2016)</p>
1. การสร้างแบบจำลอง (Model Construction)	<p>1) มอบบปรากฏการณ์</p> <p>2) สร้างแบบจำลอง</p> <p>1) เลือกแนวคิดสำคัญและทำให้อยู่ในรูปของแบบจำลอง</p> <p>2) ระบุแนวคิดเริ่มต้นของผู้เรียน</p> <p>1) มอบบปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ</p> <p>2) ขึ้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น</p> <p>1) สร้างคำถามนำทาง</p> <p>2) สร้างแบบจำลองเบื้องต้น</p>
2. การใช้แบบจำลอง (Model Use)	<p>3) ทดสอบแบบจำลอง</p> <p>5) ทดสอบแบบจำลองกับแนวความคิดอื่น</p> <p>3) สสำรวจตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์</p> <p>4) อธิบายปรากฏการณ์ (pressing explanation)</p> <p>3) ขึ้นการสำรวจตรวจสอบจากหลักฐานเชิงประจักษ์</p> <p>4) ขึ้นการแนะนำแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง</p> <p>3) สร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม</p> <p>4) ขึ้นนำเสนอแบบจำลองและสร้างข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้นแก้ไขแบบจำลองและข้อโต้แย้งผ่านการอภิปราย</p>

นักการศึกษา

ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง	Schwarz et al. (2009)	Braaten & Windschitl (2011)	Chen et al. (2016)
3. การประเมินแบบจำลอง (Model Evaluate)	4) ประเมินแบบจำลอง	4) ขึ้นการแนะนำแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง	5) ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ 6) การสะท้อนคิดผ่านการเขียนส่วนบุคคล
4. การปรับเปลี่ยนแบบจำลอง (Model Revision)	6) แก้ไขแบบจำลอง 7) ใช้แบบจำลองในการทำนายหรืออธิบาย	5) การประเมินและแก้ไขแบบจำลอง 6) การประเมินแบบจำลองโดยเพื่อนในกลุ่ม 7) การสร้างแบบจำลองเอกฉันท์ 8) การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายปรากฏการณ์	

จากตารางวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการสอนกับขั้นตอนของการพัฒนาแบบจำลองของนักเรียนพบว่านักวิชาการได้นำเสนอขั้นตอนการสอนที่คล้ายคลึงกัน แต่อย่างไรก็ตาม Ying-Chih et al. (2016) ได้เพิ่มเติมขั้นตอนการสอนสะท้อนคิดผ่านการเขียนส่วนบุคคลในขั้นตอนการสอนซึ่งแตกต่างจากนักวิชาการท่านอื่น โดย Ying-Chih et al. (2016) ได้กล่าวว่า การให้นักเรียนได้เขียนสะท้อนคิดเมื่อสิ้นสุดบทเรียนจะทำให้ให้นักเรียนได้ทบทวนแบบจำลองและข้อโต้แย้งทั้งหมดของบทเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ Osborne, Simon, & Erduran (2004) ที่กล่าวว่า การกำหนดกรอบการเขียนโต้แย้งเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการฝึกให้นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งเนื่องจากการสร้างข้อโต้แย้งที่ดี นักเรียนควรได้รับคำแนะนำและการสนับสนุนจากครูในเบื้องต้น และการใช้กรอบการเขียนจะเป็นลักษณะที่ครูมีโครงร่างไว้ให้นักเรียนสามารถเติมสิ่งที่นักเรียนคิดเห็นลงไปได้ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าขั้นตอนการสอนของ Ying-Chih et al. (2016) สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนได้

2.2.10 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับขั้นตอนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Ying-Chih et al. (2016) สามารถนำมาวิเคราะห์บทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1) สร้างคำถามนำทาง	(1) กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในปรากฏการณ์ที่ต้องการให้ผู้เรียนศึกษา (2) ใช้คำถามสำคัญที่ทำให้ นักเรียนเกิดการตั้งคำถามนำทางที่มีประสิทธิภาพและต้องเป็นคำถามที่ทดสอบได้	(1) ระดมความคิดเพื่อตั้งคำถามนำทาง

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
2) สร้างแบบจำลองเบื้องต้น	(1) กระตุ้นความคิดของนักเรียน ให้นักเรียนอธิบายและชี้แจง เหตุผลในการสร้างแบบจำลอง (2) ใช้คำถามเพื่อต่อยอดลำดับ การคิดของนักเรียน	(1) สร้างแบบจำลองที่สามารถ เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์
3) สร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น ของกลุ่ม	(1) ตรวจสอบความคืบหน้าใน งานของนักเรียนโดยใช้คำถาม (2) พยายามหาจุดแข็งและ จุดอ่อนของแบบจำลองของ นักเรียนแต่ละกลุ่ม	(1) ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือ ในการสร้างข้อโต้แย้งทาง วิทยาศาสตร์ (2) ใช้หลักฐานที่ถูกต้องซึ่ง ประกอบด้วยข้อมูลกับเหตุผล จากแบบจำลองในการโต้แย้ง
4) นำเสนอแบบจำลองและ สร้างข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วม ชั้น แก้ไขแบบจำลองและข้อ โต้แย้งผ่านการอภิปราย	(1) พยายามสร้าง สภาพแวดล้อมในการอภิปราย	(1) แบ่งปัน อภิปราย ชักชวน และร่วมมือกับเพื่อนเพื่อสร้าง ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดหลัก (2) นำเสนอแบบจำลองและ ข้อโต้แย้งของตนเองกับเพื่อน ร่วมชั้น (3) รับฟังข้อเสนอจากกลุ่มอื่น ๆ (4) ปรับแก้แบบจำลองตาม ข้อเสนอแนะของเพื่อน
5) ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ	(1) สร้างบรรยากาศในการ สืบค้นข้อมูล (2) แนะนำ/จัดหาแหล่งข้อมูลที่ น่าเชื่อถือให้นักเรียน (3) นำนักเรียนสรุปทเรียนที่ได้ เรียนรู้	(1) เปรียบเทียบแบบจำลองและ ข้อโต้แย้งของตนเองกับ แหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ (2) ร่วมกันอภิปรายสิ่งที่ได้ เรียนรู้เพื่อสรุปทเรียน
6) การสะท้อนผ่านการเขียน ส่วนบุคคล	(1) สร้างบรรยากาศเพื่อให้ นักเรียนได้ทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้ จากกิจกรรม	(1) สะท้อนความคิดที่เปลี่ยนไป เมื่อเวลาเปลี่ยนไป ประสบการณ์อะไรที่สนับสนุน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	(2) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งเกี่ยวกับแนวคิดหลัก	การเปลี่ยนแปลงเหล่านั้น ตลอดจนประสบการณ์การเรียนรู้ที่นักเรียนได้จากกิจกรรม

2.3 ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Argumentation Ability)

2.3.1 ความสำคัญของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ในการพัฒนาและปรับปรุงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จะนำข้อโต้แย้งมาสนับสนุนแนวคิดใหม่ ๆ โดยข้อกล่าวอ้าง (Claims) หรือหลักฐานที่นำมาสนับสนุนจะถูกวิเคราะห์และประเมินโดยนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ ว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่ผ่านวัฏจักรของกระบวนการวิพากษ์ การปรับปรุง และการประเมินผลซึ่งจะนำไปสู่ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ ดังนั้นการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นกิจกรรมที่สำคัญของสังคมวิทยาศาสตร์และเป็นกิจกรรมที่ทำให้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากองค์ความรู้อื่น ๆ (Grooms et al., 2015; Richard, 2008; Sampson & Gerbino, 2010)

นอกจากนี้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นสะพานเชื่อมระหว่างชุมชนทางวิทยาศาสตร์กับห้องเรียนวิทยาศาสตร์ (Grooms et al., 2015) การสนับสนุนให้นักเรียนสามารถโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้จะสนับสนุนให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่ามีฐานมาจากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ค้นพบ

Sibel, María, & Jiménez (2007) ได้กล่าวถึงความสำคัญของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่าสามารถ...

- (1) สนับสนุนการเข้าถึงองค์ความรู้และความเชี่ยวชาญของนักเรียนและเปิดทางในการสร้างแบบจำลองให้กับนักเรียน
- (2) สนับสนุนให้มีการพัฒนาความสามารถด้านการสื่อสารและการคิดวิเคราะห์
- (3) สนับสนุนให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ดี มีการรู้วิทยาศาสตร์ และเพิ่มความสามารถในการพูดคุยและเขียนภาษาวิทยาศาสตร์
- (4) สนับสนุนให้นักเรียนรู้วัฒนธรรมในการปฏิบัติงานทางด้านวิทยาศาสตร์และพัฒนาเกณฑ์เพื่อประเมินความรู้ของนักเรียนเอง

(5) สนับสนุนให้มีการพัฒนาการให้เหตุผลของนักเรียนโดยเฉพาะการเลือกทฤษฎีที่สนับสนุนบนพื้นฐานของเกณฑ์ที่เป็นเหตุเป็นผล

จากเหตุผลข้างต้นจึงควรต้องพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถและลักษณะนิสัยในการสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2.3.2 ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความหมายของการโต้แย้งพบว่านักการศึกษาได้ให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังนี้

Duschl et al. (2007) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการอภิปรายเชิงตรรกะและเหตุผลโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิดและหลักฐานเชิงประจักษ์

Ruiz Ortega et al. (2015) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์คือ กระบวนการและเครื่องมือพื้นฐานในการร่วมกันสร้างความเข้าใจในแนวคิดหลักผ่านการอภิปรายในชั้นเรียน

Jiménez-Aleixandre et al. (2000) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์คือ กระบวนการในการประเมินและแก้ไขข้อคิดเห็นเพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อโต้แย้งและข้อมูล

Balci & Yenice (2016) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่บุคคลพยายามอธิบายถึงมุมมองและแนวคิดที่แตกต่างโดยใช้การวิเคราะห์เพื่อแสดงให้เห็นความเป็นจริงของสิ่งที่อธิบายผ่านการพูดคุย

Berland (2011) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นบทสนทนาระหว่างบุคคลที่เปรียบเทียบความคิดที่แตกต่างกันเพื่อให้เข้าใจถึงคำถามที่กำลังศึกษาอยู่

Shemwell & Furtak (2010) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์คือการโต้เถียงในมุมมองของตนเองต่อทฤษฎีและข้อกล่าวอ้างโดยอาศัยข้อมูลจากการสังเกตที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์

เอกภูมิ จันทระขันตี (2559) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์คือการที่บุคคลพยายามที่จะสร้าง สนับสนุน คัดค้าน หรือปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง

ทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การยืนยันความถูกต้องและการลงข้อสรุปที่น่าเชื่อถือและได้รับการยอมรับในแวดวงของนักวิทยาศาสตร์

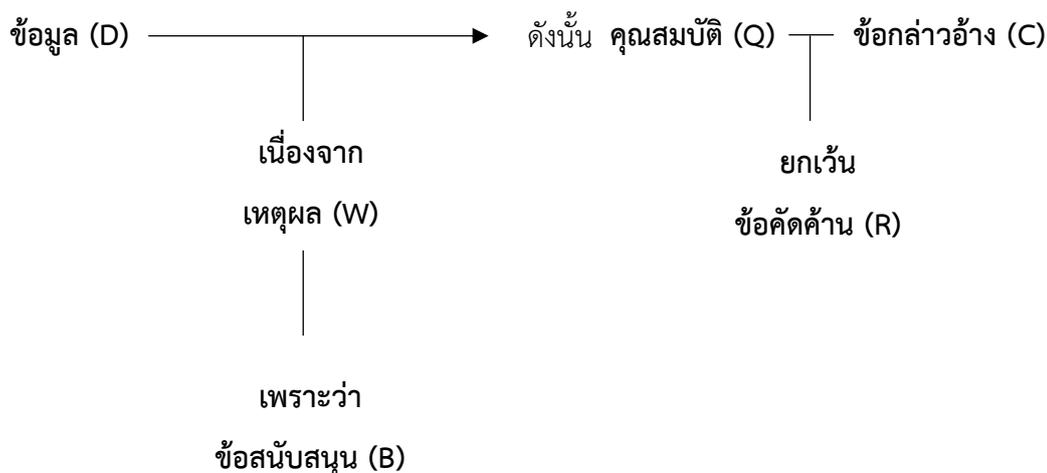
จากข้อความข้างต้นจึงสรุปได้ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือความสามารถของบุคคลในการสร้างข้อกล่าวอ้างที่ประกอบด้วยหลักฐานและเหตุผลที่น่าเชื่อถือในการอธิบายมุมมองที่แตกต่างของตน เพื่อชักชวนให้ผู้อื่นคล้อยตามข้อกล่าวอ้างนั้น

อย่างไรก็ตามการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไม่เหมือนกับการโต้แย้งที่บุคคลใช้ในชีวิตประจำวันโดยการโต้แย้งที่บุคคลใช้ในชีวิตประจำวันเป็นการใช้ความคิดเห็นและประสบการณ์ส่วนบุคคลในการโต้แย้งเพื่อเอาชนะกันและกัน (Duschl et al., 2007; Sampson & Gerbino, 2010)

2.3.3 องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

Toulmin (2003) ได้ระบุองค์ประกอบของการโต้แย้งไว้ 6 องค์ประกอบดังนี้

1. **ข้อกล่าวอ้าง (Claim)** คือ ข้อความที่ใช้ยืนยันการกล่าวอ้างเพื่อโต้แย้ง
2. **ข้อมูล (Data)** คือ ข้อเท็จจริงหรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งอาจเป็นข้อมูลตัวเลข ข้อมูลเชิงพรรณนา ข้อเท็จจริงที่เป็นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างโดยข้อมูลจะได้มาจากการทดลอง การสังเกตหรือการสำรวจ โดยข้อมูลนี้จะทำให้ข้อกล่าวอ้างน่าเชื่อถือ
3. **เหตุผล (Warrant)** คือกฎหรือหลักการที่ใช้เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและข้อกล่าวอ้าง
4. **ข้อสนับสนุน (Backing)** คือข้อสมมติฐานที่ใช้อ้างอิงในการอ้างเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
5. **ความเป็นไปได้ (Qualifier)** คือข้อความที่แสดงถึงเงื่อนไขที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างเป็นจริงและข้อจำกัดของข้อกล่าวอ้าง
6. **ข้อคัดค้าน (Rebuttal)** คือข้อความที่ขัดต่อเหตุผลรอง คุณสมบัติ หรือข้อสนับสนุน



ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของการโต้แย้งตามแนวคิดของ Toulmin (2003) ดัดแปลงมาจาก Hitchcock & Verheij (2006)

Mason & Scirica (2006) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่ามี 3 องค์ประกอบคือ

1. ข้อโต้แย้ง (Argument)
2. ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counterargument)
3. ข้อคัดค้าน (rebuttal)

Berland & McNeill (2010) ได้ร่างกรอบแนวคิดของการนำองค์ประกอบในการโต้แย้งของ Toulmin (2003) มาดัดแปลงเพื่อใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยยึดองค์ประกอบพื้นฐานของการโต้แย้งที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา (K-12 Student) โดยได้ระบุองค์ประกอบดังนี้

1. **ข้อกล่าวอ้าง (Claim)** คือคำตอบสำหรับคำถามหรือปัญหา
2. **หลักฐาน (Evidence)** คือข้อมูล (Data) ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และทำให้ข้อกล่าวอ้างน่าเชื่อถือโดยอาจเป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัดที่นักเรียนสามารถรวบรวมได้ หรือ ข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยผู้อื่น
3. **เหตุผล (Reasoning)** คือสิ่งที่ใช้สนับสนุนและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

4. **ข้อคัดค้าน (Rebuttal)** คือข้อกล่าวอ้างที่อธิบายว่าเพราะเหตุใดข้อกล่าวอ้างก่อนหน้านี้จึงไม่ถูกต้องซึ่งจะต้องใช้หลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุน

โดยองค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กันภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Berland & McNeill ดัดแปลงมาจาก Berland & McNeill (2010)

Lin & Mintzes (2010) ได้ระบุองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่ามีองค์ประกอบทั้งหมด 5 องค์ประกอบ ได้แก่

1. **ข้อกล่าวอ้าง (Claim)** คือข้อยืนยันเกี่ยวกับประเด็นนั้น ๆ
2. **เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant)** คือสิ่งที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างนั้นน่าเชื่อถือ
3. **หลักฐาน (Evidence)** คือข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงซึ่งได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจที่น่าเชื่อถือ โดยหลักฐานจะสนับสนุนเหตุผล ทำให้เหตุผลนั้นน่าเชื่อถือมากขึ้น
4. **ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counterargument)** คือการให้ข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างโดยมีการให้เหตุผลสนับสนุนที่น่าเชื่อถือ
5. **การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive argument)** คือการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปเพื่อทำให้ข้อกล่าวอ้างนั้นมีความน่าเชื่อถือลดลง

Ying-Chih et al. (2016) ได้ระบุองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่ามี องค์ประกอบ 2 ส่วนคือ

1. **ข้อกล่าวอ้าง (Claim)** หมายถึงคำยืนยันที่ตอบสนองข้อสังเกต การวิเคราะห์ หรือปรากฏการณ์ในคำถาม ซึ่งข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ต้องถูกสนับสนุนโดยหลักฐานหลักฐาน (Evidence)
2. **หลักฐาน (Evidence)** คือ การตัดสินที่ประกอบด้วยข้อมูลและเหตุผลเพื่อแสดงว่า เพราะเหตุใดข้อกล่าวอ้างจึงควรได้รับการสนับสนุน หรือหลักฐานนั้นสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร แต่ข้อมูลไม่เหมือนกับหลักฐาน ข้อมูลคือข้อเท็จจริงที่รวบรวมจากการตรวจสอบและการทดลอง **หลักฐาน**คือการตีความข้อมูลเพื่อใช้อธิบายข้อกล่าวอ้าง

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตารางวิเคราะห์องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

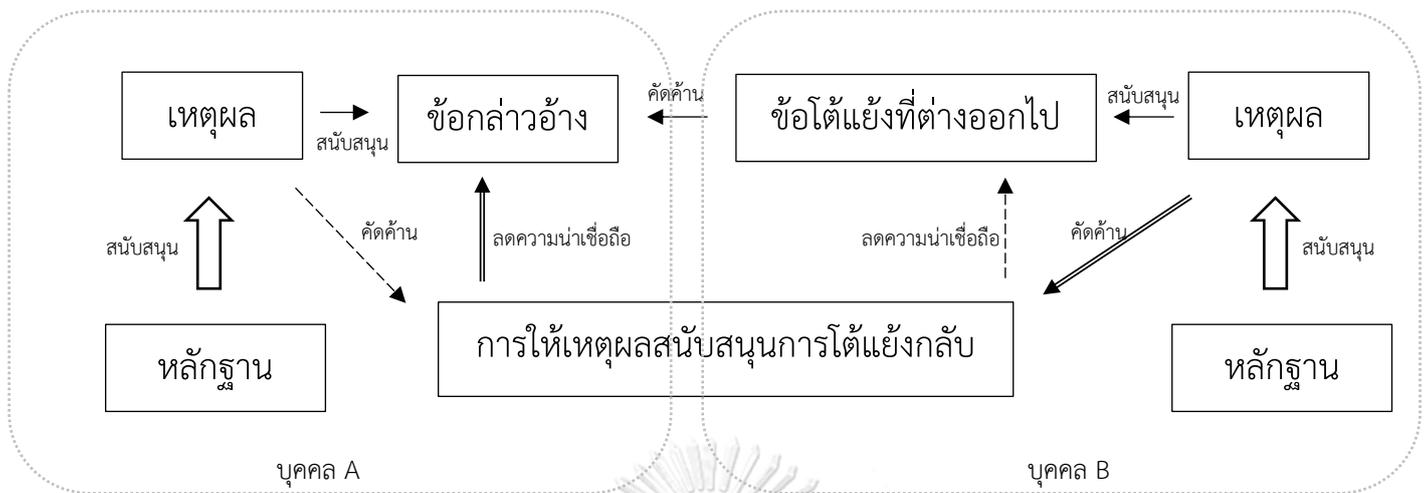
องค์ประกอบ	นักการศึกษา			
	Toulmin (Toulmin, 2003)	Berland & McNeill (Berland & McNeill, 2010)	Mason & Scirica (Mason & Scirica, 2006)	Lin & Mintzes (Lin & Mintzes, 2010)
ข้อกล่าวอ้าง	✓	✓	✓	✓
ข้อมูล	✓			
เหตุผล	✓	✓		✓
ข้อสนับสนุน	✓			
คุณสมบัติ	✓			
ข้อคัดค้าน	✓	✓	✓	
หลักฐาน		✓		✓
ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป			✓	✓
การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ				✓

จากตารางข้างต้นพบว่านักการศึกษาได้ระบุองค์ประกอบของการโต้แย้งไว้แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาตามที่นิยามพบว่าบางองค์ประกอบของการโต้แย้งมีนิยามที่คล้ายกัน ได้แก่ ข้อมูล (Data) และ เหตุผล (Warrant) โดย Toulmin (2003) ให้ความหมายของคำว่า ข้อมูล หมายถึงข้อเท็จจริงหรือหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างและทำให้ข้อกล่าวอ้างน่าเชื่อถือ ส่วน Berland & McNeill (2010) ได้ให้ความหมายของคำว่า เหตุผล หมายถึงสิ่งที่ใช้สนับสนุนและ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างและทำให้ข้อกล่าวอ้างน่าเชื่อถือ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคำว่าข้อมูลและเหตุผลมีนิยามที่ทับซ้อนกันทำให้ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ชัดเจน

อย่างไรก็ตาม Lin & Mintzes (2010) ได้นำคำว่าข้อมูลและเหตุผลรวมเป็นองค์ประกอบ เดียวกันโดยให้ชื่อขององค์ประกอบนี้ว่า เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) และให้นิยามว่า เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) คือสิ่งที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างนั้นน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ องค์ประกอบข้างต้นแล้วยังมีองค์ประกอบที่มีนิยามทับซ้อนกันอีกนั่นคือ ข้อสนับสนุน (Backing) กับหลักฐาน (Evidence) โดย Toulmin (2003) ให้ความหมายของคำว่า ข้อสนับสนุนว่าหมายถึงข้อ สมมติฐานที่ใช้อ้างอิงในการอ้างเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน หมายถึงข้อเท็จจริงที่ ใช้สนับสนุนเหตุผลเพื่อให้เหตุผลนั้นมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าคำว่าข้อสนับสนุนและ เหตุผลคือสิ่งเดียวกัน (Berland & McNeill, 2010; Ying-Chih et al., 2016; Lin & Mintzes, 2010)

นอกจากนี้ Lin & Mintzes (2010) ได้เพิ่มองค์ประกอบ ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counterargument) และการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive argument) เข้ามา ซึ่งมีความหมายคล้ายกับองค์ประกอบ ความเป็นไปได้ (Qualifier) ของ Toulmin (2003) และข้อ คัดค้าน (Rebuttle) ของ Toulmin (2003) และ Berland & McNeill (2010) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อ พิจารณาตามที่นิยามพบว่านิยามของ Lin & Mintzes (2010) มีความชัดเจนมากกว่า

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงใช้องค์ประกอบการโต้แย้งของ Lin & Mintzes (2010) เป็นแนวทางเนื่องจากมีความชัดเจนของนิยามซึ่งจะนำไปสู่การวัดและการสร้างเครื่องมือที่ถูกต้อง โดยองค์ประกอบของการโต้แย้งที่ Lin & Mintzes (2010) ได้ระบุไว้มี 5 องค์ประกอบดังนี้ (1) ข้อกล่าวอ้าง (2) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (3) หลักฐาน (4) ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และ (5) การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ โดยผู้วิจัยได้สรุปความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบ ไว้ดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในการโต้แย้ง

จากภาพที่ 5 อธิบายความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบในการโต้แย้งได้ว่า เมื่อมีประเด็นต่าง ๆ ที่ต้องแสดงความคิดเห็นบุคคล A จะมีข้อยืนยันเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ของตนเอง เรียกว่า ข้อกล่าวอ้าง (Claim) โดยข้อกล่าวอ้างเกิดจากการที่บุคคลมีเหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) ทำให้ข้อกล่าวอ้างน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยเหตุผลดังกล่าวต้องมีหลักฐาน (Evidence) ซึ่งเป็นข้อเท็จจริงซึ่งได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุน และหลักฐานจะเป็นสิ่งที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลกับข้อกล่าวอ้าง แต่หากมีบุคคล B ซึ่งมีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน บุคคล B จะมีการสร้างข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไป (Counterargument) ซึ่งต้องมีเหตุผลและหลักฐานที่น่าเชื่อถือสนับสนุนเช่นเดียวกัน ในระหว่างการโต้แย้งบุคคล A และบุคคล B จะมีการการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive argument) เพื่อทำให้ข้อกล่าวอ้างของอีกบุคคลมีความน่าเชื่อถือลดน้อยลง

Lin & Mintzes (2010) ได้กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับองค์ประกอบในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. สร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้าง
2. สามารถสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปได้ หมายถึง สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างที่ต่างจากของตนเองและให้เหตุผลสนับสนุนได้อย่างถูกต้อง

3. สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้ หมายถึง สามารถโต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่แย้งและให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้
4. สามารถสร้างหลักฐานสนับสนุนได้ หมายถึง สามารถแสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผลได้อย่างถูกต้อง

2.3.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

Osborne et al. (2004) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไว้ดังนี้

1. กระตุ้นโดยใช้คำถามของครู (arguing prompts)

เป็นแนวทางการพัฒนาโดยอาศัยการใช้คำถามของครูเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการโต้แย้งออกมา ตัวอย่างคำถามที่ควรใช้ เช่น ทำไมนักเรียนถึงคิดเช่นนั้น อะไรคือเหตุผลที่ทำให้นักเรียนคิดแบบนั้น นักเรียนคิดว่าจะมีบุคคลที่คิดต่างจากนักเรียนอีกหรือไม่ นักเรียนรู้ได้อย่างไร อะไรคือหลักฐาน เป็นต้น

2. การใช้กรอบการเขียน (Writing frames)

เป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการฝึกให้นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้ง เนื่องจากการสร้างข้อโต้แย้งที่ดี นักเรียนควรได้รับคำแนะนำ และการสนับสนุนจากครูในเบื้องต้น การใช้กรอบการเขียนจะเป็นลักษณะที่ครูมีโครงร่างไว้ให้นักเรียนสามารถเติมสิ่งที่นักเรียนคิดเห็นลงไปได้ ตัวอย่างเช่น

การโต้แย้งของฉัน
ความคิดของฉันคือ
เหตุผลของฉันคือ
ข้อโต้แย้งที่แตกต่างจากของฉันคือ
ฉันจะโน้มน้าวผู้อื่นด้วย
หลักฐานที่ฉันจะใช้โน้มน้าวพวกเขาคือ

3. การใช้บทบาทสมมติ (Role-play)

เป็นแนวทางการพัฒนาที่ครูให้นักเรียนได้สวมบทบาทในสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น โดยนักเรียนต้องแสดงออกตามความรู้สึกนึกคิดของตนเอง แนวทางนี้จะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้การเอาใจเขามาใส่ใจเรา เกิดความเข้าใจตนเองและผู้อื่น สิ่งสำคัญในการใช้บทบาทสมมติคือสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้นควรเป็นสถานการณ์ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการโต้แย้งและครูต้องกำหนดบทบาทของนักเรียนให้มีความหลากหลาย โดยอาจเป็นทั้งผู้กระทำ ผู้ถูกกระทำ ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย เป็นต้น

4. การอภิปรายกลุ่มย่อย (Small Group Discussion)

เป็นแนวทางการพัฒนาที่ครูจะมีการจัดนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ประมาณ 4-8 คน จากนั้นให้นักเรียนในกลุ่มมีการพูดคุย นำเสนอ แลกเปลี่ยนข้อมูลหรือความคิดเห็นกันภายในกลุ่ม จากนั้นสรุปผลการอภิปรายออกมาเป็นข้อสรุปของกลุ่ม แนวทางนี้เป็นแนวทางที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายมากขึ้นนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการแย้งของนักเรียน เนื่องจากในระหว่างการอภิปรายกลุ่มย่อยนักเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ส่งผลให้เกิดการตั้งคำถามระหว่างนักเรียนและได้ฝึกให้เหตุผลสนับสนุนความคิดของตนเอง

จากข้างต้นสรุปได้ว่าการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสามารถพัฒนาได้จากการใช้คำถามของครู การใช้กรอบการเขียน การใช้บทบาทสมมติ และการอภิปรายกลุ่ม ซึ่งแนวทางการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้กล่าวมาสอดคล้องกับขั้นตอนการสอนที่ Ying-Chih et al. (2016) ได้นำเสนอคือ

- 1) **ขั้นสร้างคำถามนำทาง** สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนผ่านการใช้คำถามของครูเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการโต้แย้งออกมา โดยคำถามควรเริ่มต้นด้วยคำว่าทำไมหรืออย่างไร
- 2) **ขั้นสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม** ชี้นำเสนอแบบจำลองและสร้างข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น แก่ไขแบบจำลองและข้อโต้แย้งผ่านการอภิปราย สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนผ่านการอภิปรายกลุ่มย่อย โดยครูต้องพยายามสร้างสภาพแวดล้อมในการอภิปราย โดยให้นักเรียนสามารถแบ่งปัน

อภิปราย ชักชวนและร่วมมือกับเพื่อนเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับแนวความคิดหลัก ในขั้นตอนนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายมากขึ้นนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการแย้งของนักเรียน เนื่องจากในระหว่างการอภิปรายกลุ่มย่อยนักเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ส่งผลให้เกิดการตั้งคำถามระหว่างนักเรียนและได้ฝึกให้เหตุผลสนับสนุนความคิดของตนเอง

- 3) **ขั้นการสะท้อนผ่านการเขียนส่วนบุคคล** สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนผ่านการใช้กรอบการเขียน แนวทางนี้ช่วยให้นักเรียนแต่ละคนสามารถสะท้อนความคิดที่เปลี่ยนไปเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ประสพการณ์อะไรที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้น ตลอดจนประสพการณ์การเรียนรู้ที่นักเรียนจากกิจกรรม ในขั้นนี้ นักเรียนมีโอกาสที่จะได้ทบทวนแบบจำลองและข้อโต้แย้งทั้งหมดของหน่วยการเรียนรู้

จากเหตุผลข้างต้นขั้นตอนการสอนของ Ying-Chih et al. (2016) จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นขั้นตอนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในรายวิชาชีววิทยา

2.3.5 แนวทางการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

Lin & Mintzes (2010) ได้สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการเขียนเชิงโต้แย้งของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์กับสังคมซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ โดย ใช้คำถามดังนี้

ข้อที่ 1 นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับประเด็นดังกล่าว และเพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น (ประเมินความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)

ข้อที่ 2 หากมีคนที่ไม่เห็นด้วยกับความคิดเห็นในคำถามข้อที่ 1 ของนักเรียน เขาน่าจะมีเหตุผลอะไรที่ทำให้เขาคิดเช่นนั้น (ประเมินความสามารถสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป)

ข้อที่ 3 นักเรียนจะโน้มน้าวคนที่ไม่เห็นด้วยกับนักเรียนอย่างไร อะไรคือเหตุผลที่นักเรียนใช้โน้มน้าวบุคคลนั้น (ประเมินความสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ)

ข้อที่ 4 หากนักเรียนต้องใช้หลักฐานสนับสนุนข้อคิดเห็นของตนเองในข้อที่ 1 หรือ 3 นักเรียนจะใช้หลักฐานอะไร (ประเมินความสามารถในการสร้างหลักฐานสนับสนุน)

โดยคำถามในแต่ละข้อมีเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้

ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Lin & Mintzes (2010)

ประเด็นที่วัด	กลุ่มของคำตอบ	คะแนน
1. การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	- ไม่มีคำตอบหรือให้ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลรองรับผิด	0
	- ให้ข้อกล่าวอ้างแต่ไม่มีเหตุผลสนับสนุน	+1
	- ให้ข้อกล่าวอ้างและมีเหตุผลสนับสนุน	+1 สำหรับแต่ละเหตุผลรองรับ
2. การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	- ไม่มีคำตอบหรือเหตุผลสนับสนุนไม่ถูกต้อง	0
	- ให้เหตุผลได้ถูกต้อง	+1 สำหรับแต่ละเหตุผลสนับสนุน
3. การให้เหตุผลสนับสนุนการแย้งกลับ	- ไม่มีคำตอบหรือไม่มีเหตุผลที่ถูกต้อง	0
	- ขยายความและมีเหตุผลที่ถูกต้อง (เปรียบเทียบกับคำถามข้อที่1)	+1 สำหรับการขยายความแต่ละข้อ
	- มีการอธิบายเสริมและมีเหตุผลถูกต้อง (เปรียบเทียบกับคำถามข้อที่1)	+1 สำหรับการอธิบายเสริมแต่ละข้อ
4. การสร้างหลักฐานเพื่อใช้ในการโต้แย้ง	- ไม่มีคำตอบหรือหลักฐานไม่ถูกต้อง	0
	- หลักฐานถูกต้อง	+1 สำหรับแต่ละหลักฐาน

นอกจากนี้ Lin & Mintzes (2010) ได้ทำการสัมภาษณ์เพื่อวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มเติมผ่านแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยมีข้อคำถามหลัก 4 ข้อ ดังนี้

(1) ให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับสิ่งที่เขียนในข้อที่ 1

(ข้อที่ 1 นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับประเด็นดังกล่าว และเพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น)

- (2) ให้นักเรียนอธิบายเหตุผลเพิ่มเติมจากข้อที่ 2 หากเพื่อนบางคนไม่เห็นด้วยกับนักเรียน และนักเรียนคิดว่าทำไมเขาถึงไม่เห็นด้วย
(ข้อที่ 2 หากมีคนที่ไม่เห็นด้วยกับความคิดเห็นในคำถามข้อที่ 1 ของนักเรียน เขาน่าจะมีเหตุผลอะไรที่ทำให้เขาคิดเช่นนั้น)
- (3) นักเรียนจะมีวิธีโน้มน้าวเพื่อนที่ไม่เห็นด้วยอย่างไร
- (4) ให้นักเรียนยกตัวอย่างหลักฐานที่สนับสนุนเพิ่มเติมจากที่เขียนไว้ ในข้อที่ 1 หรือ ข้อที่ 3
(ข้อที่ 3 นักเรียนจะโน้มน้าวคนที่ไม่เห็นด้วยกับนักเรียนอย่างไร อะไรคือเหตุผลที่นักเรียนใช้โน้มน้าวบุคคลนั้น)

Ying-Chih & Joshua (2014) ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงานการเขียนโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในวิชาชีววิทยาเรื่องระบบย่อยอาหารโดยแบ่งความสามารถออกเป็น 3 ระดับคือระดับน้อย ระดับมาตรฐาน และระดับที่สามารถใช้เป็นตัวอย่างที่ดีได้โดยในแต่ละระดับมีเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

ตารางที่ 10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Ying-Chih & Joshua (2014)

ประเด็นที่วัด	คะแนน		
	น้อย (Limited)	มาตรฐาน (Basic)	เป็นตัวอย่างที่ดี (Exemplary)
1. สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง	การให้ข้อกล่าวอ้างไม่สมบูรณ์มีข้อมูลน้อยหรือข้อมูลไม่ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์	การให้ข้อกล่าวอ้างสมบูรณ์มีความสัมพันธ์กับการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ยังมีความสับสน	การให้ข้อกล่าวอ้างสมบูรณ์มีความสัมพันธ์กับการวิเคราะห์ข้อมูล
2. สามารถระบุหลักฐานสนับสนุนที่มีคุณภาพได้	หลักฐานเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่ไม่ผ่านการวิเคราะห์	หลักฐานมีการใช้ข้อมูลที่เป็นจุดสำคัญแต่ข้อมูลยังไม่สามารถอธิบายข้อกล่าวอ้างได้สมบูรณ์	หลักฐานมีการใช้ข้อมูลที่เป็นจุดสำคัญและสามารถอธิบายข้อกล่าวอ้างได้ครบถ้วน
3. สามารถระบุข้อกล่าวอ้างและแนวคิดรวบยอดให้สัมพันธ์กับคำถามได้	ข้อกล่าวอ้างไม่สัมพันธ์กับคำถาม	ข้อกล่าวอ้างสัมพันธ์กับคำถามแต่ไม่สัมพันธ์กับความคิดรวบยอด	ข้อกล่าวอ้างและแนวคิดรวบยอดให้สัมพันธ์กับคำถาม

ประเด็นที่วัด	คะแนน		
	น้อย (Limited)	มาตรฐาน (Basic)	เป็นตัวอย่างที่ดี (Exemplary)
4. สามารถสร้างหลักฐานให้สัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างได้	หลักฐานไม่สัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้าง	หลักฐานสามารถอธิบายข้อกล่าวอ้างได้แต่ไม่สมบูรณ์	หลักฐานสามารถอธิบายข้อกล่าวอ้างได้สมบูรณ์

Ogan-Bekiroglu & Belek (2014) ได้ทำการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยสร้างใบกิจกรรมและเกณฑ์ในการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาครูฟิสิกส์ เรื่องดีถีของดวงจันทร์ (Moon Phase) ผ่านใบกิจกรรมดังภาพที่ 6



ความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดจันทรุปราคาของนักเรียน 3 คน

จันทรุปราคาเกิดขึ้นเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ระหว่างโลกกับดวงจันทร์

John

จันทรุปราคาเกิดขึ้นเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ระหว่างโลกกับดวงจันทร์

Jasmine

จันทรุปราคาเกิดขึ้นเมื่อดวงจันทร์อยู่ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์

Daphne

A) จากความเข้าใจของนักเรียนทั้ง 3 คนข้างต้นนักเรียนคนใดที่มีความเข้าใจถูกต้อง และเพราะอะไร (ทำเดี่ยว)

B) อภิปรายความคิดเห็นของตนเองกับเพื่อนภายในกลุ่ม (ทำเป็นกลุ่ม)

C) ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการอภิปราย

D) แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถช่วยในการอธิบายการเกิดจันทรุปราคาได้หรือไม่ ถ้าไม่สามารถใช้อธิบายได้นักเรียนจะแก้ไขแบบจำลองอย่างไร

E) แบ่งปันแนวคิดของตนเองกับกลุ่ม

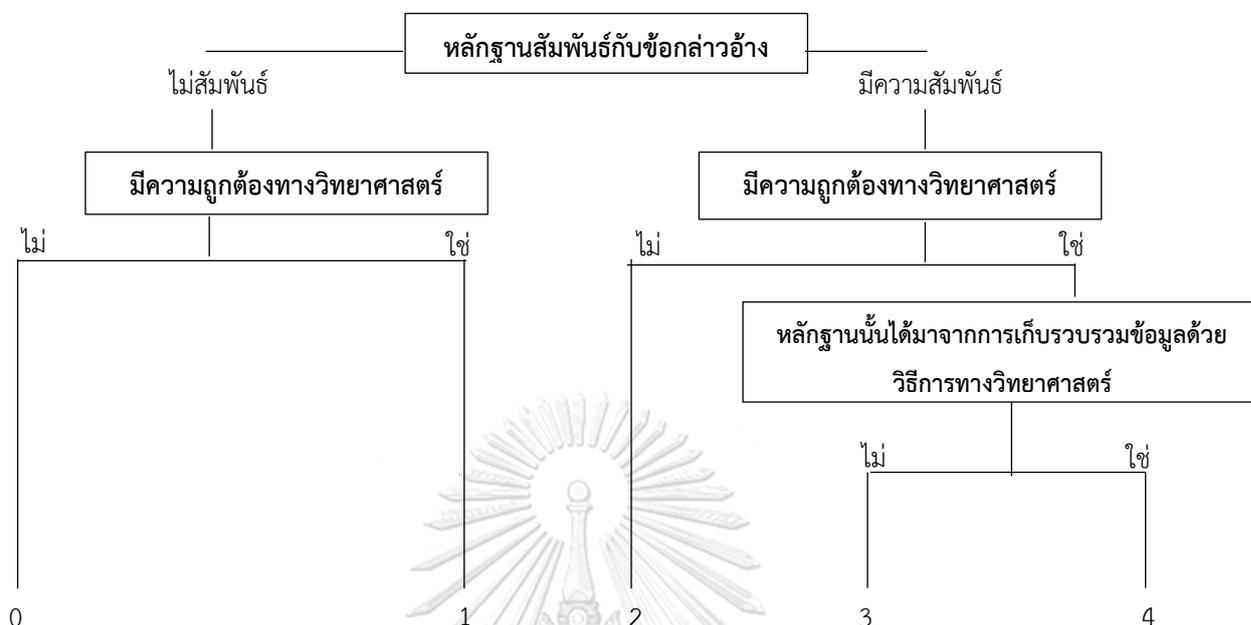
F) เมื่ออภิปรายกลุ่มเสร็จแล้วนักเรียนเปลี่ยนแนวคิดของตัวเองหรือไม่ ถ้าเปลี่ยน เปลี่ยนอย่างไร

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 6 ใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง เรื่องดิถีของดวงจันทร์

ดัดแปลงมาจาก Ogan-Bekiroglu & Belek (2014)

จากใบกิจกรรมข้างต้นสามารถประเมินหลักฐานที่ใช้สนับสนุนโดยใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้



จากเกณฑ์ข้างต้นสามารถสรุปคะแนนได้ดังนี้

1. นักเรียนจะได้ 0 คะแนน เมื่อหลักฐานที่นักเรียนอ้างถึงไม่สัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างและ
ไม่มีความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์
2. นักเรียนจะได้ 1 คะแนน เมื่อหลักฐานที่นักเรียนอ้างถึงไม่สัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้าง
แต่มีความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์
3. นักเรียนจะได้ 2 คะแนน เมื่อหลักฐานที่นักเรียนอ้างถึงสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างแต่
ไม่มีความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์
4. นักเรียนจะได้ 3 คะแนน เมื่อหลักฐานที่นักเรียนอ้างถึงสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้าง
มีความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ แต่หลักฐานนั้นไม่ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วย
วิธีการทางวิทยาศาสตร์
5. นักเรียนจะได้ 4 คะแนน เมื่อหลักฐานที่นักเรียนอ้างถึงสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้าง
มีความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ และหลักฐานนั้นได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วย
วิธีการทางวิทยาศาสตร์

Frey et al. (2015) ได้สร้างแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับนิยามขององค์ประกอบในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ความเข้าใจเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น และข้อมูล

ข้อคำถาม	ประเภทขององค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
1. เสียงคือคลื่นกล	ข้อกล่าวอ้าง ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ข้อมูล
2. ยาสีฟันคอนเกตสามารถเพิ่มความหนาของสารเคลือบฟันได้	ข้อกล่าวอ้าง ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ข้อมูล
3. การรับประทานอาหารประเภทธัญพืชจะทำให้หัวใจแข็งแรง	ข้อกล่าวอ้าง ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ข้อมูล
4. ฉันเชื่อว่าคนขับรถที่เป็นวัยรุ่นไม่ควรใช้มือถือในขณะที่ขับรถ	ข้อกล่าวอ้าง ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ข้อมูล

ภาพที่ 7 แบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับนิยามขององค์ประกอบในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ตามแนวคิดของ Frey et al. (2015)

สุรศักดิ์ เฟวท์ (2559) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในรายวิชาชีววิทยา เรื่องการย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งแบบวัดที่สร้างขึ้นประกอบไปด้วยคำถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ ดังภาพที่ 8

ชื่อ _____	ชั้น _____ เลขที่ _____
<p>แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์</p> <p>คำชี้แจงในการทำแบบวัด</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. แบบวัดนี้มีทั้งหมด 4 ข้อ เวลาที่ใช้ในการสอบ 1 ชั่วโมง 2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบเขียนตอบ ให้นักเรียนเขียนตอบลงในข้อสอบ 3. นักเรียนสามารถนำข้อมูลจากบทความหรือความรู้เดิมนำมาประกอบการตอบคำถาม 4. ให้นักเรียนส่งแบบวัดให้ผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด <hr/> <p>1. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับ “การลดอาหารเพื่อลดน้ำหนัก” จงเขียนอธิบายความคิดเห็นและให้เหตุผลประกอบ</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

ภาพที่ 8 แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ สุรศักดิ์ เฟวท์ (2559)

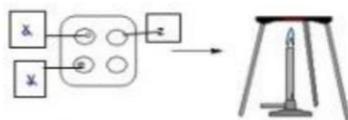
โดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งระดับความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับที่ 1 : ระดับน้อย ระดับที่ 2 : ระดับปานกลาง ระดับที่ 3 : ระดับเชี่ยวชาญ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระดับ	ระดับ 1 : น้อย	ระดับ 2 : ปานกลาง	ระดับ 3 : เชี่ยวชาญ
ความเหมาะสมของข้อกล่าวอ้างและแบบจำลอง	คำกล่าวอ้างและแบบจำลองมีความเหมาะสมทางวิทยาศาสตร์	ทำให้ข้อกล่าวอ้างที่เหมาะสมทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างใกล้เคียงกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น	ทำให้ข้อกล่าวอ้างที่เหมาะสมทางวิทยาศาสตร์ซึ่งใกล้เคียงกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น
คุณภาพของหลักฐาน	คำอธิบายประกอบด้วย	คำอธิบายประกอบด้วยข้อมูลที่มีรูปแบบการให้	คำอธิบายมีการวิเคราะห์และตีความอย่าง

ระดับ	ระดับ 1 : น้อย	ระดับ 2 : ปานกลาง	ระดับ 3 : เชี่ยวชาญ
	หลักฐานกับเหตุผล เล็กน้อยและมีการ ตีความข้อมูล เล็กน้อย	เหตุผลและมีการตีความ ข้อมูลที่สามารถระบุที่มา ได้	รอบคอบ มีการให้เหตุผล จากข้อมูล แบบจำลอง และข้อมูลภายนอกกับ ข้อมูลภายในที่น่าเชื่อถือ
ความสอดคล้องของคำถาม ข้อกล่าวอ้าง แบบจำลอง และหลักฐาน	คำถาม ข้อกล่าวอ้าง แบบจำลอง และ หลักฐานมีความ เชื่อมโยงกันน้อย	คำถาม ข้อกล่าวอ้าง แบบจำลอง และหลักฐาน มีความเชื่อมโยงกัน	หลักฐานให้ความแม่นยำ ในการตอบคำถาม และ สอดคล้องกับแบบจำลอง และข้อกล่าวอ้าง

อัปสร พันธุ์ฤทธิ์ (2560) ได้สร้างข้อสอบเพื่อวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้นักเรียนเขียนอธิบายเพื่อตอบคำถามแสดงการโต้แย้งจากข้อมูล สถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยครอบคลุมมโนคติเรื่อง องค์ประกอบของสารละลาย การละลายของ สาร ในตัวทำละลายต่างชนิดกัน และการละลายของสารต่างชนิดกันในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน จำนวน 3 ข้อ โดยมีตัวอย่างข้อสอบ ดังภาพที่ 9 และใช้เกณฑ์การประเมินซึ่งปรับมาจาก Lin & Mintzes (2010) ดังตารางที่ 11

ข้อสอบข้อที่ 1 ณ คาบเรียนวิทยาศาสตร์ คุณครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลอง โดยนำของเหลว A B และ C อย่างละ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาหยดลงในจานหลุมโลหะแล้วนำไปให้ความร้อน ดังภาพ



เมื่อให้ความร้อนจนกระทั่งของเหลวระเหยหมด เด็กหญิง A ได้สังเกตและบันทึกผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

สารละลาย	สิ่งที่สังเกตได้	
	ก่อนให้ความร้อน	หลังจากให้ความร้อน
X	เป็นของเหลวเนื้อเดียว สีไม่มีสี	มีตะกอนสีขาวเกาะอยู่ที่จานหลุมโลหะ
Y	เป็นของเหลวเนื้อเดียว สีมีสี	มีคราบสีน้ำตาลอมแดงเกาะอยู่ที่จานหลุมโลหะ
Z	เป็นของเหลวเนื้อเดียว สีไม่มีสี	ไม่มีอะไรเหลืออยู่

จากผลการทดลอง เด็กชาย B และเด็กชาย C ได้อภิปรายผลการทดลองของเด็กหญิง A ดังนี้

1. เด็กชาย B บอกว่าของเหลวแต่ละชนิดเป็นสารเนื้อเดียวมีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว
2. เด็กชายซี บอกว่าของเหลวแต่ละชนิด เป็นสารเนื้อเดียวที่มีองค์ประกอบมากกว่า 1 ชนิด

1.1 จากข้อมูลข้างต้นนักเรียน เห็นด้วย กับการอภิปรายของเด็กชาย B หรือ เด็ก C หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

1.2 หลักฐานใดในตารางที่สนับสนุนคำตอบในข้อ 1.1 ของนักเรียน

.....

1.3 นักเรียนจะเสนอเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ใดเพิ่มเติมเพื่อชักจูงให้เพื่อนของนักเรียนเห็นด้วยกับเหตุผลของนักเรียน

.....

1.4 ถ้ามีเพื่อนของนักเรียนไม่เห็นด้วยกับเหตุผลในข้อ 1.2 เนื่องจากเขามีเหตุผลอื่น นักเรียนคิดว่าเหตุผลที่เป็นไปได้ของเขาคืออะไร

.....

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งของ อัสสร พันธุ์ฤทธิ์ (2560)

องค์ประกอบของการโต้แย้ง	ระดับเกณฑ์การประเมิน		
	ระดับต่ำ (0 คะแนน)	ระดับปานกลาง (1 คะแนน)	ระดับสูง (2 คะแนน)
1. ข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีการอธิบายข้อกล่าวอ้าง	มีการอธิบายข้อกล่าวอ้าง และ ระบุผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองได้ สอดคล้องกับหลักฐานบางส่วน	มีการอธิบายข้อกล่าวอ้าง และระบุผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองได้ ถูกต้อง สอดคล้องกับหลักฐาน
2. หลักฐาน	ไม่มีการรวบรวมหรือระบุ หลักฐานที่ได้จากการวัด การสังเกต	ระบุหลักฐานที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล แต่ไม่มีการอธิบายหรือใช้ หลักฐาน ประกอบการอธิบายเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างจากการทดลอง	ระบุหลักฐานที่ได้จากการวัด การสังเกต โดยหลักฐานนั้นสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและมีการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับเหตุผล
3. การให้เหตุผลสนับสนุน การโต้แย้ง	- ไม่มีเหตุผลในการโต้กลับ หรือเหตุผลการโต้กลับไม่ถูกต้องเช่น ระบุตามความคิดเห็นของตัวเองหรือระบุสิ่งที่ไม่สอดคล้องกับคำถาม	มีเหตุผลในการโต้กลับได้ บางส่วน	มีเหตุผลในการโต้กลับที่ถูกต้อง
4. การให้เหตุผลในการโต้กลับ	ไม่มีการให้เหตุผลสนับสนุน หรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง	มีการให้เหตุผลสนับสนุนแต่ไม่สมบูรณ์	มีการให้เหตุผลสนับสนุนที่ ถูกต้อง ตาม หลักวิทยาศาสตร์

Bulgren & Ellis (2012) ได้สร้างเกณฑ์เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับคือ 0 = แย่ (Poor) 1 = ต้องพัฒนา (Need Improvement) 2 = ดีแต่ต้องพัฒนาต่อไป และ 3 = ดีมากใช้เป็นมาตรฐานได้ โดยประเด็นในการประเมินดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เกณฑ์เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามแนวคิดของ Bulgren & Ellis (2012)

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับเกณฑ์การประเมิน			
	0 = ควรปรับปรุง (Poor) และ	1 = ต้องพัฒนา (Need Improvement)	2 = ดีแต่ต้องพัฒนา	3 = ดีมากใช้เป็นมาตรฐานได้
ข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนไม่หาคำตอบ	นักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	นักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างได้บางส่วน	นักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง
หลักฐาน	นักเรียนไม่หาคำตอบ	นักเรียนให้หลักฐานไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนให้หลักฐานสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างบางส่วน	นักเรียนให้หลักฐานสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง
เหตุผล	นักเรียนไม่หาคำตอบ	เหตุผลไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้	เหตุผลสามารถอธิบายความสัมพันธ์กับหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้บางส่วน	เหตุผลสามารถอธิบายความสัมพันธ์กับหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้

Sampson & Gerbino (2010) ได้สร้างแบบสังเกตเพื่อใช้บันทึกกระบวนการกลุ่มของนักเรียน ระหว่างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลทั่วไปในการสังเกต

ครูผู้สอน : _____ โรงเรียน : _____

วิชา : _____ ระดับชั้น : _____

ผู้สังเกต : _____ วันที่สังเกต : _____

ระยะเวลาในการสังเกต : _____

ลักษณะของกลุ่มที่ทำการสังเกต

ขนาดของกลุ่ม 2 3 4 5

6 ขึ้นไป ทั้งห้อง

จำนวนครั้งที่นักเรียนอยู่ในกลุ่มเดิม ไม่เคย 1 2 3

4 ขึ้นไป ไม่ทราบ

เกณฑ์ในการจัดกลุ่ม สุ่ม นักเรียนเลือกเอง คณะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คณะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน:สูง คณะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน:ต่ำ

อื่น ๆ _____

เพศของสมาชิกในกลุ่ม ผู้ชายทั้งหมด ผู้หญิงทั้งหมด ผู้ชายมากกว่าผู้หญิง

ผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย ผู้ชายเท่ากับผู้หญิง

การออกแบบกิจกรรม

- (1) กิจกรรมที่ออกแบบเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการโต้แย้ง
- (2) วิธีการที่ครูสนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้ง

บันทึกเหตุการณ์

(สำหรับจดบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นขณะที่สมาชิกในกลุ่มมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน)

เวลา	รายละเอียดเหตุการณ์
	 <p>จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY</p>

มโนทัศน์และการรับรู้ของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

1. บทสนทนามุ่งเน้นไปที่การสร้างหรือการตรวจสอบ ข้อกล่าวอ้างหรือคำอธิบาย	0	1	2	3
	ไม่เคยเลย	ครั้งเดียว หรือสองครั้ง	บ่อยครั้ง	เป็นประจำ
ข้อคิดเห็น :				
2. สมาชิกในกลุ่มมีการค้นหาและอภิปรายข้อกล่าว อ้างหรือคำอธิบาย	0	1	2	3
	ไม่เคยเลย	ครั้งเดียว หรือสองครั้ง	บ่อยครั้ง	เป็นประจำ
ข้อคิดเห็น :				
3. สมาชิกมีการแก้ไขข้อกล่าวอ้างหรือคำอธิบายของ พวกเขาเมื่อสังเกตเห็นความไม่สอดคล้องกันของ ข้อมูล	0	1	2	3
	ไม่เคยเลย	ครั้งเดียว หรือสองครั้ง	บ่อยครั้ง	เป็นประจำ
ข้อคิดเห็น :				
4. สมาชิกในกลุ่มมักตั้งข้อสงสัยเกี่ยวกับแนวคิดและ ข้อมูล	0	1	2	3
	ไม่เคยเลย	ครั้งเดียว หรือสองครั้ง	บ่อยครั้ง	เป็นประจำ
ข้อคิดเห็น :				

5. สมาชิกในกลุ่มให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนแนวความคิด ของตนเอง	0	1	2	3
	ไม่เคยเลย	ครั้งเดียว หรือสองครั้ง	บ่อยครั้ง	เป็นประจำ
ข้อคิดเห็น :				
6. สมาชิกในกลุ่มใช้เหตุผลที่ไม่เหมาะสมในการ ตัดสินใจ	0	1	2	3
	ไม่เคยเลย	ครั้งเดียว หรือสองครั้ง	บ่อยครั้ง	เป็นประจำ
ข้อคิดเห็น :				
7. สมาชิกในกลุ่มพยายามประเมินข้อดีของคำอธิบาย หรือข้อกล่าวอ้างอย่างเป็นระบบ	0	1	2	3
	ไม่เคยเลย	ครั้งเดียว หรือสองครั้ง	บ่อยครั้ง	เป็นประจำ
ข้อคิดเห็น :				
8. สมาชิกในกลุ่มพยายามประเมินข้อดีของคำอธิบาย หรือข้อกล่าวอ้างอย่างเป็นระบบ	0	1	2	3
	ไม่เคยเลย	ครั้งเดียว หรือสองครั้ง	บ่อยครั้ง	เป็นประจำ
ข้อคิดเห็น :				

ภาพที่ 10 ตัวอย่างแบบสังเกตกระบวนการกลุ่มในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาและวิเคราะห์เอกสารเกี่ยวกับการวัดและการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์พบว่า มีแนวทางการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 3 แนวทางคือ (1) การประเมินผ่านใบกิจกรรมและเกณฑ์การประเมินใบกิจกรรม (2) การประเมินผ่านแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายเปิด การสัมภาษณ์ และ (3) การสังเกตพฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ของนักเรียน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า ได้มีนักศึกษานำแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนอย่างแพร่หลาย

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2558) ได้ทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอม แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนและบันทึกหลังสอนของผู้วิจัย ผลการศึกษาพบว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา

Ogan-Bekiroglu & Belek (2014) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักศึกษาครูฟิสิกส์ ในเนื้อหาเกี่ยวกับดีถีของดวงจันทร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่นักศึกษาครูฟิสิกส์ ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้กับนักศึกษาครูฟิสิกส์ทั้งหมด 7 สัปดาห์เก็บรวบรวมข้อมูลผ่านกิจกรรมการโต้แย้งผ่านการสร้างแบบจำลอง ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนการเขียนโต้แย้งมากกว่า

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นส่งผลต่อคุณภาพของการเขียนโต้แย้งของนักเรียน

Krell et al. (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจในแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 617 คน ในรายวิชาชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดที่เป็นคำถามปลายเปิดผลการศึกษแยกตามวัตถุประสงค์ในการศึกษาพบว่า (1) นักเรียนส่วนใหญ่ของทั้งสามรายวิชามีความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับปานกลาง (2) ในรายวิชาชีววิทยา นักเรียนมักกล่าวถึงแบบจำลองแบบสเกล เช่น แบบจำลองของระบบโครงร่างของสัตว์ แบบจำลองเชิงหน้าที่ เช่น แบบจำลองแสดงการทำงานของปอดในรายวิชาเคมีนักเรียนมักกล่าวถึงแบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ และแผนผัง ในรายวิชาฟิสิกส์นักเรียนมักกล่าวถึงแบบจำลองแบบเกล แบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ แผนผัง และแบบจำลองเชิงทฤษฎี และ (3) ในรายวิชาเคมีนักเรียนระดับชั้นที่แตกต่างกันมีความเข้าใจในแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองที่ต่างกัน ส่วนในรายวิชาชีววิทยาและวิชาฟิสิกส์นักเรียนระดับชั้นที่แตกต่างกันมีความเข้าใจในแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองไม่แตกต่างกัน

รวีวรรณ เมืองรามัญ (2556) ได้ทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องโลกของเรา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 47 คน ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องโลกของเราที่เน้นการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 5 แผน แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน และแบบบันทึกการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ส่วนความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่าการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง การสื่อสารข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องโลกของเราของนักเรียนได้

อุบล บุญชู (2560) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองฐานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต แบบแผนงานวิจัยเป็นงานวิจัยกึ่งทดลอง แบบวัดสองครั้ง กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และ (2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

สุทธิชาติ เปรมกมล (2561) ได้ทำการศึกษาการสอนแบบสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 72 คน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัด 2 ชุดประกอบด้วย แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า (1) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบด้วยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 18.55 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก และสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไป (2) นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไป

พิมพ์ภัทร แก้วดี (2559) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์และความคงทนของความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยาโดยทำการศึกษาในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 43 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (2) แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ และ (3) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการศึกษาพบว่า (1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเหมาะสมแก่การนำไปใช้ (2) นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากขึ้น และ (3) นักเรียน

มีความคงทนของความรู้หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านไป แล้ว 4 สัปดาห์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความเข้าใจในแบบจำลอง แบบจำลองทางความคิด ความคงทนในการเรียนรู้ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ แต่อย่างไรก็ตามจากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในบริบทของไทยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนมักถูกนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา ฟิสิกส์ เคมี โลกศาสตร์ เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ Ying-Chih et al. (2016) ได้กล่าวว่าครูส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจการนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาทางชีววิทยาเพื่อพัฒนาการโต้แย้งของนักเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้ในรายวิชาชีววิทยาเพื่อเป็นแนวทางให้กับครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจในการนำการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองไปใช้ในรายวิชาชีววิทยา

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

กฤษฎา ทองประไพ (2559) ได้พัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 38 คน เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดทักษะการโต้แย้ง ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน การใช้หลักฐานการให้ข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไป และการให้เหตุผลสนับสนุนในการโต้แย้งกลับ และจากการสัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยหาความถี่ ร้อยละ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทั้งหมดมีทักษะการโต้แย้งอยู่ในระดับดีขึ้นไปหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน และเมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของการโต้แย้งพบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้มากที่สุดคือการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน และองค์ประกอบที่พัฒนาได้น้อยที่สุดคือการใช้หลักฐาน

Lin & Mintzes (2010) ได้ทำการวิจัยแบบผสมผสานวิธี (Mixed Methods) โดยสำรวจและพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ทั้งหมด 17 ชั่วโมง โดยใช้ประเด็นอุทยานแห่งชาติมาเก๊า จากนั้นฝึกให้นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้าง การให้เหตุผลสนับสนุน การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป การโต้แย้งกลับที่ประกอบด้วย เหตุผลสนับสนุน และการให้หลักฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่แบบวัดทักษะ ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์นักเรียนรายบุคคล ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับทักษะการโต้แย้งของนักเรียน โดยนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะมีทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์กว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำและนักเรียนจะมีความเข้าใจความหมายของหลักฐานที่คลาดเคลื่อน และมีการเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าการให้เหตุผลเพิ่มเติมและหลักฐานคือสิ่งเดียวกัน

ณภัทร พระโพธิ์วังซ้าย (2560) ได้ศึกษาผลของการสอนด้วยการให้เหตุผลแบบรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 81 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ (1) แบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ซึ่งมี 3 องค์ประกอบ คือ การสร้างข้อแย้ง การสร้างข้อโต้แย้ง ค้าน และการสร้างข้อคัดค้าน และ (2) แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการให้เหตุผลแบบรวมพลังมีความสามารถในการโต้แย้งและมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ

สุคนธา โครตสุภา (2559) ได้เปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์หลังเรียนประเด็นปัญหาและสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยรูปแบบผสมผสานตามวิธีปัญหาเป็นฐานและวิธีวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ชั้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีผลการเรียนชีววิทยาต่างกัน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ แบบประเมินความสามารถในการโต้แย้งและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่มีผลการเรียนชีววิทยาต่างกันเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นปัญหาและสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์

โดยรูปแบบผสมผสานตามวิธีปัญหาเป็นฐานและวิธีวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น จะมีคะแนนความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์หลังเรียนเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน

Demirbag & Gunel (2014) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้แนวความคิดสืบสอบโดยใช้การโต้แย้งเป็นฐานผสมผสานกับการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะในการโต้แย้ง และทักษะการเขียน โดยทำการศึกษาในนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์จำนวน 119 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ 1) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยทำการวัด 2 ครั้งคือการทดสอบกลางภาคเรียน และการทดสอบปลายภาคเรียน 2) รายงานผลกิจกรรม เพื่อทำการวัดทักษะในการโต้แย้งและทักษะในการเขียนผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะในการโต้แย้ง และทักษะการเขียนหลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

ณัฐภรณ์พฤษุ เสริมสุข และคณะ (2558) ได้พัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องระบบนิเวศ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยทำการศึกษาในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ อนุทินของนักเรียน และวิธีทัศนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยการหาค่าความถี่ ค่าร้อยละ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่านักเรียนจำนวน 8 คนมีพัฒนาการที่เพิ่มขึ้น นักเรียนจำนวน 1 คนยังไม่มีพัฒนาการ และนักเรียนจำนวน 6 คนมีพัฒนาการที่ลดลง นอกยกานนี้ยังพบว่าองค์ประกอบของการโต้แย้งที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้มากที่สุด คือ ข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน และองค์ประกอบที่สามารถพัฒนาได้น้อยที่สุดคือหลักฐานสนับสนุน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์พบว่าวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ การใช้แนวความคิดสืบสอบโดยใช้การโต้แย้งเป็นฐานผสมผสานกับการใช้ตัวแทนความคิดและการสอนด้วยการให้เหตุผลแบบรวมพลังสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทาง

วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ แต่อย่างไรก็ตามจากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบริบทไทย พบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยที่นำวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์มาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและงานวิจัยส่วนใหญ่มักใช้แบบวัดเป็นเครื่องมือในการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งไม่สามารถบอกถึงข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษากระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในเชิงลึกเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งต่อไป



กรอบแนวคิดการวิจัย

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนได้เป็นผู้สร้างและพัฒนาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยตัวของนักเรียนเองโดยผ่านการสำรวจ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่จะใช้ในการสร้างและพัฒนาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการสอนไว้ 6 ขั้นตอน คือ

- (1) ขั้นสร้างคำถามนำทาง
- (2) ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของกลุ่ม
- (3) ขั้นสร้างข้อโต้แย้งเริ่มต้นของกลุ่ม
- (4) ขั้นเจรจาแบบจำลองและข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น และแก้ไขแบบจำลองและข้อโต้แย้งผ่านการเจรจา
- (5) ขั้นปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และ
- (6) ขั้นสะท้อนคิดผ่านการเขียนส่วนบุคคล



ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสร้างข้อกล่าวอ้างที่ประกอบด้วยหลักฐานและเหตุผลที่น่าเชื่อถือในการอธิบายมุมมองที่แตกต่างของตน เพื่อชักชวนให้ผู้อื่นคล้อยตามข้อกล่าวอ้างนั้น โดยมีพฤติกรรมบ่งชี้คือ

- (1) สร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้าง
- (2) สร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป
- (3) ให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ
- (4) สร้างหลักฐานสนับสนุน

บทที่ 3

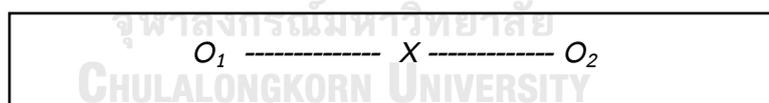
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยผลการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มัธยมศึกษาตอนปลายกำหนดวิธีดำเนินการวิจัย 5 ประเด็นคือ

- 3.1 รูปแบบการวิจัย
 - 3.2 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย
 - 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
 - 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล
- โดยในแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 รูปแบบการวิจัย

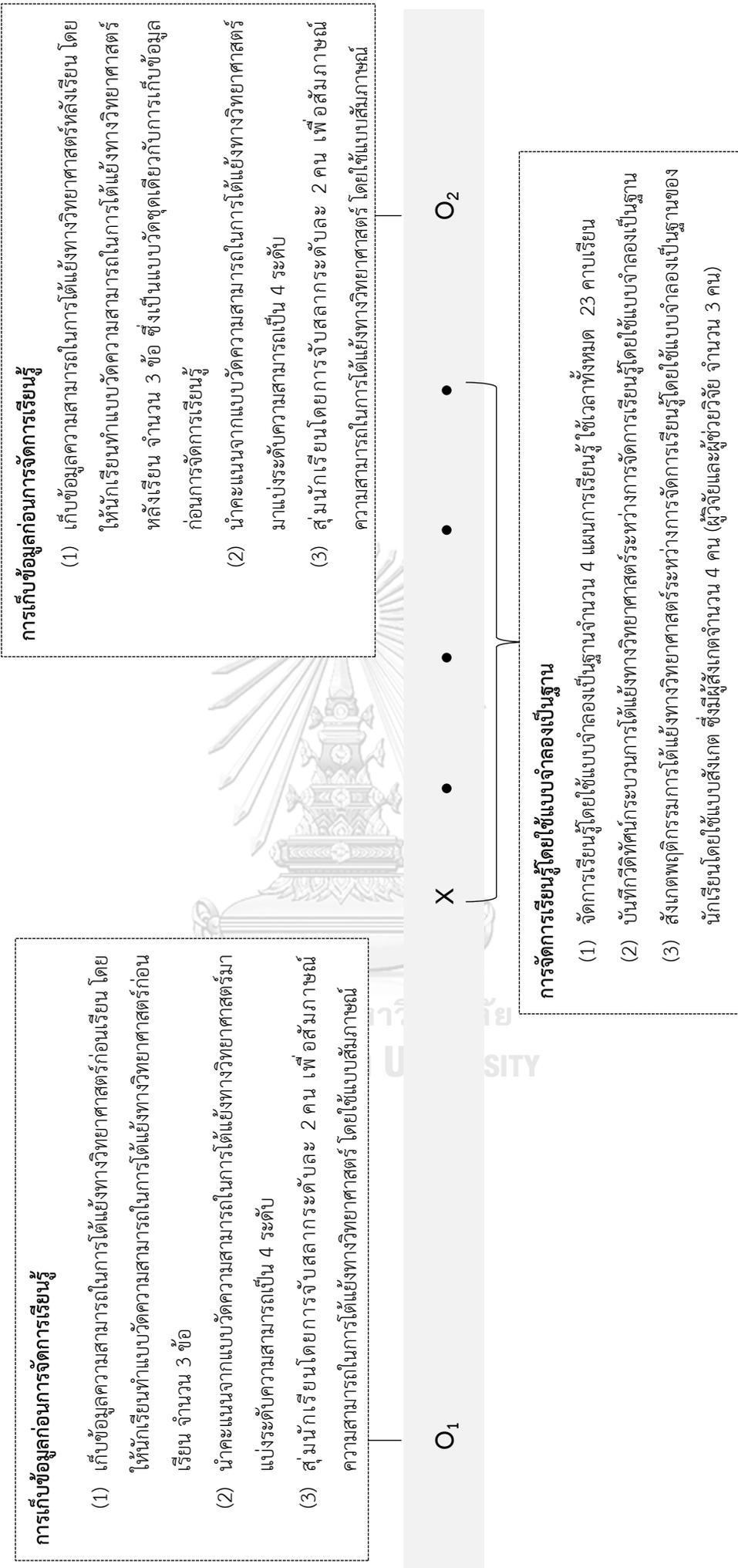
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Design) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One Group Pretest-Posttest Design) เลือกรูปแบบเป้าหมายแบบเจาะจง และมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนและหลังกิจกรรมการเรียนรู้ดังรูปแบบในการวิจัยดังแผนภาพ



O_1	หมายถึง	การเก็บข้อมูลก่อนการจัดการเรียนรู้
O_2	หมายถึง	การเก็บข้อมูลหลังการจัดการเรียนรู้
X	หมายถึง	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ภาพที่ 11 แบบแผนการวิจัย

แผนผังการเก็บรวบรวมข้อมูล



3.2 กลุ่มที่ศึกษา

3.2.1 กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษา อยู่ภาคเรียนที่ 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2563 ในโรงเรียนสาธิตสังกัด กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร

1) การเลือกโรงเรียน

โรงเรียนที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่ง สังกัดกระทรวงการ อุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกโรงเรียนแบบเจาะจงโดย โรงเรียนดังกล่าวเป็นโรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนต่อห้องไม่เกิน 35 คน ซึ่งเป็นจำนวน ที่ไม่มากจนเกินไปในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และโรงเรียนมีการจัดห้องเรียน ใหม่ทุกปีการศึกษาโดยจัดให้ในหนึ่งห้องเรียนมีทั้งสองเพศใกล้เคียงกัน และคละ ความสามารถ ทำให้แต่ละห้องเรียนมีนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ใน โรงเรียนมีห้องสมุดและสารสนเทศที่เอื้อให้นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมได้ และทางโรงเรียนยังสนับสนุนการทำวิจัยเพื่อพัฒนาการศึกษา ตลอดจนผู้บริหารและ ครูในโรงเรียนให้การสนับสนุนและให้ความร่วมมือวิจัยเป็นอย่างดี

2) การกำหนดห้องเรียนของกลุ่มที่ศึกษา

ในการเลือกกลุ่มที่ศึกษาผู้วิจัยได้ทำการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) โดยสุ่มห้องเรียนมา 1 ห้องเรียนจากห้องเรียนแผนการเรียน วิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์จำนวนทั้งหมด 4 ห้องเรียน โดยใช้การจับสลาก

3) เกณฑ์การคัดออก และการเพิ่มเข้า

ในการวิจัยนี้มีจำนวนผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งสิ้น 31 คน ซึ่งจำนวนนักเรียน สามารถเพิ่มได้ไม่เกินกว่า 35 คนหรือลดลงได้ไม่น้อยกว่า 30 คนตามความสมัคร ใจเข้าร่วมในการวิจัยของนักเรียนและผู้ปกครอง ในกรณีที่ผู้มีความต้องการเข้า ร่วมวิจัยเกินกว่า 35 คนผู้วิจัยพิจารณาปรับตามจำนวนที่กำหนดไว้ และในกรณีที่ มีผู้สมัครใจเข้าร่วมน้อยกว่า 30 คนผู้วิจัยจะสุ่มห้องเรียนใหม่หรือรับสมัครนักเรียนที่ มีความสนใจเพิ่มจากห้องเรียนอื่น และในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถเข้าร่วม โครงการวิจัยได้ตลอดการวิจัยหรือขอออกจากกรวิจัยก่อนสิ้นสุดการวิจัย ผู้วิจัยจะไม่นำข้อมูลของนักเรียนคนดังกล่าวมาใช้วิเคราะห์ผลการวิจัย

4) การติดต่อเข้าถึงกลุ่มที่ศึกษา

ผู้วิจัยได้ทำการส่งหนังสือขอเก็บข้อมูลวิจัยให้กับโรงเรียนของกลุ่มที่ศึกษา จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการชี้แจงรายละเอียดของการวิจัยรวมถึงการพิทักษ์สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมวิจัยโดยละเอียดและทำการเน้นย้ำว่าการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จะไม่มีความเสี่ยงต่อผลการสอบและผลการเรียนของนักเรียนแต่อย่างใด ทั้งนี้เพื่อให้กลุ่มที่ศึกษาเกิดความสบายใจในการเข้าร่วมโครงการวิจัย

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท ดังนี้

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

3.3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

3.3.2.1 แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3.3.2.2 แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3.3.2.3 แบบสังเกตการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3.3.1 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีขั้นตอนการสร้างและพัฒนา ดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Ying-Chih et al. (2016) ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอนคือ (1) ขั้นสร้างคำถามนำทาง (2) ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของกลุ่ม (3) ขั้นสร้างข้อโต้แย้งเริ่มต้นของกลุ่ม (4) ขั้นเจรจาแบบจำลองและข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น และแก้ไขแบบจำลองและข้อโต้แย้งผ่านการเจรจา (5) ขั้นปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ และ (6) ขั้นสะท้อนคิดผ่านการเขียนส่วนบุคคล จากนั้นวิเคราะห์ กิจกรรม บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นการจัดการเรียนการสอน ดังแสดงในตารางที่ 7

3.3.1.2 วิเคราะห์ กำหนดเนื้อหา จำนวนชั่วโมง และตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา เพื่อจัดทำแผนระยะยาวสำหรับการสอนวิชาชีววิทยาโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และกำหนดรูปแบบของแบบจำลองที่ให้นักเรียนสร้าง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แบบจำลองที่ใช้ในกระบวนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

หน่วยการเรียนรู้	ประเภท	ตัวอย่างแบบจำลอง
------------------	--------	------------------

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 : ระบบหมุนเวียนเลือด

1.1 ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์
(9 ชั่วโมง)



ภาพที่ 12 แบบจำลองระบบหมุนเวียนโลหิตของมนุษย์ (Aiman, 2018)

หน่วยการเรียนรู้

ประเภท

ตัวอย่างแบบจำลอง

แบบจำลอง

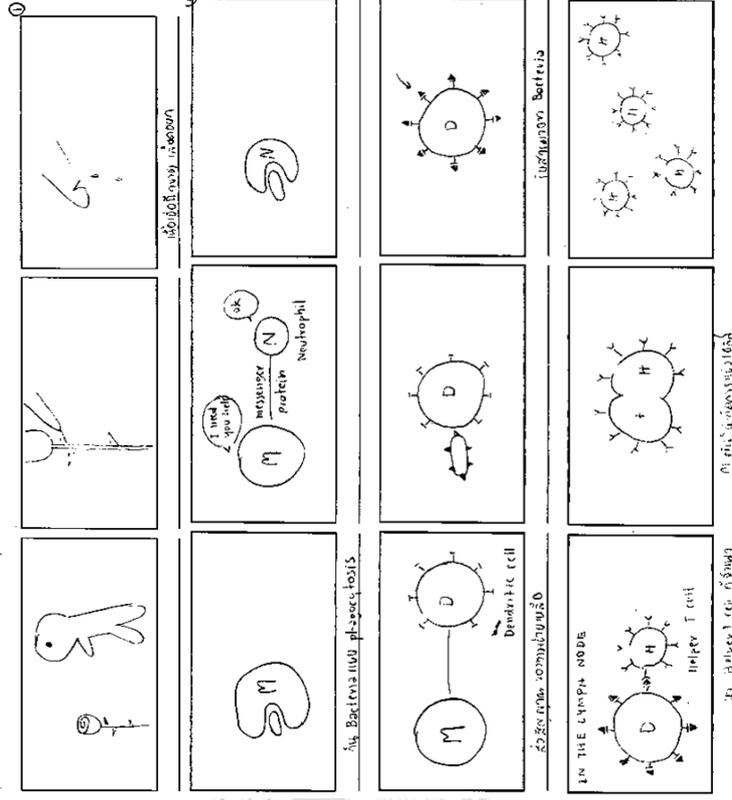
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 : ระบบภูมิคุ้มกัน

2.1 กลไกการป้องกันแบบไม่จำเพาะเจาะจง (4 ชั่วโมง)

แบบจำลองเชิง

ภาพ

(Visual Model - Stop Motion)



ภาพที่ 13 กระบวนการอักเสบ

หน่วยการเรียนรู้

ประเภท

ตัวอย่างแบบจำลอง

แบบจำลอง

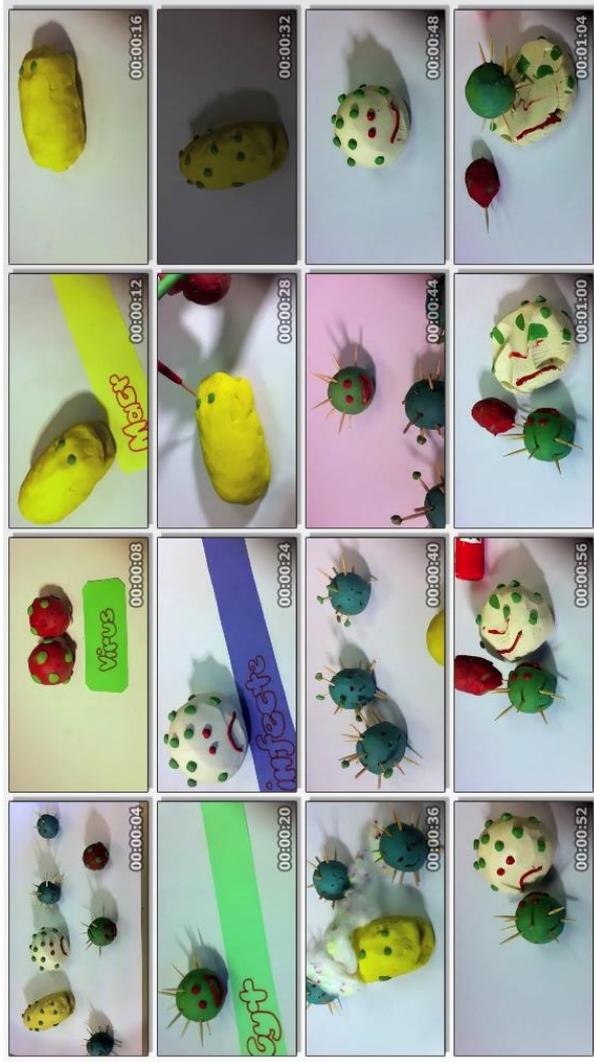
2.2 กลไกการป้องกันแบบจำเพาะเจาะจง
(4 ชั่วโมง)

แบบจำลองเชิง

ภาพ

(Visual Model

- Stop Motion)



ภาพที่ 14 กลไกการป้องกันแบบจำเพาะเจาะจง

(Andi & Beni & Greshma, 2011)

หน่วยการเรียนรู้

ประเภท

ตัวอย่างแบบจำลอง

แบบจำลอง

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 : ระบบขับถ่าย

3.1 ระบบขับถ่ายของมนุษย์

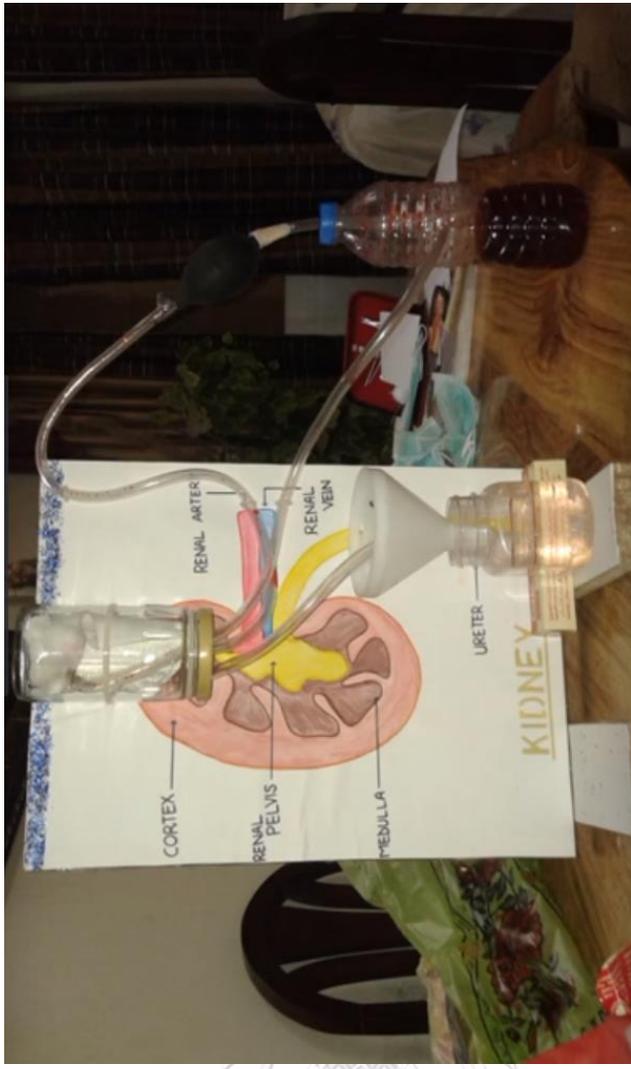
(6 ชั่วโมง)

แบบจำลองเชิง

รูปธรรม

(Concrete

Model)



ภาพที่ 15 ระบบขับถ่ายของมนุษย์

(Shaukat, 2014)

จากตารางที่ 13 ประเภทของแบบจำลองที่ผู้วิจัยให้นักเรียนสร้างมี 2 ประเภทคือแบบจำลองแบบภาพ (Visual Model) และแบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete Model) เนื่องจากแบบจำลองทั้ง 2 แบบเป็นแบบจำลองที่ใช้เวลาในการสร้างไม่นานและเป็นแบบจำลองเอื้อให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กันในระหว่างการสร้างแบบจำลอง

3.3.1.3 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยตามจำนวนที่กำหนด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาและตรวจสอบเพื่อให้ออกเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.3.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ (1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาในคณะศึกษาศาสตร์ (2) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชีววิทยาในคณะวิทยาศาสตร์ (3) ครูผู้สอนวิชาชีววิทยาในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีประสบการณ์จัดการเรียนรู้นานกว่า 5 ปี (รายนามดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมของเนื้อหา กิจกรรม ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่ามากกว่า 0.5 (วรรณิ แกมเกตุ, 2555) แล้วแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในด้าน องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการประเมินการเรียนรู้ จากผู้เชี่ยวชาญ มีดัชนีความสอดคล้องมีค่ามากกว่า 0.67 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ออกเสนอแนะเพิ่มเติม ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- (1) ควรระมัดระวังเรื่องการเว้นวรรคคำหรือประโยคเพื่อให้สื่อความหมายได้ถูกต้องชัดเจน
- (2) เวลาในขั้นของการสร้างแบบจำลองอาจน้อยเกินไป ควรปรับเพิ่มเวลาเพื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรมในขั้นตอนการสอนดังกล่าว

3.3.1.5 ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาเพื่อตรวจสอบปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้และนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้พบว่า

(1) ในขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นนักเรียนส่วนใหญ่ออกแบบแบบจำลองได้หลากหลายแต่มีข้อสังเกตว่ามีนักเรียนบางคนไม่ตั้งใจออกแบบแบบจำลองเท่าที่ควร จากการสอบถามนักเรียนพบว่านักเรียนเห็นว่าเป็นงานกลุ่มซึ่งในกลุ่มมีเพื่อนที่ทำได้ดีกว่าตนเอง ดังนั้นครูควรมีการกระตุ้นให้นักเรียนเห็นถึงประโยชน์ของการทำงานกลุ่ม รวมทั้งเสริมแรงทางบวกให้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจและอยากมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น

(2) ในขั้นนำเสนอแบบจำลองและสร้างข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น แก่ไขแบบจำลองและข้อโต้แย้งผ่านการอภิปราย นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการนำเสนอแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตนเองได้อย่างชัดเจน แต่มีข้อสังเกตว่าในช่วงของการโต้แย้งข้อกว้างอ้างของกลุ่มตนเองกับกลุ่มอื่นนักเรียนยังมีส่วนร่วมในกิจกรรมน้อยทำให้ห้องเรียนเกิดความเงียบ ดังนั้นในช่วงแรกครูควรแสดงตัวอย่างสถานการณ์ในการโต้แย้งพร้อมทั้งเสริมแรงโดยใช้คำถามเพื่อช่วยกระตุ้นกระบวนการคิดที่นำไปสู่การโต้แย้งของนักเรียน

(8) ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้หลังจากที่นำไปทดลองใช้

(9) นำข้อสังเกตที่ได้จากการนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้มาปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาและปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้จริง

(10) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษา

3.3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2.1 แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยมีแนวทางการสร้างและการพัฒนาดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดแนวคิด นิยามเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการวัดความสามารถในการโต้แย้งรวมทั้งศึกษาแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดและจากการศึกษาผู้วิจัยได้ปรับใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งตามแนวคิดของ Lin & Mintzes (2010) ซึ่งพิจารณาจากพฤติกรรมบ่งชี้ 4 พฤติกรรมดังนี้ (1) สร้างข้อกล่าวอ้างและ

เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้าง (2) สร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (3) ให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ และ (4) สร้างหลักฐานสนับสนุน

(2) สร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งตามพฤติกรรมบ่งชี้ โดยแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เป็นบทความที่มีสถานการณ์จำนวน 6 สถานการณ์ที่ประกอบด้วยข้อมูล หลักฐาน ทั้งด้านที่ไม่เห็นด้วยและด้านที่เห็นด้วยเพื่อให้นักเรียนได้อ่านและวิเคราะห์ก่อน การเขียนตอบ โดยสถานการณ์ที่กำหนดให้จะสอดคล้องกับบทเรียน

ส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามแบบอัตนัย โดยจะมีข้อคำถามหลักจำนวน 6 ข้อ (ให้นักเรียน เลือกตอบ 3 ข้อ) ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ในส่วนที่ 1 และในแต่ละข้อจะมีคำถามย่อยจำนวน 4 ข้อเพื่อใช้เป็นกรอบการเขียนคำตอบโดยคำถามย่อยทั้ง 4 ข้อจะสอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ ในการประเมินความสามารถในการโต้แย้ง คำถามย่อยทั้ง 4 ข้อมีดังนี้

ข้อที่ 1 ประเมินความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ข้อคำถามคือ นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับประเด็นดังกล่าว ให้นักเรียนเขียน อธิบายความคิดเห็นและให้เหตุผลประกอบ

ข้อที่ 2 ประเมินความสามารถสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป

ข้อคำถามคือ ถ้ามีเพื่อนบางคนมีความคิดเห็นต่างกับความคิดเห็นของนักเรียนใน คำถามข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าเหตุผลของเพื่อนคนนั้นคืออะไร

ข้อที่ 3 ประเมินความสามารถในการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ

ข้อคำถามคือ มีเหตุผลอื่นอีกหรือไม่ที่นักเรียนสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มความ น่าเชื่อถือของความคิดเห็นของนักเรียนให้มากกว่าของเพื่อน

ข้อที่ 4 ประเมินความสามารถในการสร้างหลักฐานสนับสนุน

ข้อคำถามคือ หากนักเรียนต้องใช้หลักฐานสนับสนุนข้อคิดเห็นของตนเองในข้อที่ 1 หรือข้อที่ 3 นักเรียนจะใช้หลักฐานอะไร

(3) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับเกณฑ์การประเมินแบบวัดความสามารถในการโต้แย้ง ทางวิทยาศาสตร์โดยผู้วิจัยได้ศึกษาเกณฑ์การประเมินของ Lin & Mintzes (2010)

อย่างไรก็ตามเกณฑ์การประเมินของ Lin & Mintzes (2010) ไม่มีคะแนนเต็ม
ผู้วิจัยจึงปรับปรุงเกณฑ์ให้มีคะแนนเต็ม 12 คะแนน ดังนี้

ตารางที่ 14 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่วัด	คะแนน			
	0 คะแนน	1 คะแนน	2 คะแนน	3 คะแนน
1. การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผล หรือระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ 1 เหตุผล	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ 2 เหตุผล	ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ 3 เหตุผลขึ้นไป
2. การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและไม่ให้สนับสนุน	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปแต่ให้เหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ 1 เหตุผล	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและให้เหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ 1 เหตุผล	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปและให้เหตุผลสนับสนุนที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ 2 เหตุผลขึ้นไป
3. การให้เหตุผลสนับสนุนการแย้งกลับ	ให้เหตุผลโต้แย้งกลับที่ไม่ตรงตามประเด็นที่แย้งและไม่ให้เหตุผลที่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลง	ให้เหตุผลโต้แย้งกลับที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ได้ตรงตามประเด็นที่แย้งแต่เหตุผลไม่ทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลง	ให้เหตุผลโต้แย้งกลับที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ได้ตรงตามประเด็นที่แย้งและให้เหตุผลทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลง 1 เหตุผล	ให้เหตุผลโต้แย้งกลับที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ ได้ตรงตามประเด็นที่แย้งและให้เหตุผลทำให้ข้อโต้แย้งอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงตั้งแต่ 2 เหตุผลขึ้นไป
4. การสร้างหลักฐานเพื่อใช้ในการโต้แย้ง	ไม่แสดงหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผล	แสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้ 1 หลักฐาน	แสดงหลักฐานสนับสนุนที่ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เหตุผลได้ 2 หลักฐาน	แสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้ตั้งแต่ 3 หลักฐานขึ้นไป

จากเกณฑ์ข้างต้นผู้วิจัยได้กำหนดช่วงคะแนนเฉลี่ยโดยใช้มาตรฐานค่าแบบอันตรภาค
เพื่อแบ่งระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ตารางที่ 15 ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ระดับ	ช่วงคะแนน	คำอธิบาย
ดีมาก	10 - 12	ระบุข้อกล่าวอ้างของตน ให้เหตุผลสนับสนุนที่น่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน แสดงหลักฐานสนับสนุนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลโต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่ได้แย้งและให้เหตุผลที่ลดความน่าเชื่อถือของข้อโต้แย้งอื่นได้ทั้งหมด
ดี	7 - 9	ระบุข้อกล่าวอ้าง ให้เหตุผลสนับสนุนที่น่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน แสดงหลักฐานสนับสนุนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน ระบุข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลโต้แย้งกลับได้ตรงตามประเด็นที่ได้แย้งและให้เหตุผลที่ลดความน่าเชื่อถือของข้อโต้แย้งอื่นได้บางส่วน
ปานกลาง	4 - 6	ระบุข้อกล่าวอ้าง ให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่น่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ได้บางส่วน แสดงหลักฐานสนับสนุนที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เหตุผลได้บางส่วน ให้เหตุผลโต้แย้งกลับที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ได้ตรงตามประเด็นที่ได้แย้งแต่ไม่สามารถให้เหตุผลที่ลดความน่าเชื่อถือของข้อโต้แย้งอื่น
ควรปรับปรุง	0 - 3	ระบุข้อกล่าวอ้าง เหตุผลสนับสนุน รวมถึงให้เหตุผลที่น่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ ให้เหตุผลโต้แย้งกลับไม่ได้ หรือโต้แย้งกลับไม่ตรงตามประเด็นที่ได้แย้ง และมีหลักฐานสนับสนุนการให้เหตุผล

- (4) ลงมือสร้างข้อคำถามหลักที่สอดคล้องกับบทเรียนเพื่อวัดความสามารถในการโต้แย้งจากนั้นนำไปปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไข โดยข้อคำถามมีทั้ง 6 ข้อ ดังนี้

ข้อที่	บทความ	บทเรียนที่เกี่ยวข้อง
1	ดื่มน้ำปัสสาวะช่วยรักษาโรคได้จริงหรือ	ระบบขับถ่าย
2	กินไก่ปริมาณมากทำให้เป็นโรคเก๊าท์จริงหรือ	ระบบขับถ่าย
3	ยุงสามารถเป็นพาหะในการแพร่เชื้อ HIV ได้หรือไม่	ระบบภูมิคุ้มกัน
4	โรคอีสุกอีใสเป็นแล้วจะไม่เป็นอีก จริงหรือ	ระบบภูมิคุ้มกัน
5	ดื่มน้ำเย็นเสี่ยงต่อโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือดจริงหรือ	ระบบหมุนเวียนเลือด
6	จังหวะดนตรีมีผลต่อการเต้นของหัวใจจริงหรือ	ระบบหมุนเวียนเลือด

(5) นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา แล้วเสนอให้กับผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ 1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (2) นักวิจัยหลังปริญญาเอกที่เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชีววิทยาในคณะวิทยาศาสตร์ (3) ครูผู้สอนวิชาชีววิทยาในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีประสบการณ์จัดการเรียนรู้นานกว่า 5 ปี (รายนามดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมของ ความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดตลอดจน ภาษาที่ใช้ในแบบวัด โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่ามากกว่า 0.5 (วรณัฏฐ์ แกมเกตุ, 2555) แล้วแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ผลการประเมิน ความสอดคล้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในด้านความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดและภาษาที่ใช้ในแบบวัด มีดัชนีความสอดคล้องมีค่าเท่ากับ 1 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ซึ่งสรุปได้ดังนี้

5.1) ไม่ควรใช้คำว่าจงใจในชี้แจง ควรใช้คำว่า “ให้นักเรียน....” แทน

5.2) ควรมีอ้างอิงของแหล่งที่มาที่มายับยบทความเพื่อให้มีความน่าเชื่อถือ

5.3) ในบทความแต่ละบทความควรใช้คำให้สม่าเสมอกันเพื่อป้องกันการเข้าใจผิดของผู้อ่าน

(6) นำแบบวัดที่แก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ทดลองทำข้อคำถามที่ 1 -3 และ กลุ่มที่ 2 ทดลองทำข้อคำถามที่ 4 - 6

(7) นำตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจำนวน 4 คนที่มีความสามารถแตกต่างกันเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index : RAI) จำนวน 3 คน ได้แก่ อาจารย์ผู้สอนรายวิชาชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีประสบการณ์สอนมากกว่า 5 ปีขึ้นไป จำนวน 2 ท่านและผู้วิจัย โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินที่มีค่ามากกว่า 0.70 (สุรชัย มีชาญ, 2547) ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินพบว่าผู้ประเมินทั้ง 3 ท่านมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินมากกว่า 0.90 ในทุกข้อกล่าวได้ว่าผู้ประเมินทั้ง 3 ท่านมีความสามารถในการใช้เกณฑ์ในการตรวจแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งไม่แตกต่างกัน และผู้วิจัยสามารถตรวจให้คะแนนแบบวัดได้สอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญ

(8) นำแบบวัดที่ทดลองใช้มาตรวจคุณภาพเครื่องมือเพื่อหาความยาก (Difficulty; P) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination; r) โดยนำคะแนนของนักเรียนกลุ่มทดลองใช้เครื่องมือ (Try Out) ทุกคนมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดรายข้อ ซึ่งพิจารณาค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.2 - 0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์พบว่าคำถามในแบบวัดทั้ง 6 ข้อ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.25 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไป กล่าวได้ว่าคำถามในแบบวัดทั้ง 6 ข้ออยู่ในระดับความยากไม่แตกต่างกัน และสามารถจำแนกระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (ดังแสดงในภาคผนวก ง)

(9) นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไปใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษา

3.3.2.3 แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้ง ผู้วิจัยมีแนวทางการสร้างและพัฒนา ดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดแนวคิด นิยามเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการวัดความสามารถในการโต้แย้ง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสัมภาษณ์ และจากการศึกษาผู้วิจัยได้ปรับปรุงแบบสัมภาษณ์มาจากแนวคิดของ Lin & Mintzes (2010) ซึ่งเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนขยายความคำตอบและให้รายละเอียดในคำตอบมากขึ้น อย่างไรก็ตามผู้วิจัยสามารถสร้างคำถามเพิ่มเติมได้โดยพิจารณาจากคำตอบที่นักเรียนตอบคำถามหลักที่ใช้มี 4 ข้อดังนี้

ข้อที่ 1 ประเมินความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ข้อคำถาม เช่น ให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง

ข้อที่ 2 ประเมินความสามารถในการสร้างหลักฐานสนับสนุน

ข้อคำถาม เช่น ให้นักเรียนยกตัวอย่างหลักฐานสนับสนุนเหตุผลของนักเรียนนอกเหนือจากหลักฐานที่เขียนไว้ในแบบวัด

ข้อที่ 3 ประเมินความสามารถสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และประเมินความสามารถในการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ

ข้อคำถาม เช่น มีเหตุผลอื่นอีกหรือไม่ที่นักเรียนสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มพูนความน่าเชื่อถือของความคิดเห็นของนักเรียนให้มากกว่าของเพื่อน

ข้อที่ 4 ประเมินความสามารถในการสร้างหลักฐานสนับสนุน

ข้อคำถาม เช่น ให้นักเรียนอธิบายวิธีการโน้มน้าวเพื่อนที่ไม่เห็นด้วยเพิ่มเติมจากสิ่งที่นักเรียนเขียน

(2) นำแบบแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้ง แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วเสนอให้กับผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านได้แก่ 1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (2) นักวิจัยหลังปริญญาเอกที่เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชีววิทยาในคณะวิทยาศาสตร์ (3) ครูผู้สอนวิชาชีววิทยาในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีประสบการณ์จัดการเรียนรู้นานกว่า 5 ปี (รายนามดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมของความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดตลอดจนภาษาที่ใช้ในแบบสัมภาษณ์ โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่ามากกว่า 0.5 (วรรณิ แกมเกตุ, 2555) แล้วแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในด้านความสอดคล้องของข้อคำถามกับองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดและภาษาที่ใช้ในแบบสัมภาษณ์ มีดัชนีความสอดคล้องมีค่าเท่ากับ 1 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

(3) นำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาผลการนำไปใช้พบว่า

1. ในข้อคำถามที่ 1 คือ “ให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง” พบว่านักเรียนมีการตอบซ้ำกับคำตอบในแบบวัด ทางผู้วิจัยจึงมีการปรับปรุงแบบการถามคำถามโดยการทวนคำตอบที่นักเรียนตอบในแบบวัดเพื่อให้นักเรียนขยายความได้ตรงประเด็นมากขึ้น เช่น

“ในบทความข้อที่ 4 นักเรียนตอบว่าเห็นด้วยกับข้อความที่กล่าวว่าการต้มน้ำเย็นไม่ก่อให้เกิดไขมันอุดตันในเส้นเลือด โดยนักเรียนให้เหตุผลว่าการต้มน้ำไม่ว่าจะเป็นน้ำเย็นหรือน้ำอุ่นล้วนเป็นประโยชน์กับร่างกายทั้งสิ้น ครูอยากให้นักเรียนลองให้เหตุผลเพิ่มเติมว่าเพราะเหตุใดการต้มน้ำเย็นจึงไม่ทำให้ไขมันเกิดการอุดตัน”

2. ในการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนใช้บทความประกอบการตอบคำถาม พบว่านักเรียนมีการตอบคำถามซ้ำเดิมวนไปมาโดยใช้ข้อมูลภายในบทความทำให้คำตอบที่ได้ไม่ขยายความจาก

คำตอบในแบบวัดเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนได้อ่านบทความก่อนการสัมภาษณ์เพียง 1 ครั้งพบว่า นักเรียนมีการใช้ความคิดเห็นของตนเองมาตอบคำถามมากขึ้น

3. ในข้อคำถามที่ 4 คือ “ให้นักเรียนอธิบายวิธีการโน้มน้าวเพื่อนที่ไม่เห็นด้วยเพิ่มเติมจากสิ่งที่นักเรียนเขียน” เป็นข้อคำถามที่ประเมินการใช้หลักฐานสนับสนุนการโต้แย้ง แต่ข้อคำถามไม่มีคำว่าหลักฐานทำให้เมื่อถามคำถามนักเรียน นักเรียนมักจะมีการอธิบายซ้ำเติมกับคำถามในข้อที่ 3 ซึ่งเป็นการกล่าวถึงเหตุผลสนับสนุน ผู้วิจัยจึงได้ปรับข้อคำถามในการถามเป็น “ถ้านักเรียนอยากโน้มน้าวเพื่อนให้เห็นด้วยกับนักเรียนและไม่มีข้อโต้แย้งอีก นักเรียนจะใช้หลักฐานใดในการโต้แย้งกับเพื่อน”

(4) นำข้อสังเกตที่ได้จากการนำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้ปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อจัดทำแบบสัมภาษณ์ฉบับจริง

(5) นำแบบสัมภาษณ์ไปใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษาและในระหว่างการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้มีการบันทึกเทปการสนทนาเพื่อนำมาถอดบทสนทนาและใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป ทั้งนี้ก่อนการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้ทำการขออนุญาตนักเรียนในการบันทึกเทปก่อนการสนทนา

3.3.2.2 ผู้วิจัยมีแนวทางการสร้างและพัฒนา ดังนี้

แบบสังเกตกระบวนการในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) โดยอิงองค์ประกอบในการอ้างทางวิทยาศาสตร์ ของ Lin & Mintzes (2010) เพื่อใช้ในการประเมินการสังเกตความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ดังนี้

- (1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหมายและองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- (2) กำหนดองค์ประกอบที่ใช้ในการประเมินกระบวนการในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยอิงตามนิยามของพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ของ Lin & Mintzes (Lin & Mintzes, 2010) โดยกำหนดประเด็นการประเมินและพฤติกรรมประเมินในแต่ละระดับคะแนน ดังนี้

ตารางที่ 16 ประเด็นการประเมินความสามารถในการโต้แย้งผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง

พฤติกรรมบ่งชี้ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	พฤติกรรมที่สังเกตผ่านการสร้างแบบจำลอง
สร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างได้	1. มีการใช้แบบจำลองในการเสนอข้อกล่าวอ้างของตนเอง 2. มีการเสนอข้อกล่าวอ้างที่สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น 3. มีการให้เหตุผลรองรับแบบจำลองของตนเองเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน
สร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปได้	1. มีการใช้แบบจำลองในการสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปได้ 2. มีการเสนอข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปที่สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น
ให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	1. มีการให้เหตุผลรองรับแบบจำลองของตนเองเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับเพื่อทำให้อ้างอิงอื่น ๆ มีความน่าเชื่อถือลดลง
สร้างหลักฐานสนับสนุนได้	1. มีการเชื่อมโยงหลักฐานเพื่อสนับสนุนเหตุผลโดยอธิบายจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น

(3) สร้างเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ในการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากการสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นการประเมินและระดับคะแนนไว้ดังนี้

ตารางที่ 17 เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) ในการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จากการสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
1. มีการเสนอข้อกล่าวอ้างของตนเอง	มีการสร้างข้อกล่าวอ้างได้สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยไม่ต้องอาศัยการกระตุ้นหรือคำแนะนำจากครู	มีการสร้างข้อกล่าวอ้างได้สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น แต่ต้องได้รับการกระตุ้นหรือคำแนะนำจากเพื่อนหรือครู	มีการสร้างข้อกล่าวอ้างของตนเองแต่ข้อกล่าวอ้างนั้นไม่สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น	ไม่มีการสร้างข้อกล่าวอ้างของตนเอง
2. มีการให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเอง	มีการให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างที่สอดคล้องกับ	มีการให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างที่สอดคล้องกับ	มีการให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างแต่ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองหรือให้	ไม่มีการให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองหรือให้

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
	แบบจำลองโดยไม่ได้ ต้องอาศัยการกระตุ้น หรือคำแนะนำจาก ครู	แบบจำลองแต่ต้อง ได้รับแต่ต้องได้รับการ กระตุ้นหรือคำแนะนำ จากเพื่อนหรือครู	เหตุผลรองรับได้ถูกต้อง แต่ไม่สอดคล้องกับข้อ กล่าวอ้าง	เหตุผลรองรับได้ไม่ ถูกต้อง
3.มีการสร้างข้อโต้แย้ง ที่ต่างออกไปเมื่อมี ความคิดเห็นไม่ตรงกับ เพื่อน	มีการสร้างข้อโต้แย้ง ที่ต่างออกไปที่ สอดคล้องกับ แบบจำลองโดยไม่ได้ ต้องอาศัยการกระตุ้น หรือคำแนะนำจาก ครู	มีการสร้างข้อโต้แย้งที่ ต่างออกไปที่ สอดคล้องกับ แบบจำลองแต่ต้อง ได้รับการกระตุ้นหรือ คำแนะนำจากเพื่อน หรือครู	มีการสร้างข้อโต้แย้งที่ ต่างออกไปแต่ไม่ สอดคล้องกับ แบบจำลอง	ไม่มีการสร้างข้อ โต้แย้งที่ต่างออกไป
4.มีการให้เหตุผล สนับสนุนข้อโต้แย้ง กลับของตนเองเพื่อให้ ข้อโต้แย้งตรงข้ามมี ความน่าเชื่อถือลดลง	มีการให้เหตุผลเพื่อ สนับสนุนข้อโต้แย้ง กลับแต่เหตุผลนั้นไม่ สอดคล้องกับ แบบจำลองของ ตนเองโดยไม่ต้อง อาศัยการกระตุ้นหรือ คำแนะนำจากครู	มีการให้เหตุผลเพื่อ สนับสนุนข้อโต้แย้ง กลับแต่เหตุผลนั้นไม่ สอดคล้องกับ แบบจำลองของตนเอง แต่ต้องได้รับการ กระตุ้นหรือคำแนะนำ จากเพื่อนหรือครู	มีการให้เหตุผลเพื่อ สนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ แต่เหตุผลนั้นไม่สามารถ ทำให้ข้อโต้แย้งตรงข้ามมี ความน่าเชื่อถือลดลง	ไม่มีการให้เหตุผล สนับสนุนข้อโต้แย้ง กลับของตนเอง
5.มีการนำเสนอ หลักฐานสนับสนุนเห ตุผล	มีการเชื่อมโยง หลักฐานเพื่อ สนับสนุนเหตุผลและ หลักฐานสอดคล้อง กับแบบจำลองโดยไม่ได้ ต้องอาศัยการกระตุ้น หรือคำแนะนำจาก ครู	มีการเชื่อมโยง หลักฐานเพื่อสนับสนุน เหตุผลและหลักฐาน สอดคล้องกับ แบบจำลองแต่ต้อง ได้รับการกระตุ้นหรือ คำแนะนำจากเพื่อน หรือครู	มีการเชื่อมโยงหลักฐาน เพื่อสนับสนุนเหตุผลแต่ หลักฐานไม่สอดคล้องกับ แบบจำลอง	ไม่มีการสร้าง หลักฐานสนับสนุน ข้อกล่าวอ้างหรือ ข้อโต้แย้งกลับของ ตนเอง

- (4) นำแบบสังเกตความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา
- (5) นำแบบสังเกตความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านได้แก่ (1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาในคณะศึกษาศาสตร์ (2) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชีววิทยาในคณะวิทยาศาสตร์ (3) ครูผู้สอนวิชาชีววิทยาในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีประสบการณ์จัดการเรียนรู้นานกว่า 5 ปี (รายนามดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมของเนื้อหา กิจกรรม ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการจัดทำแบบสังเกต โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่มีค่ามากกว่า 0.5 (วรรณิ แกมเกตุ, 2555) แล้วแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิโดยผลการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในด้าน องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการประเมินการเรียนรู้ จากผู้เชี่ยวชาญมีดัชนีความสอดคล้องมีค่ามากกว่า 0.67 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)
- (6) นำแบบสังเกตที่ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบและอนุมัติให้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 2 ครั้งเพื่อฝึกสังเกตและตรวจสอบความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกต (Inter-Observer Reliability : IOR) รวม 4 คนได้แก่ ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์สอนในโรงเรียนมากกว่า 5 ปีอีก 3 ท่าน ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านเป็นผู้ช่วยในการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการทำกิจกรรมด้วย ผลการตรวจสอบความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกตครั้งที่ 1 พบว่าผู้สังเกตคนที่ 1 และคนที่ 3 มีความเชื่อมั่นต่ำกว่า 0.7 (ดังตารางที่ 22) ซึ่งถือว่ามีค่าความเชื่อมั่นในระดับปานกลาง ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญจึงได้ทำการระดมความคิดเห็นเพื่อหาแนวทางแก้ไขที่จะส่งผลให้ระดับความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกตของทุกคู่มีค่ามากกว่า 0.7 จากการระดมความคิดเห็น ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายขององค์ประกอบในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อีกครั้ง และยกตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

จากการระดมความคิดเห็นข้างต้นผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนร่วมกันอีกครั้ง ผลการตรวจสอบความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกตทั้งครั้งที่ 2 มีค่าระหว่าง 0.70 – 0.75 (ดังตารางที่ 23) ในทุกคู่ ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องในการให้คะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับสูง

(7) นำแบบสังเกตการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไปใช้จริงกับตัวอย่างในการวิจัย

3.4 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยการทดลองและการเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 ก่อนการดำเนินการทดลอง

ในขั้นก่อนการดำเนินการทดลองผู้วิจัยได้ให้นักเรียนในกลุ่มเป้าหมายทุกคนทำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ โดยให้นักเรียนเลือกตอบจำนวน 3 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 60 นาที และใช้แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งเพื่อให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกนักเรียนจากกลุ่มเป้าหมายจำนวน 8 คน โดยคัดเลือกด้วยการจับสลากมาจากนักเรียนที่มีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ระดับ คือ ต้องปรับปรุง พอใช้ ดี และดีมาก ระดับละ 2 คน และได้แนะนำวิชาเรียน ชี้แจงจุดประสงค์ของการเรียนการสอน แนะนำวิธีการจัดการเรียนการสอนและบทบาทของนักเรียนในแต่ละขั้นของกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะ ประเภท และธรรมชาติของแบบจำลอง และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) หลักฐาน (Evidence) ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Counterargument) การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive argument) ตลอดจนชี้แจงเกี่ยวกับจริยธรรมในการวิจัย

ช่วงที่ 2 ระหว่างดำเนินการทดลอง

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจำนวน 4 แผน รวม 23 คาบเรียน โดยผู้วิจัยเก็บข้อมูลกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

- (1) ทำการบันทึกวีดิทัศน์พฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนทุกคน
- (2) สังเกตและจดบันทึกพฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนทุกคนโดยใช้แบบสังเกตกระบวนการในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นพฤติกรรมหลัก 4 พฤติกรรม คือ
 - (1) มีการเสนอข้อกล่าวอ้างและมีการให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเอง
 - (2) มีการสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปเมื่อมีความคิดเห็นไม่ตรงกับเพื่อน
 - (3) มีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับของตนเองเพื่อให้ข้อโต้แย้งตรงข้ามมีความน่าเชื่อถือลดลง และ
 - (4) มีการนำเสนอหลักฐานสนับสนุนเหตุผล และจะทำการสังเกตใน 4 ขั้นตอนการสอนคือ
 - (1) ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น
 - (2) ขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม
 - (3) การนำเสนอแบบจำลองและการแก้ไขแบบจำลอง และ
 - (4) ขั้นตอนการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ โดยพฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนจะถูกสังเกตและบันทึกโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจำนวน 3 คน มีการแบ่งการสังเกตโดยผู้วิจัยสังเกตนักเรียน 2 กลุ่ม ผู้ช่วยวิจัยสังเกตนักเรียนคนละ 1 กลุ่ม
- (3) การประเมินใบกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละบทเรียนเพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการทำกิจกรรม

ระยะที่ 3 ระยะหลังดำเนินการทดลอง

(1) เมื่อดำเนินการทดลองตามแผนที่ได้วางไว้เสร็จเรียบร้อยแล้วผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหลังเรียนกับกลุ่มเป้าหมายทุกคนโดยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนซึ่งเป็นแบบวัดชุดเดียวกับการทดสอบก่อนเรียน โดยแบบวัดเป็นข้อคำถามแบบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ โดยให้นักเรียนเลือกตอบจำนวน 3 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 60 นาทีและใช้แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งเพื่อให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมซึ่งผู้วิจัยคัดเลือกจากนักเรียนในกลุ่มเป้าหมายจำนวน 8 คน โดยคัดเลือกมาจากนักเรียนที่มีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ระดับ คือ ต้องปรับปรุง ปานกลาง ดี และดีมาก ระดับละ 2 คน

(2) นำคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 คือ เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

(3) ทำการศึกษากระบวนการในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทุกคน โดยนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินใบกิจกรรม แบบสังเกตกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ วิดีทัศน์บันทึกกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์เนื้อหาจากนั้นทำการตีความ แปลความหมาย และสรุปข้อมูลในลักษณะความเรียง

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์จำนวน 2 ข้อ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบจุดประสงค์ข้อที่ 1

เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้สนับสนุนข้อมูลในแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากนั้นนำคะแนนที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ (\bar{X} ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองค่าที่ได้จากกลุ่มที่ศึกษาสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (t -test for dependent samples) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแต่หากข้อมูลที่ได้มีการกระจายไม่ใช้โค้งปกติจะใช้สถิติทดสอบ Wilcoxon-signed rank test แทนโดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบจุดประสงค์ข้อที่ 2

เพื่อศึกษากระบวนการในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจาก

- (1) วิดีทัศน์บันทึกกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
- (2) การสังเกตและจดบันทึกพฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตกระบวนการในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- (3) การประเมินใบกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละบทเรียนเพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการทำกิจกรรม

จากนั้นจะนำข้อมูลข้างต้นมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) การจัดระเบียบข้อมูล

ผู้วิจัยทำการจัดกลุ่มข้อมูลโดย นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินใบกิจกรรมของนักเรียนมาจัดกลุ่มเพื่อหารูปแบบพัฒนาการของนักเรียนแต่ละคนโดยเปรียบเทียบระดับความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนจากระดับที่ได้จากการประเมินใบกิจกรรมครั้งที่ 1 กับการประเมินใบกิจกรรมครั้งสุดท้าย (ครั้งที่ 4) นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ซึ่งรวบรวมจากแบบสังเกต และวีดิทัศน์บันทึกกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมาจัดเรียงตามลำดับเวลาและประเด็นที่ทำการสังเกตจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ มาจัดเข้ากลุ่มโดยแบ่งตามรูปแบบพัฒนาการของความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนที่ได้จากข้อ 1.1

2) การทำดัชนีหรือกำหนดรหัสข้อมูล

นำข้อมูลจากข้อ 1.2 มากำหนดรหัสข้อมูลโดยเน้นไปที่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ 5 พฤติกรรมหลักที่ใช้ในการสังเกต คือ (1) มีการเสนอข้อกล่าวอ้างของตนเอง (2) มีการให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเอง (3) มีการสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปเมื่อมีความคิดเห็นไม่ตรงกับเพื่อน (4) มีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับของตนเองเพื่อให้ข้อโต้แย้งตรงข้ามมีความน่าเชื่อถือลดลง และ (5) มีการนำเสนอหลักฐานสนับสนุนเหตุผล

3) การกำจัดข้อมูลหรือสร้างข้อสรุปชั่วคราว

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากข้อที่ 2 มาเชื่อมโยงกันเพื่อสร้างเป็นข้อสรุปชั่วคราวและกำจัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป

4) การสร้างบทสรุป

ผู้วิจัยได้นำข้อสรุปชั่วคราวที่กำจัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปมาเรียบเรียง เป็นข้อสรุปที่แท้จริง

5) การพิสูจน์ความเชื่อถือของผลการวิเคราะห์

ผู้วิจัยได้ทำการพิสูจน์ความน่าเชื่อถือของข้อมูลโดยวิธีการตรวจสอบสามเส้าด้านข้อมูล (Data Triangulation) โดยตรวจสอบจากแบบสังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผ่านโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ใบกิจกรรม และชิ้นงานแบบจำลองของนักเรียน

3.6 วิธีการพิทักษ์สิทธิ

งานวิจัยนี้ได้รับอนุมัติจริยธรรมวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 เลขที่โครงการ 151/62 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้คำนึงถึงจริยธรรมวิจัย โดยผู้วิจัยได้แจ้งให้นักเรียนและผู้ปกครองของนักเรียนทราบถึงวัตถุประสงค์และวิธีการดำเนินการวิจัยโดยละเอียด ตลอดจนประโยชน์ของการวิจัยครั้งนี้ต่อการจัดการเรียนรู้ทางการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยละเอียด ข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนจะถูกเก็บเป็นความลับโดยจะอ้างชื่อของนักเรียนเป็นรหัส ทั้งนี้เพื่อไม่ให้สามารถสืบย้อนไปหาตัวนักเรียนได้ ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลกับนักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัยเท่านั้นและหากนักเรียนไม่สะดวกใจในการให้ข้อมูลผู้วิจัยจะไม่ใช้ข้อมูลของนักเรียนดังกล่าวในการเขียนรายงานผลการวิจัย และผู้วิจัยจะทำลายข้อมูลเอกสารและไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ที่ระบุถึงตัวผู้เข้าร่วมวิจัยทันทีหลังงานวิจัยถูกเผยแพร่

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและศึกษากระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลและการรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยวิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์กระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยวิเคราะห์จาก (1) วิดีทัศน์บันทึกกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (2) การสังเกตและจดบันทึกพฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตกระบวนการในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ใบกิจกรรมของนักเรียนที่แสดงกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละบทเรียน

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การวิเคราะห์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ รวมคะแนนเต็ม 36 คะแนน และแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ตามเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Lin & Mintzes (2010) ทั้ง 4 ข้อคือ (1) ความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง (2) ความสามารถสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (3) ความสามารถในการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ และ (4) ความสามารถในการสร้างหลักฐานสนับสนุน จากนั้นนำผลมาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองค่าที่ได้จากกลุ่มที่ศึกษาสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระจากกัน โดยผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

ตารางที่ 18 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียนและหลังเรียน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนเฉลี่ยร้อยละ และสถิติทดสอบทีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ($N=34$)

องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน			t	
		\bar{X}	S.D.	\bar{X} ร้อยละ	\bar{X}	S.D.		\bar{X} ร้อยละ
1. การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	9	2.12	1.30	23.55	4.00	2.52	44.44	4.37*
2. การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	9	1.44	1.19	16.00	2.53	1.13	28.15	5.57*
3. การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	9	1.12	1.17	12.44	2.71	1.57	30.11	5.53*
4. การสร้างหลักฐานสนับสนุน	9	1.06	1.21	11.78	3.12	1.45	34.67	5.96*
5. รวม	36	5.74	3.78	15.94	12.00	5.24	33.33	8.03*

* $p < 0.0001$

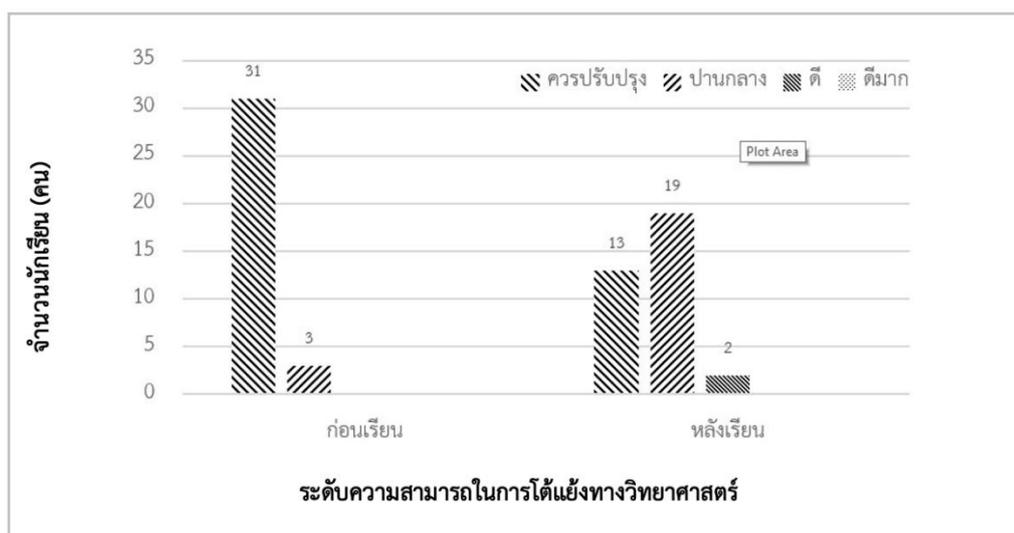
จากตารางที่ 18 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนรวมทุกองค์ประกอบสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 โดยคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนรวมทุกองค์ประกอบมีค่าเท่ากับ 12.00 คะแนน จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 33.33 และค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนรวมทุกองค์ประกอบ 5.74 คะแนน จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 15.94 และจากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่แบบกลุ่มที่ศึกษาไม่เป็นอิสระต่อกัน พบว่า ค่าสถิติทดสอบที่มีค่าเท่ากับ 8.03 จึงสามารถสรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์รวมทุกองค์ประกอบของหลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05

เมื่อพิจารณาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า ความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 44.44 และความสามารถในการสร้างข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไปมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนน้อยที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.53 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.15 แต่หากนำคะแนนความสามารถในการโต้แย้งหลังเรียนและก่อนเรียนในแต่ละองค์ประกอบมาเปรียบเทียบกัน พบว่า ความสามารถในการสร้างหลักฐานสนับสนุนมีความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนมากที่สุด โดยมีความแตกต่างเท่ากับ 2.06 คะแนน และความสามารถในการสร้างข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไปมีความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนน้อยที่สุด โดยมีความแตกต่างเท่ากับ 1.09 คะแนน

เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียนและหลังเรียนจากคะแนนรวมทั้งหมดของนักเรียน พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับควรปรับปรุงกล่าวคือมีจำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 91.18 อยู่ในระดับปานกลางจำนวน 3 คน คิดเป็น ร้อยละ 8.82 และไม่มีนักเรียนที่มีความสามารถในระดับดีและดีมาก หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า จำนวนนักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับควรปรับปรุงมีจำนวนลดลงเป็นจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 38.24 อยู่ในระดับปานกลางจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 55.88

และมีความสามารถอยู่ในระดับดีเพิ่มขึ้นจำนวน 2 คนคิดเป็นร้อยละ 5.88 ดังแสดง
ในแผนภูมิ 1

แผนภูมิ 1 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและ
หลังเรียน (คะแนนรวม)



เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อน
เรียนและหลังเรียนของนักเรียนพบว่านักเรียนมีรูปแบบความก้าวหน้าของระดับความสามารถในการ
โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 2 รูปแบบ ดังแสดงในตารางที่ 19

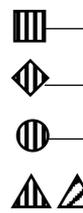
ตารางที่ 19 ระดับความสามารถก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่แสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ในแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

เลขที่ของนักเรียน	ความก้าวหน้าของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ				แปลความหมายจากคะแนนรวม (คะแนน)	
	ควรปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	   					<p>ปานกลาง (4)</p> <p>ปรับปรุง (1)</p>
2	   	  			<p>ปานกลาง (4)</p> <p>ปานกลาง (6)</p>	
3	   				<p>ปานกลาง (5)</p> <p>ปรับปรุง (3)</p>	
4	   				<p>ปานกลาง (5)</p> <p>ปรับปรุง (1)</p>	
5	   				<p>ปานกลาง (5)</p> <p>ปรับปรุง (3)</p>	
6	   	   			<p>ปรับปรุง (2)</p> <p>ปรับปรุง (2)</p>	

เลขที่ของ นักเรียน	ความก้าวหน้าของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละองค์ประกอบ				แปลความหมายจากคะแนนรวม (คะแนน)	
	ควรปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ควรปรับปรุง	ก่อนเรียน	หลังเรียน
7	   					<p>ปานกลาง (4)</p> <p>ปรับปรุง (2)</p>
8	   				ปรับปรุง (0)	ปรับปรุง (1)
9	   				ปรับปรุง (1)	ปานกลาง (6)
10	  		 		ปรับปรุง (1)	ปานกลาง (5)
11	   				ปรับปรุง (2)	ปานกลาง (5)
12	   				ปรับปรุง (1)	ปานกลาง (6)

เลขที่ของ นักเรียน	ความก้าวหน้าของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละองค์ประกอบ				แปลความหมายจากคะแนนรวม (คะแนน)		
	ควรปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ควรปรับปรุง	ก่อนเรียน	หลังเรียน	
13	       					ปรับปรุง (2)	ปรับปรุง (1)
14	       				ปรับปรุง (3)	ปรับปรุง (3)	
15	       				ปรับปรุง (3)	ปานกลาง (4)	
16	       				ปรับปรุง (3)	ปรับปรุง (3)	
17	       				ปรับปรุง (1)	ปานกลาง (5)	
18	       				ปรับปรุง (0)	ปรับปรุง (3)	

เลขที่ของ นักเรียน	ความก้าวหน้าของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละองค์ประกอบ				แปลความหมายจากคะแนนรวม (คะแนน)	
	ควรปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ควรปรับปรุง	ก่อนเรียน	หลังเรียน
19	   					<p>ปานกลาง (5)</p> <p>ปรับปรุง (3)</p>
20	   				<p>ปรับปรุง (2)</p>	<p>ปรับปรุง (2)</p>
22	   				<p>ปรับปรุง (1)</p>	<p>ปรับปรุง (4)</p>
23	  					<p>ดี (7)</p> <p>ปานกลาง (6)</p>
24	   				<p>ปรับปรุง (1)</p>	<p>ปรับปรุง (6)</p>
25	   					<p>ปานกลาง (6)</p> <p>ปรับปรุง (2)</p>

เลขที่ของ นักเรียน	ความก้าวหน้าของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละองค์ประกอบ				แปลความหมายจากคะแนนรวม (คะแนน)	
	ควรปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ควรปรับปรุง	ก่อนเรียน	หลังเรียน
26					ปรับปรุง (1)	ปรับปรุง (2)
27					ปรับปรุง (2)	ปรับปรุง (3)
28					ปรับปรุง (1)	ปรับปรุง (2)
29					ปรับปรุง (3)	ปานกลาง (5)
30					ปรับปรุง (3)	ปานกลาง (4)
31					ปรับปรุง (1)	ปรับปรุง (2)

เลขที่ของ นักเรียน	ความก้าวหน้าของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละองค์ประกอบ				แปลความหมายจากคะแนนรวม (คะแนน)	
	ควรปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ควรปรับปรุง	ก่อนเรียน	หลังเรียน
32	   					<p>ปานกลาง (5)</p> <p>ปรับปรุง (0)</p>
33		 				<p>ดี (7)</p> <p>ปานกลาง (4)</p>
34	    					<p>ปรับปรุง (2)</p> <p>ปรับปรุง (3)</p>
35	   					<p>ปานกลาง (6)</p> <p>ปรับปรุง (2)</p>

หมายเหตุ : หมายถึง การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลข้อกล่าว

หมายถึง การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป

หมายถึง การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ

หมายถึง การสร้างหลักฐานสนับสนุน

 หมายถึง ก่อนเรียน

 หมายถึง หลังเรียน

จากตารางที่ 19 สามารถแบ่งรูปแบบความก้าวหน้าของระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 นักเรียนไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และรูปแบบที่ 2 นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

รูปแบบที่ 1 นักเรียนไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หรือกล่าวได้ว่าไม่มีความก้าวหน้าของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ (1) นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับปรับปรุงเช่นเดิม มีจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 41.18 นักเรียนในกลุ่มนี้ ได้แก่ เลขที่ 6 8 13 14 16 18 20 22 24 26 27 28 31 และ 34 และ (2) นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลางเช่นเดิม มีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.94 นักเรียนในกลุ่มนี้ ได้แก่ เลขที่ 30

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระดับของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบย่อย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับขององค์ประกอบย่อยของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แต่มีนักเรียนบางคนที่มีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างจากระดับควรปรับปรุงเป็นระดับปานกลาง

ตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนที่แสดงว่าไม่มีพัฒนาการหรือความก้าวหน้าของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 24

คำถามข้อที่ 1 ตีมน้ำปัสสาวะช่วยรักษาโรคได้จริงหรือ

(ก่อนเรียน) การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปอยู่ในระดับควรปรับปรุง (0 คะแนน)

“เห็นคนรู้จักใช้แล้วดี”

(หลังเรียน) การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปอยู่ในระดับควรปรับปรุง (0 คะแนน)

“เขาอาจถูกโน้มน้าวด้วยคนที่น่าเชื่อถือ เช่น คนนั้นอาจมีคำว่า ดร. นำหน้า”

นักเรียนคนที่ 11

คำถามข้อที่ 3 ยุงสามารถเป็นพาหะในการแพร่เชื้อ HIV ได้จริงหรือ

(ก่อนเรียน) การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับอยู่ในระดับควรปรับปรุง (0 คะแนน)

“ไม่มั่นใจ เพราะยังไม่มีการวิจัยออกมา”

(หลังเรียน) การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับอยู่ในระดับระดับควรปรับปรุง (0 คะแนน)

“ยังไม่มีการวิจัยรองรับ”

นักเรียนคนที่ 19

คำถามข้อที่ 4 โรคอีสุกอีใสเป็นแล้วจะไม่ใช่เป็นอีก จริงหรือ

(ก่อนเรียน) การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปอยู่ในระดับปานกลาง (1 คะแนน)

“เพื่อนเห็นด้วย (ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป) เพราะ เพื่อนคิดว่าเมื่อร่างกายเจอเชื้ออีสุกอีใสแล้วร่างกายจะสร้างภูมิคุ้มกัน เมื่อเชื้อเข้ามาในร่างกายเชื้อจะถูกกำจัดทันทีทำให้ไม่เป็นโรคซ้ำอีก (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป)”

(หลังเรียน) การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปอยู่ในระดับปานกลาง (1 คะแนน)

“เพื่อนเห็นด้วย (ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป) เพราะ เพื่อนคิดว่าเมื่อร่างกายเจอเชื้ออีสุกอีใสแล้วจะเหมือนกันร่างกายได้รับวัคซีน เมื่อเชื้ออีสุกอีใสเข้ามาอีกรอบจะถูกกำจัดทันทีทำให้ไม่เป็นโรคซ้ำอีก (เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป)”

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปแบบที่ 2 นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

คือ (1) นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากระดับควรปรับปรุงเป็นระดับปานกลาง จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 47.06 นักเรียนในกลุ่มนี้ ได้แก่ เลขที่ 1 2 3 4 5 7 9 10 11 12 15 17 19 25 29 32 และ 35 และ (2) นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากระดับปานกลางเป็นระดับดี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.88 นักเรียนในกลุ่มนี้ ได้แก่ เลขที่ 23 33

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระดับของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบย่อย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับขององค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งที่

สูงขึ้น โดยองค์ประกอบที่นักเรียนมีการพัฒนามากที่สุดคือการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุน
ข้อกล่าวอ้าง และองค์ประกอบที่นักเรียนมีการพัฒนาน้อยที่สุดคือการสร้างหลักฐานสนับสนุน

ตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนที่แสดงพัฒนาการหรือความก้าวหน้าของ
ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 18

คำถามข้อที่ 1 ต้มน้ำปัสสาวะช่วยรักษาโรคได้จริงหรือ

(ก่อนเรียน) การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับปรับปรุง

(0 คะแนน)

“ไม่เห็นด้วย (ข้อกล่าวอ้าง) เนื่องจากในปัจจุบันการแพทย์มีความก้าวหน้ามากขึ้น
กว่าสมัยก่อน ทำไมเราต้องใช้วิธีการรักษาโรคในอดีตมาใช้ในปัจจุบัน ”

(หลังเรียน) การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับปานกลาง

(1 คะแนน)

“ไม่เห็นด้วย (ข้อกล่าวอ้าง) เนื่องจากการต้มน้ำปัสสาวะไม่ได้เกิดผลดีต่อร่างกาย
เนื่องจากน้ำปัสสาวะเต็มไปด้วยของเสียที่มาจากระบบขับถ่ายมากกว่าของที่มี
ประโยชน์ (เหตุผล) ”

นักเรียนคนที่ 28

คำถามข้อที่ 2 กินไก่ปริมาณมากทำให้เป็นโรคเกาต์จริงหรือ

(ก่อนเรียน) การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับอยู่ในระดับควรปรับปรุง (0 คะแนน)

“ให้เพื่อนอ่านงานวิจัยที่น่าเชื่อถือ”

(หลังเรียน) การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับอยู่ในระดับปานกลาง (1 คะแนน)

“หากกินไก่แล้วทำให้เป็นโรคเกาต์เนื่องจากโปรตีนมากถ้าเรากินเนื้อชนิดอื่น ๆ
ก็อาจทำให้เป็นเกาต์ได้เหมือนกัน แต่ความเป็นจริงแล้วการกินเนื้อปริมาณมากไม่ทำ
ให้เป็นเกาต์”

นักเรียนคนที่ 2

คำถามข้อที่ 1 ตีมน้ำปัสสาวะช่วยรักษาโรคได้จริงหรือ

(ก่อนเรียน) การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับปรับปรุง

(0 คะแนน)

“ไม่เห็นด้วย (ข้อกล่าวอ้าง) ถึงแม้ว่าปัสสาวะจะมีสารที่เป็นประโยชน์แต่หากใช้ผิดวิธีอาจเป็นอันตราย ”

(หลังเรียน) การสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับดี (2 คะแนน)

“ไม่เห็นด้วย (ข้อกล่าวอ้าง) เนื่องจากในปัสสาวะนั้นมีแร่ธาตุน้อยมากเมื่อเทียบกับของเสียที่ร่างกายขับออกมาพร้อมปัสสาวะ (เหตุผล) และน้ำปัสสาวะประกอบด้วยแร่ธาตุที่เกินความจำเป็นของร่างกายหากดื่มเข้าไปอาจทำให้ร่างกายได้รับแร่ธาตุมากเกินไป (เหตุผล) ”

นักเรียนคนที่ 23

คำถามข้อที่ 3 ยูงสามารถเป็นพาหะในการแพร่เชื้อ HIV ได้จริงหรือ

(ก่อนเรียน) การสร้างหลักฐานสนับสนุนอยู่ในระดับควรปรับปรุง (0 คะแนน)

“ใช้ประสบการณ์ที่เคยพบเจอ ”

(หลังเรียน) การสร้างหลักฐานสนับสนุนอยู่ในระดับระดับดี (2 คะแนน)

“ใช้ข้อมูลจากบทความ เช่น กระทรวงสาธารณสุขออกมาเตือนประชาชนว่าการใช้น้ำปัสสาวะบำบัดยังไม่มีการวิจัยรองรับ อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ (หลักฐาน) และนายแพทย์ที่โรงพยาบาลตำรวจออกมาเตือนว่าน้ำปัสสาวะเป็นของไม่สะอาดเมื่อดื่มเข้าไปอาจทำให้ได้เชื้อโรค (หลักฐาน) ”

ตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนที่แสดงพัฒนาการหรือความก้าวหน้าของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ถดถอย

นักเรียนคนที่ 27

คำถามข้อที่ 1 ตีมน้ำปัสสาวะช่วยรักษาโรคได้จริงหรือ

(ก่อนเรียน) การสร้างหลักฐานสนับสนุนอยู่ในระดับปานกลาง (1 คะแนน)

“ใช้หลักฐานที่ว่า นักเพาะกายต้องกินอกไก่ปริมาณมาก แต่เมื่อไปตรวจเลือดพบว่า ปริมาณกรดยูริกในเลือดมีค่าปกติ”

(หลังเรียน) การสร้างหลักฐานสนับสนุนอยู่ในระดับระดับควรปรับปรุง (0 คะแนน)

“ใช้ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต”

ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์และแบ่งนักเรียนตามระดับความสามารถเป็น 4 ระดับ จากนั้นได้ทำการสุ่มโดยการจับสลากนักเรียนระดับละ 2 คน มาสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อให้ให้นักเรียนอธิบายและขยายความแสดงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของตนเองเพิ่มเติมจากการตอบแบบวัดเลขที่ของนักเรียนตามระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนแสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 เลขที่ของนักเรียนตามระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการสัมภาษณ์

ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	เลขที่นักเรียน	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ดีมาก	-	-
ดี	-	23 และ 33
ปานกลาง	23 และ 33	19 และ 29
ควรปรับปรุง	12 และ 22	8 และ 24

จากแผนภูมิที่ 1 พบว่า ก่อนเรียนไม่มีนักเรียนที่มีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับดีและดีมาก ดังนั้นนักเรียนที่สุ่มมารับการสัมภาษณ์มี 4 คน ผลการสุ่มได้นักเรียนระดับควรปรับปรุง คือ เลขที่ 12 และ 22 และระดับปานกลาง คือ เลขที่ 23 และ 33

ผลการสัมภาษณ์ก่อนเรียน พบว่า นักเรียนทั้ง 4 คนไม่สามารถอธิบายหรือขยายความเพิ่มเติมจากคำตอบในแบบวัด หลังจากการจัดการเรียนการสอน พบว่า ไม่มีนักเรียนที่มีความสามารถในระดับดีมาก ดังนั้นนักเรียนที่สุ่มมาสัมภาษณ์มี 6 คน ผลการสุ่มได้นักเรียนระดับความปรับปรุง คือ เลขที่ 8 และ 24 ระดับปานกลางคือ 19 และ 29 และระดับดี คือ เลขที่ 23 และ 33 ผลการสัมภาษณ์ พบว่า เลขที่ 23 24 และ 29 ไม่ได้แสดงการขยายความที่แตกต่างจากการตอบในแบบวัด ในขณะที่นักเรียน 3 คน คือ เลขที่ 8 19 และ 33 มีการขยายความและสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้มากกว่าการตอบในแบบวัด ตัวอย่างการขยายความและอธิบายเพิ่มเติมที่ได้จากการสัมภาษณ์หลังเรียน แสดงได้ดังนี้

ตัวอย่างผลการสัมภาษณ์ของนักเรียนเลขที่ 33

คำถามในแบบวัดข้อ 1 ประเมินความสามารถในการสร้างหลักฐานสนับสนุน

นักเรียนใช้หลักฐานอะไรมาสนับสนุนว่า “การต้มน้ำเย็นไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในเส้นเลือด”

- **คำตอบที่เขียนตอบในแบบวัด**

“ใช้หลักฐานว่าอุณหภูมิร่างกายไม่เปลี่ยนแปลงตามสิ่งแวดล้อม ทำให้เมื่อต้มน้ำเย็นเข้าไปในร่างกายน้ำก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงไม่ทำให้ไขมันจับตัวกันเป็นก้อนแข็ง และใช้หลักฐานที่ว่าคนที่อาศัยอยู่ในอุณหภูมิที่หนาวเย็นก็ไม่ได้ป่วยเป็นโรคมะเร็งในเส้นเลือด ดังนั้นการต้มน้ำเย็นจึงไม่ทำให้เป็นโรคมะเร็งในเส้นเลือด นอกจากนี้ นพ.กฤษฎา ศิราเมพุช ยังได้กล่าวว่าไขมันจะแข็งตัวได้ต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 3-4 องศาเซลเซียส ถึงแม้ว่าการต้มน้ำเย็นจะทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลงแต่คงไม่ลดลงเหลือ 3-4 องศาเซลเซียส”

- **ผลการสัมภาษณ์**

คำถามสัมภาษณ์ : นักเรียนใช้หลักฐานอะไรมาสนับสนุนว่า “การต้มน้ำเย็นไม่ทำให้เป็นโรคมะเร็งในเส้นเลือด”

“ผมก็จะใช้หลักฐานที่ผมตอบในแบบวัดคือหลักฐานเกี่ยวกับอุณหภูมิร่างกายและหลักฐานเกี่ยวกับคนที่อาศัยอยู่ในสถานที่ที่หนาวเย็นมาสนับสนุนว่าการต้มน้ำเย็นไม่ทำให้เป็นโรคมะเร็งในเส้นเลือด”

คำถามสัมภาษณ์ : นักเรียนมีหลักฐานอื่นอีกไหมที่จะนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง

“ใช้คำพูดของคุณหมอที่บอกว่าไขมันจะแข็งตัวได้ต้องใช้อุณหภูมิประมาณ 3-4 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิร่างกายเราไม่ลดลงไปต่ำกว่าขนาดนั้นแน่นอน”

คำถามสัมภาษณ์ : นอกจากคำพูดของคุณหมอนักเรียนมีหลักฐานอื่นนอกจากนี้อีกไหม

“อาจจะใช้ตำแหน่งของกระเพาะซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำถูกดูดซึมไปใช้ และตำแหน่งของหัวใจว่าไกลกัน กว่าน้ำเย็นจะไปถึงอุณหภูมิของน้ำน่าจะเพิ่มสูงขึ้นแล้ว” (ขยายความจากแบบวัด)

จากการตอบคำสัมภาษณ์ของนักเรียนข้างต้น แสดงให้เห็นว่าคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากแบบวัดอาจจะไม่สามารถระบุความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่แท้จริงของนักเรียนได้ ดังแสดงให้เห็นจากการสัมภาษณ์ซึ่งนักเรียนสามารถอธิบายขยายความการตอบได้มากขึ้นโดยระบุหลักฐานสนับสนุนได้เพิ่มเติมจากที่ตอบในแบบวัด

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์กระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยวิเคราะห์กระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจาก 3 แหล่งข้อมูล ได้แก่ 1) วิดีทัศน์บันทึกกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 2) การสังเกตและจดบันทึกพฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตกระบวนการในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และ 3) ใบกิจกรรมของนักเรียนที่แสดงกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละบทเรียน โดยนำข้อมูลการตอบคำถามในใบกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์พัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียน รายละเอียดแสดงดังตารางที่

20

ตารางที่ 21 แสดงพัฒนาการระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
จากใบกิจกรรม

เลขที่ของ นักเรียน	พัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากใบกิจกรรม				ระดับความสามารถ ที่เปลี่ยนแปลง
	ควรปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก	
1					↑ 2 ระดับ
2					↑ 3 ระดับ
3					↑ 2 ระดับ
4					↑ 2 ระดับ
5					↑ 2 ระดับ
6					↑ 2 ระดับ
7					↑ 2 ระดับ
8					ไม่มีพัฒนาการ
9					ไม่มีพัฒนาการ
10					↑ 2 ระดับ
11					↑ 1 ระดับ
12					ไม่มีพัฒนาการ
13					↑ 3 ระดับ
14					↑ 1 ระดับ
15					↑ 2 ระดับ
16					ไม่มีพัฒนาการ
17					ไม่มีพัฒนาการ
18					ไม่มีพัฒนาการ
19					↑ 3 ระดับ
20					↑ 2 ระดับ
22					ไม่มีพัฒนาการ
23					↑ 2 ระดับ
24					ไม่มีพัฒนาการ
25					↑ 1 ระดับ
26					ไม่มีพัฒนาการ

เลขที่ของ นักเรียน	พัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากใบกิจกรรม				ระดับความสามารถ ที่เปลี่ยนแปลง
	ควรปรับปรุง	ปานกลาง	ดี	ดีมาก	
27					ไม่มีพัฒนาการ ↑ 2 ระดับ ↑ 1 ระดับ ↑ 1 ระดับ
28					
29					
30					
31					↑ 3 ระดับ ไม่มีพัฒนาการ ↑ 2 ระดับ ไม่มีพัฒนาการ ↑ 1 ระดับ
32					
33					
34					
35					

หมายเหตุ : หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1
 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

จากตารางที่ 21 พบว่านักเรียนมีรูปแบบพัฒนาการทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 นักเรียนมีพัฒนาการ 3 ระดับ รูปแบบที่ 2 นักเรียนมีพัฒนาการ 2 ระดับ รูปแบบที่ 3 นักเรียนมีพัฒนาการ 1 ระดับ และรูปแบบที่ 4 ไม่มีพัฒนาการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

รูปแบบที่ 1 นักเรียนมีพัฒนาการ 3 ระดับ คือ นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากระดับควรปรับปรุงเป็นระดับดีมาก มีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 11.76 นักเรียนในกลุ่มนี้ได้แก่ เลขที่ 2 13 19 และ 31

รูปแบบที่ 2 นักเรียนมีพัฒนาการ 2 ระดับ คือ (1) นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากระดับควรปรับปรุงเป็นระดับดี มีจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 23.53 นักเรียนในกลุ่มนี้ได้แก่ เลขที่ 1 3 5 6 7 15 28 และ 33 และ (2) นักเรียนมีพัฒนาการจากระดับปานกลางเป็นระดับดีมาก มีจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 11.76 นักเรียนในกลุ่มนี้ได้แก่ เลขที่ 4 10 20 และ 23

รูปแบบที่ 3 นักเรียนมีพัฒนาการ 1 ระดับ คือ นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากระดับควรปรับปรุงเป็นระดับปานกลาง มีจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 17.65 นักเรียนในกลุ่มนี้ได้แก่ เลขที่ 11 14 25 29 30 และ 35

รูปแบบที่ 4 นักเรียนไม่มีพัฒนาการ คือ นักเรียนไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 35.30 นักเรียนในกลุ่มนี้ ได้แก่ เลขที่ 8 9 12 16 17 18 22 24 26 27 32 และ 34

ตัวอย่างพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ผู้วิจัยคัดเลือกตัวอย่างนักเรียนในรูปแบบพัฒนาการที่ 1 – 3 มารูปแบบละ 1 ตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรม แบบสังเกต และวิดีโอที่บันทึกกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนในแต่ละรูปแบบพัฒนาการมีกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

รูปแบบที่ 1 นักเรียนมีพัฒนาการ 3 ระดับ กล่าวคือ นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากระดับควรปรับปรุงเป็นระดับดีมาก

ตัวอย่างกระบวนการโต้แย้งผ่านการสร้างแบบจำลองของนักเรียนเลขที่ 2

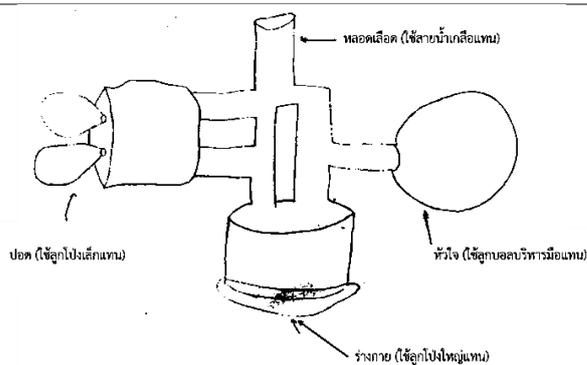
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ จากใบกิจกรรมแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งอยู่ในระดับควรปรับปรุง โดยนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองและไม่สามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนเหตุผลได้ ส่วนข้อมูลจากแบบสังเกตและวิดีโอที่บันทึกแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้ แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งในระดับที่สูงขึ้นอยู่ในระดับดีมากซึ่งนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ ส่วนข้อมูลจากแบบสังเกตและวิดีโอที่บันทึกแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและการสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น

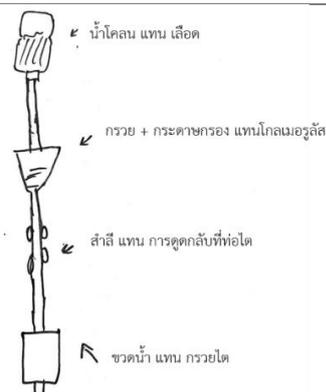
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองได้และแบบจำลองของนักเรียนได้รับการเลือกให้เป็นแบบจำลองเบื้องต้นของกลุ่ม ระหว่างการสร้างแบบจำลองนักเรียนมีการขอคำแนะนำจากอาจารย์ผู้สอน แต่แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีรายละเอียดที่ไม่ครบถ้วนตามที่กล่าวไว้ในข้อกล่าวอ้าง (ดังภาพ 16) นักเรียนมีการให้เหตุผลสนับสนุน

แต่เหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง และไม่สามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนเหตุผลได้ และในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเอง ได้ด้วยตนเองและแบบจำลองของนักเรียนได้รับเลือกให้เป็นแบบจำลองเบื้องต้นของกลุ่ม แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมีรายละเอียดที่ครบครบถ้วนตามที่กล่าวไว้ในข้อกล่าวอ้าง (ดังภาพ 17) นักเรียนมีการให้เหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ และสามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนเหตุผลได้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
<p>ข้อกล่าวอ้าง</p> <p>“ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์เริ่มต้นจากเลือดจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไหลกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนผ่านลิ้นหัวใจห้องหัวใจห้องล่างขวาจากนั้นหัวใจห้องล่างขวาสูบฉีดเลือดไปยังปอดเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊ส เลือดจากปอดไหลกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้ายลงสู่หัวใจห้องล่างซ้าย และหัวใจห้องล่างซ้ายสูบฉีดเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย”</p>	<p>ข้อกล่าวอ้าง</p> <p>“ร่างกายของมนุษย์สามารถขับถ่ายปัสสาวะออกได้โดยอาศัยอวัยวะในระบบขับถ่าย ซึ่งมีการกรองของเสียในเลือดโดยไต”</p>
<p>เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง</p> <p>“เลือดมีแรงดันค่อนข้างต่ำทำให้เลือดไหลเวียนไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ช้า และยิ่งอยู่ห่างจากหัวใจมากเลือดจะมีแรงดันต่ำมาก”</p>	<p>เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง</p> <p>“ไตเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ในการกรองของเสียออกจากเลือดโดยภายในไตประกอบด้วยหน่วยไตซึ่งมีโกลเมอรูลัสกรองสารขนาดใหญ่ มีท่อไตทำหน้าที่ในการดูดกลับน้ำและสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย”</p>
<p>หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง</p> <p>“ใช้สายน้ำเกลือแทนหลอดเลือด ใช้ลูกโลกฟองน้ำแทนหัวใจ ใช้ลูกโป่งเล็กสองอันเพื่อแสดงว่าปอดมีสองข้าง และใช้ลูกโป่งใหญ่แทนร่างกาย”</p>	<p>หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง</p> <p>“แบบจำลองที่สร้างจะใช้น้ำโคลนแทนเลือดที่มีของเสียออกจากร่างกาย เมื่อน้ำโคลนผ่านกระดาษกรองโคลนที่มีขนาดใหญ่จะถูกกรองไว้มีเพียงน้ำที่ผ่านกระดาษกรองได้ จากนั้นน้ำสารขนาดเล็กจะถูกดูดกลับคืนโดยลำลึที่อยู่ข้างสายน้ำเกลือซึ่งทำหน้าที่แทนท่อไต”</p>



ภาพที่ 16 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนที่มีพัฒนาในรูปแบบที่ 1
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1



ภาพที่ 17 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนที่มีพัฒนาในรูปแบบที่ 1
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ขั้นการนำเสนอแบบจำลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนมีการแสดงพฤติกรรมการโต้แย้งกลับ แต่เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งไม่ทำให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปมีความน่าเชื่อถือลดลงและนักเรียนไม่สามารถใช้หลักฐานจากแบบจำลองในการสนับสนุนเหตุผลในการโต้แย้งกลับได้ ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนสามารถโต้แย้งกลับโดยใช้เหตุผลที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปมีความน่าเชื่อถือลดลง และสามารถใช้อุบัติการณ์จากแบบจำลองในการสนับสนุนเหตุผลได้ ดังแสดงในตัวอย่างบทสนทนา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
<p>ผู้สอน : ในตอนที่หัวใจห้องล่างบีบขวาทัวนักเรียนมันใจได้ อย่างไรว่าเลือดถูกสูบฉีดไปยังปอด</p> <p>นักเรียน 02 : เพราะจากที่เคยเรียนมาเลือดจากห้องล่างขวาทจะ ถูกสูบฉีดไปยังปอด <i>(เหตุผล)</i></p> <p>ผู้สอน : เลือดจากหัวใจห้องล่างขวาทมีทิศทางการลำเลียงไปยัง ปอดอย่างไร นักเรียนลองอธิบายโดยใช้แบบจำลอง ของตนเองได้หรือไม่</p> <p>นักเรียน 02 : เมื่อเราบีบหัวใจเลือดจะไหลไปยังปอด <i>(หลักฐาน)</i></p> <p>ผู้สอน : จากแบบจำลองของนักเรียน นักเรียนมันใจได้อย่างไร ว่าเลือดจากหัวใจห้องล่างจะไม่ไหลกลับไปห้องบน</p> <p>นักเรียน 02 : เพราะมีลิ้นกั้น (ไม่มีหลักฐานแสดงใน แบบจำลอง)</p> <p>.....</p>	<p>นักเรียนกลุ่มอื่น : โกลเมอรูลัสทำหน้าที่ในการกรองสาร ขนาดใหญ่ การใช้กระดาษกรองที่มีรูขนาดเล็ก จะทำให้ สารขนาดเล็กผ่านกระดาษไม่ได้ด้วย ทำไมทางกลุ่มถึงไม่ใช่ เพียงแค่กระดาษที่มาพร้อมกับกรวยกรอง</p> <p>นักเรียน 002 : ตะแกรงที่มาอยู่กับกรวยมีรูใหญ่เกินไป ทำให้ น้ำโคลนสามารถผ่านไปได้อย่างหมด <i>(หลักฐาน)</i> ทางกลุ่มจึง คิดว่าการใช้กระดาษกรองจะแสดงหน้าที่ของโกลเมอรูลัส ได้ดีกว่า <i>(เหตุผล)</i></p> <p>.....</p> <p>นักเรียนกลุ่มอื่น : สารที่ถูกดูดกลับแล้วจะไปไหนต่อ ทางกลุ่มไม่ได้อธิบายไว้</p> <p>นักเรียน 002 : ในแบบจำลองของกลุ่มไม่ได้แสดงไว้ แต่ทางกลุ่มจะนำสายยางขนาดเล็กต่อออกมาจากลำไส้ <i>(หลักฐาน)</i> เพื่อแสดงให้เห็นว่าสารเมื่อถูกดูดกลับแล้วจะ กลับเข้าสู่ร่างกายทางหลอดเลือดเวน <i>(เหตุผล)</i></p>

นักเรียนกลุ่มอื่น : เพราะเหตุใดถึงใช้ฟองน้ำลูกโลกแทนหัวใจ

นักเรียน 02 : เนื่องจากฟองน้ำสามารถซึมซับน้ำได้ดี

(หลักฐาน) คล้ายกับหัวใจที่กักเก็บเลือด (เหตุผล)

นักเรียนกลุ่มอื่น : แต่หัวใจของเรามีสีห้อง การใช้ลูกโลกแทนหัวใจทั้งหมดจะไม่สามารถอธิบายได้ว่าเลือดมีทิศทางการไหลอย่างไร

นักเรียน 02 : หากใช้ลูกโป่ง ของเหลวที่ใส่เข้าไปอาจรั่วได้

(เหตุผล)

ครูผู้สอน : ปกติไตของคนมีอยู่ 2 ข้าง หากทำแบบจำลองที่แสดงให้เห็นถึงไตทั้งสองข้างจะชัดเจนกว่าไหม

นักเรียน 002 : เนื่องจากกระดาษกรองมีเพียง 1 แผ่นทางกลุ่มจึงลงความเห็นว่ามันทำไตเพียงข้างเดียว (เหตุผล)

ขั้นการเขียนสะท้อนคิดผ่านบุคคล

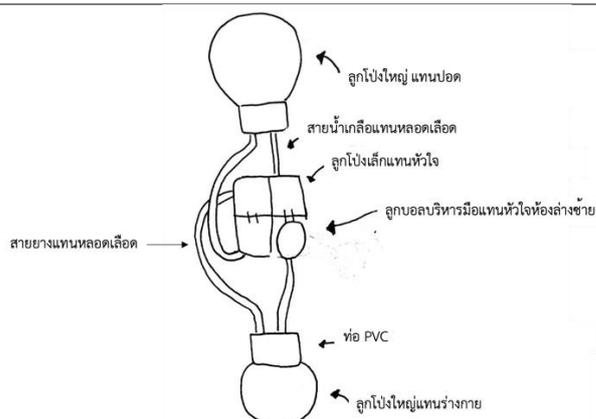
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ในขั้นการเขียนสะท้อนคิด นักเรียนมีการเขียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองในชั้นเรียน ผู้เชี่ยวชาญและข้อเสนอแนะที่ได้จากเพื่อนกลุ่มอื่นในขั้นการนำเสนอแบบจำลอง มีการวาดแบบจำลองสุดท้ายของกลุ่ม และระบุว่ามีการปรับเปลี่ยนแบบจำลองอย่างไรพร้อมระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

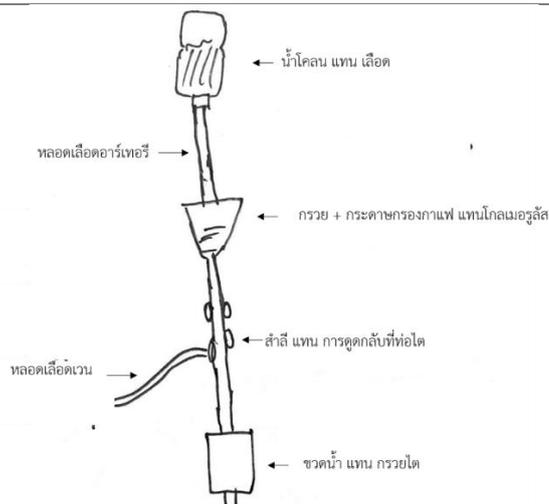
กลุ่มของเรามีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง (ข้อกล่าวอ้าง) เนื่องจากแบบจำลองเดิมไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างห้องบนและห้องล่างได้นอกจากนี้แบบจำลองยังไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงทิศทางการหมุนเวียนของเลือดได้อย่างชัดเจน (เหตุผล) ทางกลุ่มจึงมีการใช้ลูกโป่งเล็ก 3 อัน แทนหัวใจห้องบนขวา ห้องขวา และบนซ้าย ใช้ลูกบอลบริหารมือแทนหัวใจห้องล่างซ้าย (หลักฐาน) เนื่องจากต้องสูบน้ำออกไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (เหตุผล) มีการใช้วาล์วน้ำเกลือกั้นระหว่างหัวใจเพื่อแสดงให้เห็นว่าลิ้นหัวใจมีการเปิดปิด ไม่ได้เปิดอยู่ตลอดเวลา (หลักฐาน)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กลุ่มของเรามีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง (ข้อกล่าวอ้าง) โดยการต่อสายยางขนาดเล็กออกจากลำไส้ (หลักฐาน) เพื่อแสดงให้เห็นว่าสารที่ถูกดูดกลับจะถูกลำเลียงกลับสู่ร่างกายโดยหลอดเลือดเวน (เหตุผล) และมีการเปลี่ยนไปใช้กระดาษกรองกาแฟแทนกระดาษกรองเนื่องจากกระดาษกรองกาแฟมีรูที่ใหญ่กว่ากระดาษกรอง (หลักฐาน) ซึ่งจะคล้ายกับการทำงานของโกลเมอรูลัสมากขึ้น (เหตุผล)



ภาพที่ 18 แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงของนักเรียนที่มีพัฒนาการรูปแบบที่ 1 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1)



ภาพที่ 19 แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงของนักเรียนที่มีพัฒนาการรูปแบบที่ 1 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4)

รูปแบบที่ 2 นักเรียนมีพัฒนาการ 2 ระดับ กล่าวคือนักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากระดับควรปรับปรุงเป็นระดับดี และมีพัฒนาการจากระดับปานกลางเป็นระดับดีมาก

2.1 นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากควรปรับปรุงเป็นระดับดี

ตัวอย่างกระบวนการโต้แย้งผ่านการสร้างแบบจำลองของนักเรียน 28

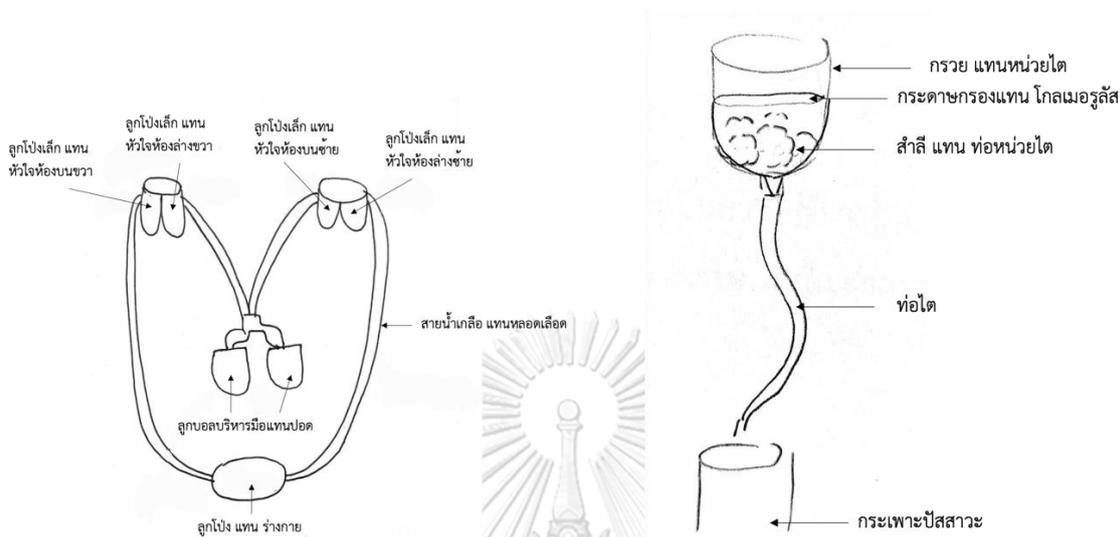
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งอยู่ในระดับปรับปรุง โดยนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองและไม่สามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนเหตุผลได้ ส่วนข้อมูลจากแบบสังเกตและวิดีโอที่ค้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้ แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งสูงขึ้นอยู่ในระดับดี ซึ่งนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเอง และใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ ส่วนข้อมูลจากแบบสังเกตและวิดีโอที่ค้นแสดงให้เห็นว่าสามารถโต้แย้งกลับโดยให้เหตุผลที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้บางครั้ง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและการสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ แต่แบบจำลองของนักเรียนไม่ได้รับเลือกให้เป็นแบบจำลองเบื้องต้นของกลุ่ม ระหว่างการสร้างแบบจำลองนักเรียนมีการขอคำแนะนำจากอาจารย์ผู้สอน แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีรายละเอียดที่ไม่ครบถ้วนตามที่กล่าวไว้ในข้อกล่าวอ้าง (ดังภาพ 20) นักเรียนมีการให้เหตุผลสนับสนุนแต่เหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง และไม่สามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนเหตุผลได้ และในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ด้วยตนเอง และแบบจำลองของนักเรียนไม่ได้รับเลือกให้เป็นแบบจำลองเบื้องต้นของกลุ่ม แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมีรายละเอียดที่ครบถ้วนตามที่กล่าวไว้ในข้อกล่าวอ้าง (ดังภาพที่ 21) นักเรียนมีการให้เหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ และสามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนเหตุผลได้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
ข้อกล่าวอ้าง	ข้อกล่าวอ้าง
“หัวใจห้องล่างซ้ายสูบฉีดเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และกลับเข้าสู่หัวใจทางหัวใจห้องบนขวา ลงสู่หัวใจห้องล่างขวา จากนั้นส่งไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด เลือดกลับมาถึงหัวใจห้องบนซ้ายและหัวใจห้องล่างซ้ายวนแบบนี้ไปเรื่อย ๆ ”	“ร่างกายของมนุษย์สามารถขับถ่ายปัสสาวะออกได้ จะต้องอาศัยอวัยวะในระบบขับถ่าย โดยจะมีการกรองของเสียในเลือดโดยผ่านไต จากนั้นน้ำปัสสาวะจะไปรวมกันที่กระเพาะปัสสาวะและขับออกนอกร่างกาย”
เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
“เนื่องจากร่างกายต้องการสารประกอบที่ทำให้ส่งเลือดไปทั่วร่างกาย”	“ไตเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ในการกรองของเสียออกจากเลือดโดยภายในไตประกอบด้วยหน่วยไตซึ่งมีโกลเมอรูลัสกรองสารขนาดใหญ่ มีท่อไตทำหน้าที่ในการดูดกลับน้ำและสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย”
หลักฐานสนับสนุน	หลักฐานสนับสนุน
“ใช้สายน้ำเกลือในการลำเลียงสารในแบบจำลอง”	“แบบจำลองที่สร้างจะใช้น้ำโคลนแทนเลือดที่มีของเสียออกจากร่างกาย เมื่อน้ำโคลนผ่านกระดาษกรองโคลนที่มีขนาดใหญ่จะถูกกรองไว้มีเพียงน้ำที่ผ่านกระดาษ

กรองได้ จากนั้นสารขนาดเล็กจะถูกดูดกลับคืนโดย
“ลำไส้”



ภาพที่ 20 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนที่มีพัฒนาในรูปแบบที่ 2.1
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ภาพที่ 21 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนที่มีพัฒนาในรูปแบบที่ 2.1
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ขั้นการนำเสนอแบบจำลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนมีการแสดงพฤติกรรม การโต้แย้งกลับโดยต้องได้รับการกระตุ้นจากครูผู้สอนในช่วงแรก หลังจากนั้นนักเรียนมีความพยายามในการโต้แย้งเพิ่มมากขึ้นแต่การโต้แย้งกลับนักเรียนยังไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้ ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนมีการแสดงพฤติกรรม การโต้แย้งกลับโดยสามารถโต้แย้งกลับโดยให้เหตุผลที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้บางครั้ง สามารถใช้แบบจำลองแสดงหลักฐานรองรับข้อกล่าวอ้างได้ดังแสดงในตัวอย่างบทสนทนา

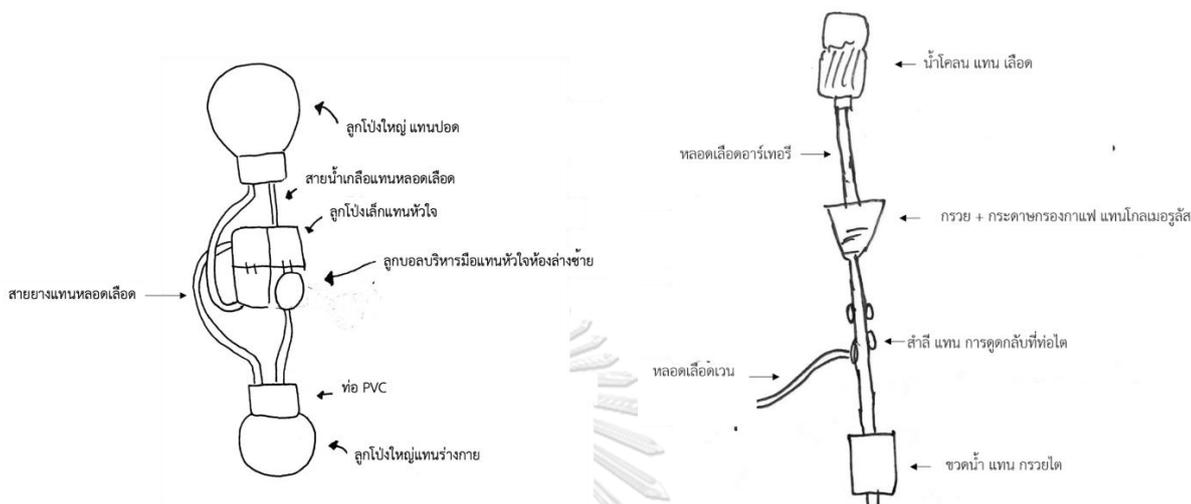
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
<p>ผู้สอน : จากแบบจำลองแสดงว่าหลอดเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจและนำเลือดเข้าสู่หัวใจมีขนาดเท่ากันใช่หรือไม่</p> <p>ผู้เรียน 28 : จากที่เคยเรียนมาหลอดเลือดที่นำเลือดเข้าสู่หัวใจมีช่องว่างขนาดใหญ่กว่า <i>(เหตุผล)</i></p> <p>ผู้สอน : แต่แบบจำลองแสดงให้เห็นว่าหลอดเลือดทั้งสองมีขนาดเท่ากัน นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายเพิ่มเติมได้หรือไม่</p> <p>ผู้เรียน 28 : กลุ่มของเราใช้สายน้ำเกลือ เพราะสายยางมีความยาวไม่เพียงพอ <i>(เหตุผล)</i></p>	<p>นักเรียนกลุ่มอื่น : ทำไมถึงไม่ใช้น้ำสีแดงแทนเลือดที่มีของเสีย</p> <p>ผู้เรียน 28 : เนื่องจากน้ำสีแดงไม่มีอนุภาคขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถผ่านกระดาษกรองได้ (หลักฐาน) อาจทำให้ไม่ตรงกับหน้าที่ของโกลเมอรูลัสที่กรองสารขนาดใหญ่ <i>(เหตุผล)</i></p> <p>ผู้สอน : นักเรียนคิดว่าแบบจำลองของนักเรียนอธิบายกลไกการกำจัดของเสียออกมาในรูปของปัสสาวะได้ครบถ้วนหรือไม่</p> <p>ผู้เรียน 28 : ครบถ้วน <i>(ข้อกล่าวอ้าง)</i></p> <p>ผู้สอน: แต่จากข้อกล่าวอ้างของนักเรียน นักเรียนมีการพูดถึงกระเพาะปัสสาวะ แต่ในแบบจำลองไม่ได้แสดง</p> <p>ผู้เรียน 28 : กลุ่มของเราคิดว่ากระบวนการกำจัดของเสียส่วนใหญ่เกิดที่หน่วยไต จึงเน้นไปที่หน่วยไตเป็นหลัก และทุกคนก็น่าจะรู้อยู่แล้วว่าน้ำปัสสาวะไปรวมกันที่กระเพาะปัสสาวะ <i>(เหตุผล)</i></p>

ขั้นการเขียนสะท้อนคิดผ่านส่วนบุคคล

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนมีการเขียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองในชั้นปริญญาผู้เชี่ยวชาญมีการวาดแบบจำลองสุดท้ายของกลุ่มและระบุว่ามีการปรับเปลี่ยนแบบจำลองอย่างไรแต่นักเรียนไม่มีการเชื่อมโยงถึงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนมีการเขียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองในชั้นปริญญาผู้เชี่ยวชาญ มีการวาดแบบจำลองสุดท้ายของกลุ่มมีการระบุว่ามีการปรับเปลี่ยนแบบจำลองอย่างไรโดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
<p><u>แบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลง</u> (ข้อกล่าวอ้าง) <u>โดยมีการใช้วาล์วน้ำเกลือแทนลิ้นหัวใจเพื่อควบคุมการเปิดปิด และมีการใช้ลูกบอลบริหารมือแทนลูกโป่งเพื่อเพิ่มแรงดัน</u> (หลักฐาน)</p>	<p>กลุ่มของเรามีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง (ข้อกล่าวอ้าง) โดยการต่อสายยางขนาดเล็กออกจากลำไส้ (หลักฐาน) เพื่อแสดงให้เห็นว่าสารที่ถูกดูดกลับจะถูกลำเลียงกลับสู่ร่างกายโดยหลอดเลือดเวน (เหตุผล) และมีการเปลี่ยนไปใช้</p>

กระดาษกรองกาแฟแทนกระดาษกรองเนื่องจากกระดาษกรองกาแฟมีรูที่ใหญ่กว่ากระดาษกรอง (หลักฐาน) ซึ่งจะคล้ายกับการทำงานของโกลเมอรูลัสมากขึ้น (เหตุผล)



ภาพที่ 22 แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงของนักเรียนที่มีพัฒนาการรูปแบบที่ 2.1 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1)

ภาพที่ 23 แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงของนักเรียนที่มีพัฒนาการรูปแบบที่ 2.1 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4)

2.2 นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากปานกลางเป็นระดับดีมาก

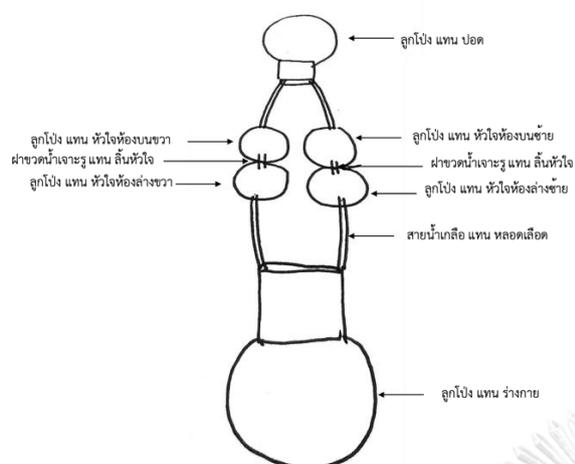
ตัวอย่างกระบวนการโต้แย้งผ่านการสร้างแบบจำลองของนักเรียน 20

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ข้อมูลจากใบกิจกรรมแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งอยู่ในระดับปานกลาง โดยสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับระบบหมุนเวียนเลือดของคนได้ สามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง ส่วนข้อมูลจากแบบสังเกตและวิดีทัศน์แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถแสดงเหตุผลในการโต้แย้งกลับที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลง สามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้บางครั้ง แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งที่สูงขึ้นอยู่ในระดับดี ซึ่งนักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ สามารถให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเอง และสามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ ส่วนข้อมูลจากแบบสังเกตและวิดีทัศน์แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลโต้แย้งกลับที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

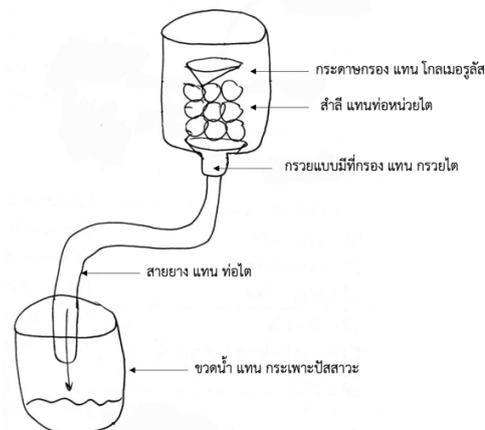
ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและการสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองได้และแบบจำลองของนักเรียนได้รับคัดเลือกให้เป็นแบบจำลองเบื้องต้นของกลุ่ม แบบจำลองมีรายละเอียดครบถ้วนตามที่กล่าวไว้ในข้อกล่าวอ้าง (ดังภาพ 24) นักเรียนมีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ และสามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ บางครั้ง และในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองได้โดยแบบจำลองของนักเรียนได้รับเลือกให้เป็นแบบจำลองเบื้องต้นของกลุ่ม แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีรายละเอียดครบถ้วนตามที่กล่าวไว้ในข้อกล่าวอ้าง (ดังภาพ 25) นักเรียนมีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ และสามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
<p>ข้อกล่าวอ้าง</p> <p>“ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์เริ่มต้นจากเลือดจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไหลกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนผ่านลิ้นหัวใจห้องล่างขวาจากนั้นหัวใจห้องล่างขวาสูบฉีดเลือดไปยังปอดเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊ส เลือดจากปอดไหลกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้ายผ่านลิ้นหัวใจห้องล่างซ้าย และหัวใจห้องล่างซ้ายสูบฉีดเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย”</p>	<p>ข้อกล่าวอ้าง</p> <p>“การกำจัดของเสียออกมาในรูปปัสสาวะของมนุษย์เริ่มต้นจากเลือดที่มีของเสียเข้ามาที่ไต ซึ่งประกอบด้วยหน่วยไตที่ทำหน้าที่กรองของเสียและดูดกลับสารที่มีประโยชน์ ของเหลวที่ผ่านหน่วยไตจะมารวมกันที่กระเพาะปัสสาวะและถูกขับออกเป็นปัสสาวะ”</p>
<p>เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง</p> <p>“ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์มีหัวใจที่ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดทำให้เลือดสามารถไหลไปตามหลอดเลือดเพื่อไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ มีลิ้นหัวใจกั้นระหว่างห้องบนและห้องล่างเพื่อเพิ่มความดัน”</p>	<p>เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง</p> <p>“หน่วยไต ประกอบด้วยโกลเมอรูลัสที่ทำหน้าที่กรองสารขนาดใหญ่ มีท่อหน่วยไตทำหน้าที่ดูดกลับสารที่มีประโยชน์ ของเหลวจากหน่วยไตจะผ่านมาทางกรวยไตที่เชื่อมต่อกับกระเพาะปัสสาวะ”</p>
<p>หลักฐานสนับสนุน</p> <p>“เมื่อทำการบีบหัวใจห้องล่างซ้ายจะทำให้เกิดของเหลวที่อยู่ในระบบหมุนเวียนเลือดเกิดการเคลื่อนที่ โดยเริ่มจาก ร่างกายไปยังหัวใจห้องบนขวาจากนั้นไปหัวใจห้องล่างขวา ไปยังปอด จากนั้นกลับมาที่หัวใจห้องบนซ้าย และห้องล่างซ้าย”</p>	<p>หลักฐานสนับสนุน</p> <p>“กระดาดากรองแทนโกลเมอรูลัสที่ทำหน้าที่กรองสารขนาดใหญ่ และลำไส้ทำหน้าที่เป็นท่อไตส่วนต้นและท่อนเฮนเล่ที่ทำหน้าที่ดูดกลับสารและน้ำ สายน้ำเกลือแทนท่อไตที่รับของเหลวจากหน่วยไต และไปรวมกันที่กระเพาะปัสสาวะ เมื่อทำการเทน้ำโคลนลงไปพบว่าของเหลวที่ลงมาที่กระเพาะปัสสาวะสะสมมากขึ้น”</p>



ภาพที่ 24 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนที่มีพัฒนาการในรูปแบบที่ 2.2 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1



ภาพที่ 25 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนที่มีพัฒนาการในรูปแบบที่ 2.2 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ขั้นการนำเสนอแบบจำลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงถึงความพยายามในการให้เหตุผลในการโต้แย้งกลับ แต่เหตุผลไม่ทำให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไปมีความน่าเชื่อถือลดลง ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนสามารถให้เหตุผลในการโต้แย้งกลับ และทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่น ๆ มีความน่าเชื่อถือลดลง และสามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ ดังแสดงในตัวอย่างบทสนทนา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
<p>นักเรียนกลุ่มอื่น : การใช้หลอดโป่งแทนหัวใจ เมื่อบีบลูกโป่งจะทำให้ของเหลวจากห้องล่างไหลย้อนกลับ</p> <p>นักเรียน 20: กลุ่มของเราใช้ฝาขวดเจาะรูขนาดเล็กแทนลิ้นหัวใจ เมื่อบีบลูกโป่งที่หัวใจห้องล่างจะทำให้ของเหลวส่วนใหญ่ไหลไปข้างหน้า <i>(หลักฐาน)</i></p> <p>นักเรียนกลุ่มอื่น : ลิ้นหัวใจต้องสามารถเปิดปิดได้ หากใช้วาล์วน้ำเกลือแทนจะทำให้แบบจำลองตรงกับความจริงมากกว่า</p> <p>นักเรียน 20 : เนื่องจากปากลูกโป่งมีขนาดใหญ่ จึงไม่สามารถนำไปใส่ในวาล์วน้ำเกลือได้ <i>(เหตุผล)</i></p>	<p>นักเรียนกลุ่มอื่น : โดยปกติการดูดกลับจะเกิดขึ้นบริเวณท่อหน่วยไต แต่จากแบบจำลองไม่แสดงให้เห็นถึงท่อหน่วยไต อาจทำให้คนอื่นเข้าใจว่าข้างในหน่วยไตมีลักษณะเป็นฟองน้ำ</p> <p>นักเรียน 020 : กลุ่มของเราออกแบบให้เห็นว่ากระบวนการกรองและการดูดกลับเกิดขึ้นภายในไตทั้งหมดไม่ได้แยกกัน โดยกลุ่มเราเน้นไปที่กระบวนการมากกว่า <i>(เหตุผล)</i> ซึ่งจากการเทน้ำโคลนลงไปพบว่า</p>

นักเรียนกลุ่มอื่น : เพราะเหตุใดจึงไม่ใช่สายน้ำเกลือแทน

นักเรียน 20: หากนำสายน้ำเกลือไปเชื่อมระหว่างลูกโป่งสองลูก จะทำให้ของเหลวรั่วออกมา (เหตุผล)

.....

ผู้สอน : จากแบบจำลองของนักเรียน เมื่อนักเรียนบีบลูกโป่งจะทำให้ของเหลวไหลออกมาจากปอด นักเรียนมั่นใจได้อย่างไรว่าของเหลวจะไหลมาที่ลูกโป่งที่แทนหัวใจห้องบนซ้ายทั้งหมด

นักเรียน 20 : เราจะใช้มือบีบสายน้ำเกลืออีกฝั่งไว้ (เหตุผล)

แบบจำลองสามารถกรองของเสียได้ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการที่เกิดขึ้น (หลักฐาน)

นักเรียนกลุ่มอื่น : กรวยไตไม่ได้ทำหน้าที่ในการกรองของเสีย แต่ทำไมทางกลุ่มถึงใช้กรวยที่มีตะแกรงกรองสาร

นักเรียน 020 : การที่กลุ่มเราใช้กรวยที่มีตะแกรงไม่ส่งผลต่อการกรองของสาร (ข้อกล่าวอ้าง) เนื่องจากอนุภาคของสารที่ผ่านลงมาเล็กกว่าช่องตะแกรงของกรวยอยู่แล้ว (หลักฐาน)

ขั้นการเขียนสะท้อนคิดผ่านส่วนบุคคล

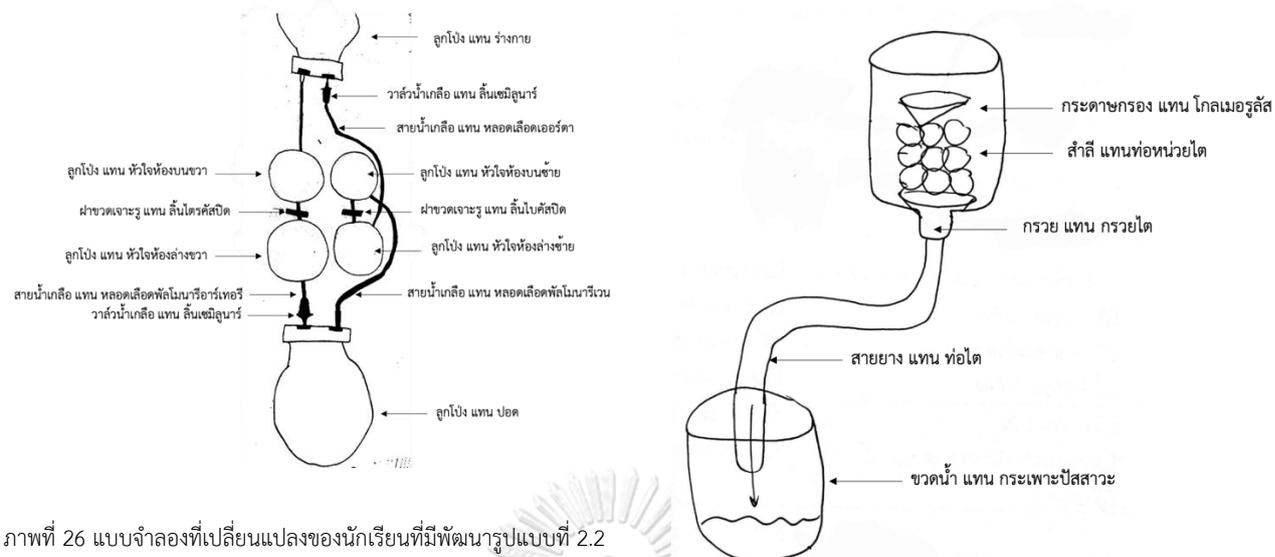
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ในขั้นการเขียนสะท้อนคิด นักเรียนมีการเขียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองให้สอดคล้องกับแบบจำลองในชั้นปรึกษาผู้เชี่ยวชาญและข้อเสนอแนะที่ได้จากเพื่อนกลุ่มอื่นในขั้นการนำเสนอแบบจำลอง มีการวาดแบบจำลองสุดท้ายของกลุ่ม และระบุว่ามีการปรับเปลี่ยนแบบจำลองอย่างไรพร้อมระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

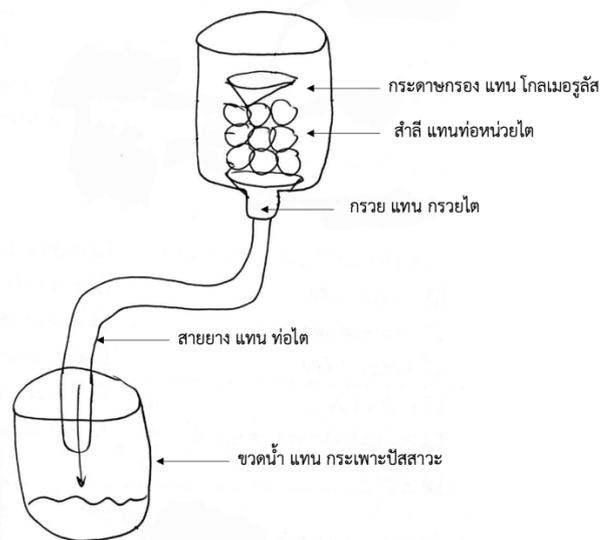
แบบจำลองของกลุ่มเรามีการเปลี่ยนแปลง (ข้อกล่าวอ้าง) โดยเพิ่มวาล์วน้ำเกลือเพื่อเป็นตัวแทนของลิ้นหัวใจเซมิลูนาร์ที่กั้นระหว่างหัวใจห้องล่างกับหลอดเลือดที่ออกจากหัวใจ (หลักฐาน)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กลุ่มของเรามีการเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง (ข้อกล่าวอ้าง) โดยใช้กรวยธรรมดาแทนกรวยที่มีที่ตะแกรง (หลักฐาน) เพื่อให้สอดคล้องกับหน้าที่ของกรวยไตที่ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของน้ำปัสสาวะที่ออกมาจากหน่วยไตโดยไม่ได้ทำหน้าที่ในการกรอง (เหตุผล)



ภาพที่ 26 แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงของนักเรียนที่มีพัฒนารูปแบบที่ 2.2
(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4)



ภาพที่ 27 แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงของนักเรียนที่มีพัฒนารูปแบบที่ 2.2
(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4)

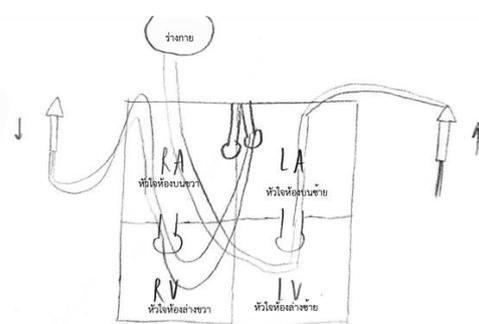
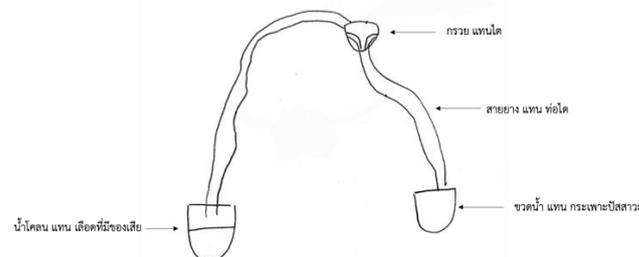
รูปแบบที่ 3 นักเรียนมีพัฒนาการ 1 ระดับ กล่าวคือ นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากระดับควรปรับปรุงเป็นระดับปานกลาง

ตัวอย่างกระบวนการโต้แย้งผ่านการสร้างแบบจำลองของนักเรียน 35

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ข้อมูลจากใบกิจกรรมแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งอยู่ในระดับปรับปรุง โดยสามารถสร้างแบบจำลองและสร้างข้อกล่าวอ้างเบื้องต้นของตัวเองได้ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเอง และใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ ส่วนข้อมูลจากแบบสังเกตและวิดิทัศน์แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้ แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนมีความสามารถในการโต้แย้งสูงขึ้นอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งนักเรียนนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเอง ให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเอง แต่ไม่สามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ ส่วนข้อมูลจากแบบสังเกตและวิดิทัศน์แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและการสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ (ดังภาพที่ 28) แต่แบบจำลองไม่ได้รับเลือกเป็นแบบจำลองเบื้องต้นของกลุ่ม แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีรายละเอียดที่ค่อนข้างน้อย นักเรียนไม่มีการระบุเหตุผลสนับสนุน และหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างลงในใบงาน และในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ (ดังภาพที่ 29) แต่แบบจำลองของนักเรียนไม่ได้รับเลือกให้เป็นแบบจำลองเบื้องต้นของกลุ่ม โดยแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมีรายละเอียดค่อนข้างน้อย นักเรียนมีการให้เหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของตนเอง แต่ไม่สามารถใช้แบบจำลองเป็นหลักฐานสนับสนุนได้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
ข้อกล่าวอ้าง	ข้อกล่าวอ้าง
<p>“เลือดไหลเข้าสู่หัวใจห้องบนขวาไปยังหัวใจห้องล่าง ถูกล่งไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด ไหลกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้ายไป ยังห้องล่างซ้ายและไปส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ”</p>	<p>“คนมีไตทำหน้าที่ในการกำจัดของเสีย โดยกำจัดออกมาในรูป ปัสสาวะ”</p>
เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
<p>- ไม่มีการระบุ -</p>	<p>“ไตมีหน่วยไตทำหน้าที่กรองสารและดูดกลับสารที่มีประโยชน์”</p>
หลักฐานสนับสนุน	หลักฐานสนับสนุน
<p>- ไม่มีการระบุ -</p>	<p>“เลือดที่มีของเสียจะเข้าสู่หน่วยไตซึ่งทำหน้าที่ในการกรองสารที่มี ขนาดใหญ่และดูดกลับสารที่มีประโยชน์ จากนั้นปัสสาวะจะถูกขับ ออกมาทางท่อไตแล้วไปรวมที่กระเพาะปัสสาวะ”</p>
	
<p>ภาพที่ 28 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนที่มีพัฒนาการในรูปแบบที่ 3 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1</p>	<p>ภาพที่ 29 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนที่มีพัฒนาการในรูปแบบที่ 3 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4</p>

ขั้นการนำเสนอแบบจำลอง

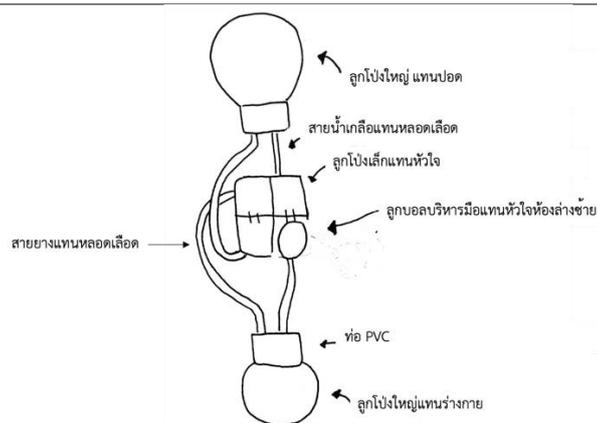
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนมีการแสดงพฤติกรรมกระตือรือร้นโต้แย้งกลับโดยต้องได้รับการกระตุ้นจากครูผู้สอน การโต้แย้งกลับนักเรียนยังไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้ ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนแสดงพฤติกรรมกระตือรือร้นโต้แย้งกลับโดยต้องได้รับการกระตุ้นจากครูผู้สอน โดยสามารถโต้แย้งกลับโดยให้เหตุผลที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้บางครั้ง ดังแสดงในตัวอย่างบทสนทนา

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
<p>ผู้สอน : หัวใจของเรามีทั้งหมด 4 ห้อง ทำไมกลุ่มของนักเรียนถึงใช้ลูกบอลบริหารมือแทนหัวใจ</p> <p>ผู้เรียน 35 : เดี่ยวกลุ่มของเราจะเปลี่ยนไปใช้ลูกโป่งแทน (ข้อกล่าวอ้าง)</p> <p>ผู้สอน : หากนักเรียนต้องนำแบบจำลองของกลุ่มตัวเองไปโต้แย้งกับเพื่อนและให้เพื่อนยอมรับแบบจำลองของกลุ่มนักเรียน นักเรียนจะอธิบายข้อดีของการใช้ลูกบอลบริหารมือแทนหัวใจว่าอย่างไร</p> <p>ผู้เรียน 35 : เพราะลูกบอลบริหารมือมีฟองน้ำดูดซับของเหลวได้มาก (หลักฐาน)</p>	<p>นักเรียนกลุ่มอื่น : การดูกลับในข้อโต้แย้งเป็นการดูกลับสารที่มีขนาดเล็ก การนำสำลีแปะด้านข้างจะเป็นการดูกลับน้ำอย่างเดียวหรือไม่</p> <p>ผู้เรียน 35 : กลุ่มเราเน้นการแสดงให้เห็นว่ามีการดูกลับ (ข้อกล่าวอ้าง)</p>

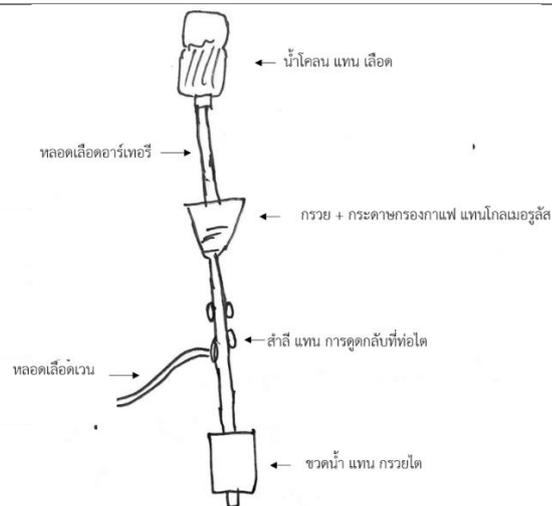
ขั้นการเขียนสะท้อนคิดผ่านส่วนบุคคล

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนมีการวาดแบบจำลองสุดท้ายของกลุ่ม มีการบอกรายละเอียดในการเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง แต่ไม่ระบุสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4
<p><u>มีการเปลี่ยนแปลงโดยใส่วาส์น้ำเกลือเพิ่มลงไป</u> (หลักฐาน)</p>	<p><u>มีการเปลี่ยนแปลงโดย</u> (ข้อกล่าวอ้าง) <u>ต่อสายน้ำเกลือออกมาจากสำลี และเปลี่ยนกระดาษกรองเป็นกระดาษกรองกาแฟ</u> (หลักฐาน)</p>



ภาพที่ 30 แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงของนักเรียนที่มีพัฒนาการรูปแบบที่ 3
(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1)



ภาพที่ 31 แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงของนักเรียนที่มีพัฒนาการรูปแบบที่ 3
(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นมีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีความมุ่งหวังเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีวัตถุประสงค์ 2 ข้อได้แก่ (1) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและ (2) เพื่อศึกษากระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษา อยู่ภาคเรียนที่ 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2563 จำนวน 34 คน ในโรงเรียนสาธิตสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ใช้เวลาจัดการเรียนการสอนทั้งหมด 23 คาบ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยตอนที่ 1 เก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ตอนที่ 2 เก็บข้อมูลโดยใช้วีดิทัศน์บันทึกกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน การสังเกตและจดบันทึกพฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตกระบวนการในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และ ใบกิจกรรมของนักเรียนที่แสดงกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละบทเรียนวิเคราะห์ข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ (%) การทดสอบทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent *t*-test) และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา

1. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีรูปแบบกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างจำลองทั้งหมด 4 รูปแบบ

2. การอภิปรายผลการวิจัย

(1) จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยรวมทุกองค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ผลการวิจัยสรุปเช่นนี้ได้สามารถอธิบายเหตุผลได้ 2 ประการดังนี้

ประการที่ 1 กระบวนการสร้างแบบจำลองเทียบเคียงกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

การทำงานของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการนำเสนอข้อค้นพบหรือข้อความรู้ใหม่ต่อชุมชน สังคมวิทยาศาสตร์ตลอดจนสาธารณชน นักวิทยาศาสตร์จะใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อค้นพบหรือข้อกล่าวอ้างของตนเอง รวมทั้งโต้แย้งข้อคัดค้านของนักวิทยาศาสตร์คนอื่นด้วยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์หรือหลักฐานเชิงประจักษ์ผ่านแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น โดยแบบจำลองที่ไม่สอดคล้องกับหลักฐานจะต้องถูกแก้ไขให้ถูกต้องหรือถูกปฏิเสธ (Bryce et al., 2016; Ford, 2012; Gilbert et al., 2000; Lehrer & Schauble, 2005; Manz, 2012; Schwarz et al., 2009) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการวิจัยครั้งนี้ มีกระบวนการสอนหรือกิจกรรมสำคัญที่ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1.1) กิจกรรมการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นและการสร้างข้อโต้แย้งของกลุ่ม

กิจกรรมนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้นเพื่อตอบคำถามที่ได้ร่วมกันตั้ง เช่น “ระบบหมุนเวียนเลือดผ่านหัวใจของคนมีกลไกอย่างไร” จากนั้นสร้างข้อโต้แย้งที่ใช้อธิบายแบบจำลองเบื้องต้นดังกล่าว กิจกรรมลักษณะนี้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการสร้างข้อโต้แย้งโดยใช้แบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น ซึ่งเปรียบเสมือนกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่มีการสร้างแบบจำลองเพื่อนำเสนอและอธิบายความเข้าใจของตนเองผ่านปรากฏการณ์ต่าง ๆ ข้อโต้แย้งเบื้องต้นที่นักเรียนสร้างขึ้นประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน ผู้สอนมีการกำหนดกรอบการเขียนข้อโต้แย้งให้นักเรียนเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนเข้าใจองค์ประกอบของการโต้แย้งและช่วยให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งได้ดีขึ้นเนื่องจากนักเรียนสามารถเติมความคิดเห็นลงในช่องว่างได้อย่างตรงประเด็นและถูกต้องตามองค์ประกอบของการโต้แย้ง (Lehrer & Schauble, 2005; Osborne et al., 2004) นอกจากนี้การจัดกิจกรรมยังให้นักเรียนมีโอกาสนำเสนอแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตนเองต่อเพื่อนสมาชิกในกลุ่มเพื่อคัดเลือกแบบจำลองเบื้องต้นที่ดีที่สุดของกลุ่ม นักเรียนต้องอธิบายและแสดงให้เพื่อนยอมรับว่าแบบจำลองของตนเองน่าจะอธิบายปรากฏการณ์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์ที่สุด กิจกรรมนี้จึงเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้เหตุผลและหลักฐานสนับสนุนที่น่าเชื่อถือมาโต้แย้งเพื่อให้เพื่อนในกลุ่มยอมรับแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง

รวมถึงส่งเสริมให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองของตนเองซึ่งจะทำให้เห็นถึงลักษณะของแบบจำลองที่ดี เนื่องจากคุณภาพของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมีผลต่อการระบุข้อกล่าวอ้างเหตุผลและสนับสนุนของนักเรียนในระหว่างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงจะทำให้นักเรียนมองเห็นประเด็นที่สามารถใช้ในการโต้แย้งได้มาก (Esther et al., 2020; Evagorou et al., 2020; Osborne et al., 2004; Rinehart et al., 2014)

1.2) กิจกรรมนำเสนอแบบจำลองและสร้างข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น

กิจกรรมนี้นักเรียนได้สร้างข้อโต้แย้งร่วมกันกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ เพื่อชักชวนให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ยอมรับแบบจำลองและข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเอง มีการรับฟังข้อโต้แย้งจากกลุ่มอื่น และหาหลักฐานที่สามารถหักล้างหรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นได้ กิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนได้วิเคราะห์ถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตนเอง เพื่อนำไปสู่การปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองรวมถึงมีการทบทวนหรือค้นหาหลักฐานเพิ่มเติมเพื่อนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น กิจกรรมดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนมีการโต้แย้งระหว่างกลุ่มทำให้นักเรียนได้ฝึกความสามารถในการสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและการให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ และการใช้แบบจำลองในการโต้แย้งยังช่วยส่งเสริมศักยภาพในการใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอย่างมีเหตุผล (Bryce et al., 2016; Ford, 2012; Schwarz et al., 2009; พรเทพ จันทราอุทฤษฎ์, 2013)

1.3) กิจกรรมปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ

กิจกรรมนี้นักเรียนนำแบบจำลองและข้อกล่าวอ้างของตนเองมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองของผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง มีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือจากกิจกรรมภายในชั้นเรียนที่ผู้สอนจัดขึ้น ในช่วงท้ายของกิจกรรมนี้มีการนำนักเรียนอภิปรายโดยการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนคิดทบทวน ตรวจสอบ ปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองและข้อโต้แย้งของกลุ่มตนเองให้ถูกต้อง เนื่องจากการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพต้องมีพื้นฐานมาจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ตัวอย่างคำถามที่ใช้ เช่น แบบจำลองของนักเรียนสอดคล้องกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ ทำไมนักเรียนถึงคิดเช่นนั้น นักเรียนมีหลักฐานอะไรมาสนับสนุน เป็นต้น กิจกรรมลักษณะนี้ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ลักษณะและการได้มาซึ่งหลักฐานที่น่าเชื่อถือที่นำไปข้อสรุปเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และได้วิเคราะห์และเลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองเพื่อให้ข้อโต้แย้งของตนเองน่าเชื่อถือมากขึ้น (Berland & Hammer, 2012; Jonassen & Kim, 2010; Osborne et al., 2004; Walton et al., 2008)

ประการที่ 2 การสะท้อนคิดผ่านการเขียน

การได้เขียนสะท้อนคิดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทบทวนกระบวนการสร้างแบบจำลอง กระบวนการคิด และการโต้แย้งที่เกิดขึ้นระหว่างเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่จากประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียน นำไปสู่การปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของตนเอง และการที่นักเรียนได้สะท้อนคิดเกี่ยวกับการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการปรับปรุงแบบจำลองช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของตนเองได้ เนื่องจากกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลองและการปรับปรุง แก๊ซแบบจำลองนั้น นักเรียนต้องใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการทำให้แบบจำลองสุดท้ายมีความสมบูรณ์มากที่สุด การเขียนสะท้อนคิดจึงทำให้นักเรียนเห็นถึงการใช้หลักฐานในการสนับสนุนและคัดค้านข้อโต้แย้งของตนเอง ผ่านการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง และการให้นักเรียนได้เขียนสะท้อนคิดเมื่อสิ้นสุดบทเรียนยังช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนหลักการโต้แย้งที่ถูกต้องเนื่องจากมีกรอบคำถามที่กำหนดไว้เป็นแนวทางให้คือ “ให้นักเรียนอธิบายว่าแบบจำลองแรกที่นักเรียนสร้างขึ้นกับแบบจำลองสุดท้ายของนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ และทำไมถึงเปลี่ยนแปลง” ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้ทบทวนการใช้เหตุผลและหลักฐานสนับสนุนการปรับปรุง แก๊ซแบบจำลอง ส่งผลให้นักเรียนเห็นถึงลักษณะของเหตุผลและหลักฐานสนับสนุนที่ดี (Forrest, 2008; Mayer, 1989; Treagust et al., 2002; Xhaferi & Xhaferi, 2016)

จากเหตุผล 2 ประการข้างต้น ทำให้เมื่อศึกษาคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนโดยส่วนใหญ่มีพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น

นอกจากนี้เมื่อสังเกตจากวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า แม้นักเรียนจะมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนรวมทุกองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน แต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงระดับของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนบางส่วนยังมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุงเช่นเดิม และเมื่อพิจารณาระดับขององค์ประกอบย่อยความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้ไม่มีความก้าวหน้าของระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แต่หากพิจารณาคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนในแต่ละองค์ประกอบย่อยพบว่านักเรียนทุกคนในกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนในองค์ประกอบการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนสูงกว่าก่อนเรียน ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ แต่เนื่องจากการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่ซับซ้อนจึงต้องใช้เวลาในการพัฒนาความสามารถดังกล่าวของนักเรียน

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณานักเรียนที่มีความก้าวหน้าของระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากระดับควรปรับปรุงเป็นระดับปานกลาง พบว่า นักเรียนทุกคนในกลุ่มนี้ จะมีความก้าวหน้าขององค์ประกอบย่อยที่ 1 นั่นคือการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนที่เพิ่มขึ้นทุกคน นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าของนักเรียนที่มีระดับความสามารถในการโต้แย้งที่สูงขึ้นพบว่านักเรียนที่มีความก้าวหน้าขององค์ประกอบย่อยอื่น ๆ นั่นคือ การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ และการสร้างหลักฐานสนับสนุน จะมีความก้าวหน้าของความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ด้วยเหตุนี้จึงอาจกล่าวได้ว่าความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเป็นความสามารถที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของตนเองให้ดีขึ้นได้

2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีพัฒนาการกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างจำลองทั้งหมด 4 รูปแบบ ผลการวิจัยสรุปเช่นนี้ได้สามารถอธิบายเหตุผลได้ 2 ประการดังนี้

ประการที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นที่แตกต่างกัน

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างใช้ ประเมิน และปรับปรุงแบบจำลองซึ่งส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง แต่เมื่อพิจารณาลักษณะแบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนในแต่ละรูปแบบพัฒนาการพบว่าแบบจำลองเบื้องต้นที่นักเรียนสร้างขึ้นมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยนักเรียนที่มีพัฒนาการของความสามารถในการโต้แย้งมากจะสร้างแบบจำลองเบื้องต้นที่สามารถใช้ในการสำรวจตรวจสอบความถูกต้องของแนวคิดที่นักเรียนใช้ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการโต้แย้งเพื่อทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่นมีความน่าเชื่อถือลดลงได้ ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง (Real situations) จึงส่งผลให้นักเรียนมีประเด็นในการโต้แย้งที่หลากหลาย และการที่นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นที่ต่างกัน อาจเป็นผลมาจากนักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลองค่อนข้างน้อย สอดคล้องกับ ที่กล่าวว่านักเรียนจะเกิดกระบวนการเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะของแบบจำลองที่ดีผ่านการมีส่วนร่วมในการอภิปรายเพื่อแก้ไขและปรับปรุงแบบจำลองกับเพื่อนภายในกลุ่ม นอกจากนี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองเป็นความสามารถที่มีความซับซ้อนและต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนา (Cheng & Lin, 2015; Esther et al., 2020; Ogan-Bekiroglu & Belek, 2014)

ประการที่ 2 นักเรียนมีการเขียนสะท้อนคิดส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาการเขียนสะท้อนคิดส่วนบุคคลของนักเรียนในแต่ละรูปแบบ พัฒนาการพบว่านักเรียนมีลักษณะการเขียนสะท้อนคิดที่ต่างกัน โดยนักเรียนที่มีการเขียนสะท้อนคิดที่เกี่ยวกับเหตุผลในการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองของตนเองโดยเชื่อมโยงกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์รวมถึงข้อแนะนำของเพื่อนกลุ่มอื่นที่ได้จากขั้นตอนการโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น ที่เป็นนี้อาจเนื่องมาจากการเขียนสะท้อนคิดส่วนบุคคลเมื่อสิ้นสุดบทเรียนช่วยให้นักเรียนแต่ละคนได้ทบทวนความคิดของตนเองที่เปลี่ยนไประหว่างก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้ ประสบการณ์อะไรที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้น ตลอดจนประสบการณ์การเรียนรู้ที่นักเรียนจากกิจกรรมทบทวนกระบวนการสร้างแบบจำลอง กระบวนการคิด และการโต้แย้งที่เกิดขึ้นระหว่างเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่จากประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียน นอกจากนี้ การเขียนสะท้อนคิดส่งเสริมให้นักเรียนได้ประเมินการเรียนรู้คิด (Metacognition) ของตนเองกล่าวคือประเมินว่าตนเองรู้อะไร ไม่รู้อะไร รวมถึงวิธีการที่จะปรับปรุงและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของตนเองให้ดีขึ้น ด้วยเหตุนี้การเขียนสะท้อนคิดส่วนบุคคลที่มีคุณภาพจึงส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในการเรียนรู้ที่สูงขึ้น (Ying-Chih et al., 2016; Green, 1985; King, 2002)

อย่างไรก็ตามพบว่านักเรียนบางส่วนมีการเขียนสะท้อนคิด โดยมีการระบุถึงจุดที่มีการปรับเปลี่ยนแบบจำลองเท่านั้น แต่ไม่ได้ระบุถึงเหตุผลรวมถึงแนวคิดที่ใช้สนับสนุนในการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง และเมื่อพิจารณาพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนพบว่านักเรียนมีพัฒนาการค่อนข้างน้อย ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลมาจากการที่นักเรียนยังมีความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการเขียนสะท้อนคิดที่ค่อนข้างน้อยทำให้การเขียนสะท้อนคิดของนักเรียนไม่ครบตามประเด็นการเขียนสะท้อนคิด ซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนไม่เคยฝึกฝนการเขียนสะท้อนคิดมาก่อนหน้านี้ รวมถึงนักเรียนแต่ละคนมีความสามารถในการใช้ภาษาที่ต่างกันส่งผลให้นักเรียนแต่ละคนมีความสามารถในการเขียนสะท้อนคิดที่ต่างกัน (Demmans Epp et al., 2019)

จากเหตุผล 2 ประการข้างต้น ทำให้เมื่อศึกษาพัฒนาการกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างจำลองของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีรูปแบบพัฒนาการที่ต่างกัน อาจเนื่องมาจากการที่นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น และการเขียนสะท้อนคิดที่ต่างกัน

นอกจากนี้มีข้อสังเกตจากเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่า แบบจำลองของนักเรียนที่มีพัฒนาการกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสร้างแบบจำลองในระดับสูงมักเป็นแบบจำลองที่ถูกคัดเลือกให้เป็นแบบจำลองเบื้องต้นของกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนมีความมั่นใจในแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตน นักเรียนกลุ่มนี้จะมีบทบาทเป็นผู้นำของกลุ่มในการสร้างข้อกล่าวอ้างเพื่อโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าความมั่นใจในตนเองมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และในระหว่างที่นักเรียนมีการใช้แบบจำลองในการโต้แย้งกันผู้วิจัย พบว่า แบบจำลองเชิงรูปธรรมเป็นแบบจำลองที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีประเด็นเพื่อใช้ในการโต้แย้งได้มากกว่าแบบจำลองเชิงรูปภาพ ดังนั้นแบบจำลองดังกล่าวจึงเป็นแบบจำลองที่ควรให้นักเรียนสร้างในระยะเริ่มต้นของการฝึกฝนให้นักเรียนเกิดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Ogan-Bekiroglu & Belek, 2014)

อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้ต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาเนื่องจากมีการศึกษาความก้าวหน้าของระดับองค์ประกอบย่อยของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีการสังเกตกระบวนการโต้แย้งของนักเรียนระหว่างสร้างแบบจำลอง รวมถึงมีการให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง 2 รูปแบบ จำนวน 4 แบบจำลองในเนื้อหาระบบของร่างกายจำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้ โดยจากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในรายวิชาชีววิทยาสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งของนักเรียนได้ แต่จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักเรียนบางส่วนยังมีพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งค่อนข้างน้อย เนื่องจากนักเรียนยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของข้อกล่าวอ้าง เหตุผล และหลักฐาน ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ต้องใช้ในกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงนักเรียนไม่มีความมั่นใจในแบบจำลองและข้อกล่าวอ้างที่ตนเองสร้างขึ้นทำให้นักเรียนไม่กล้าที่จะโต้แย้งกับเพื่อนคนอื่น ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งที่ค่อนข้างน้อย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนในบทเรียนแรก ๆ แบบจำลองที่ให้นักเรียนสร้างควรเป็นแบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete Model) 3 มิติ เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ทำให้นักเรียนมองเห็นกระบวนการหรือกลไกต่าง ๆ ที่ใช้เป็นหลักฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ได้ชัดเจน อย่างไรก็ตามการเลือกประเภทของแบบจำลองที่ให้นักเรียนสร้างควรคำนึงถึงความสอดคล้องและความเหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาในแต่ละเนื้อหา

1.2 กิจกรรมการนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มและข้อโต้แย้งกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ นั้น เหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้คือนักเรียนมีการแสดงอารมณ์ฉุนเฉียว และใช้เสียงดังในการโต้แย้งส่งผลต่อบรรยากาศในการเรียน และรบกวนห้องเรียนข้างเคียงได้ ดังนั้นครูควรทำความเข้าใจกับนักเรียนให้ชัดเจนก่อนว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นการใช้หลักฐานอธิบายหรือสนับสนุนข้อโต้แย้งนำไปสู่ความน่าเชื่อถือและได้รับการยอมรับ แตกต่างจากการโต้เถียงกันที่มักพบทั่วไปซึ่งเป็นการใช้ความคิดเห็นส่วนตัว ดังนั้นครูควรนำนักเรียนสร้างข้อตกลงร่วมกัน เช่น การให้สิทธิ์ในการโต้แย้งที่ละคน ไม่พูดพร้อมกันหรือไม่แย่งกันพูด เพื่อให้สามารถฟังข้อความโต้แย้งได้ชัดเจน รวมถึงการควบคุมอารมณ์เมื่อมีการโต้แย้งจากเพื่อน เป็นต้น

1.3 ในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ครูควรเริ่มต้นจากการพัฒนาความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างก่อน เนื่องจากเป็นความสามารถพื้นฐานที่ทำให้นักเรียนสามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาความสามารถในองค์ประกอบอื่น ๆ ขอความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้

1.4 ครูควรมีการเสริมสร้างความมั่นใจให้กับนักเรียนในระหว่างที่นักเรียนสร้างแบบจำลองและข้อโต้แย้งของตนเอง โดยอาจให้นักเรียนได้นำเสนอแบบจำลองและชื่นชมในสิ่งที่นักเรียนทำได้ดี แล้วพร้อมกับเสนอสิ่งที่จะทำให้แบบจำลองและข้อโต้แย้งของนักเรียนดีมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยครั้งนี้ทำการเก็บข้อมูลที่โรงเรียน (onsite) แต่ด้วยสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลให้ครูชีววิทยาต้องจัดการเรียนการสอนออนไลน์หรือสอนทางไกล ผู้วิจัยเสนอแนะให้ควรมีการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือที่มีคุณภาพ สำหรับใช้ในการวัดและประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนผ่านการเรียนการสอนแบบออนไลน์

2.2 การวิจัยครั้งนี้แบ่งกลุ่มนักเรียนโดยใช้กลุ่มเดิมตลอดระยะเวลาในการวิจัย ซึ่งอาจส่งผลให้นักเรียนไม่มีการเปลี่ยนแปลงบทบาทของตนเองในกลุ่ม ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้มีการสลับกลุ่มนักเรียนโดยใช้ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งระหว่างทำกิจกรรมในการแบ่งกลุ่มเพื่อลดความสามารถของนักเรียน การสลับกลุ่มใหม่ทำให้นักเรียนได้เปลี่ยนบรรยากาศในการทำงานกลุ่ม เกิดความสบายใจในการทำงาน ซึ่งอาจเป็นการเพิ่มโอกาสให้นักเรียนได้ปรับเปลี่ยนบทบาทของตนเองภายในกลุ่มจากผู้ตามเป็นผู้นำของกลุ่มได้

2.3 การวิจัยครั้งนี้ มีการสุ่มนักเรียนเพื่อสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระดับละ 2 คน ซึ่งอาจเป็นจำนวนที่น้อยเกินไปและไม่สามารถเข้าถึงกลุ่มที่ศึกษาได้ทั้งหมด ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้มีการเพิ่มจำนวนนักเรียนในการสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยอาจกำหนดเป็นร้อยละของจำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มนั้น เช่น ร้อยละ 20 ของนักเรียนที่มีความสามารถในการโต้แย้งระดับดี

บรรณานุกรม

- Aiman, R. (2018). *How to make Working Model of Heart*. <https://paksc.org/pk/science-experiments-urdu/working-model-of-heart/>
- Andi, Beni, & Greshma. (2011). *The Immune System Stop-Motion*. <https://www.youtube.com/watch?v=nEEUKoZVZak>
- Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2011). Engaging Elementary Students in Scientific Modeling: The MoDeLS Fifth-Grade Approach and Findings. *Models & Modeling*, 195.
- Balci, C., & Yenice, N. (2016). Effects of the Scientific Argumentation Based Learning Process on Teaching the Unit of Cell Division and Inheritance to Eighth Grade Students. *Online Submission*, 2(1), 67-84.
- Berland, L. K. (2011). Explaining Variation in How Classroom Communities Adapt the Practice of Scientific Argumentation. *Journal of the Learning Sciences*, 20(4), 625-664. <https://doi.org/10.1080/10508406.2011.591718>
- Berland, L. K., & Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 68-94. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tea.20446>
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765-793. <https://doi.org/doi:10.1002/sce.20402>
- Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, 95(4), 639-669. <https://doi.org/doi:10.1002/sce.20449>
- Bryce, C. M., Baliga, V. B., De Nesnera, K. L., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M., Wade, C. E., Yovovich, V., Baumgart, S., Bard, D. G., Ash, D., Parker, I. M., & Gilbert, G. S. (2016). Exploring Models in the Biology Classroom [article]. (1). <https://doi.org/10.1525/abt.2016.78.1.35>.

- Buckley, B. C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22(9), 895-935.
<https://doi.org/10.1080/095006900416848>
- Buckley, B. C. (2012). Model-Based Teaching. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 2312-2315). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_590
- Bulgren, J. A., & Ellis, J. D. (2012). Argumentation and Evaluation Intervention in Science Classes: Teaching and Learning with Toulmin. In M. S. Khine (Ed.), *Perspectives on Scientific Argumentation: Theory, Practice and Research* (pp. 135-154). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2470-9_8
- 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.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2012.704552>
- Cartier, J., & Rudolph, J., & Stewart, J. (2001). *The Nature and Structure of Scientific Models. Working paper.*
<http://ezproxy.car.chula.ac.th/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=ED461513&site=eds-live>
- Cheng, M.-F., & Lin, J.-L. (2015). Investigating the Relationship between Students' Views of Scientific Models and Their Development of Models. *International Journal of Science Education*, 37(15), 2453-2475.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1082671>
- Demirbag, M., & Gunel, M. (2014). Integrating Argument-Based Science Inquiry with Modal Representations: Impact on Science Achievement, Argumentation, and Writing Skills. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(1), 386-391.
- Demmans Epp, C., Akcayir, G., & Phirangee, K. (2019). Think twice: exploring the effect of reflective practices with peer review on reflective writing and writing quality in computer-science education. *Reflective Practice*, 20(4), 533-547.
<https://doi.org/10.1080/14623943.2019.1642189>

- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. National Academies Press.
- Esther, C., Carlos, S.-A., Cecilia, G., & Concepción, A. (2020). Model-based teaching of physics in higher education: a review of educational strategies and cognitive improvements [Journal]. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 13(1), 33-47. <https://doi.org/10.1108/JARHE-11-2019-0287>
- Evagorou, M., Nicolaou, C., & Lymbouridou, C. (2020). Modelling and Argumentation with Elementary School Students. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 20(1), 58-73. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00076-9>
- Ford, M. (2012). A Dialogic Account of Sense-Making in Scientific Argumentation and Reasoning [Article]. *Cognition & Instruction*, 30(3), 207-245. <https://doi.org/10.1080/07370008.2012.689383>
- Forrest, M. (2008). On becoming a critically reflective practitioner [Article]. *Health Information & Libraries Journal*, 25(3), 229-232. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2008.00787.x>
- Frey, B. B., Ellis, J. D., Bulgreen, J. A., Hare, J. C., & Ault, M. (2015). Development of a Test of Scientific Argumentation. *Electronic Journal of Science Education*, 19(4).
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (2000). *Developing Models in Science Education*. [electronic resource] [Non-fiction]. Dordrecht : Springer Netherlands : Imprint: Springer, 2000.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. [electronic resource] [Non-fiction]. Cham : Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2016.

- Gilbert, S. W., & Ireton, S. W. (2003). *Understanding Models in Earth & Space Science*. NSTA Press. https://books.google.co.th/books?id=WX_eWHp4F3OC
- 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. <https://doi.org/10.1080/095006900416839>
- Green, M. (1985). Talk and Doubletalk: The Development of Metacommunication Knowledge about Oral Language. *Research in the Teaching of English*, 19(1), 9-24. <http://www.jstor.org/stable/40171001>
- Grooms, J., Enderle, P., & Sampson, V. (2015). Coordinating Scientific Argumentation and the Next Generation Science Standards through Argument Driven Inquiry. *Science Educator*, 24(1), 45-50.
- Halloun, I. A. (2006). *Modeling Theory in Science Education* [Book]. Springer. <http://ezproxy.car.chula.ac.th/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsebk&AN=190086&site=eds-live>
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026. <https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Hestenes, D. (2006). *Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction*.
- Hitchcock, D., & Verheij, B. (2006). *Arguing on the Toulmin Model : New Essays in Argument Analysis and Evaluation* [Book]. Springer.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodríguez, A., & Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “doing science”: Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792. -F
- Jonassen David, H., & Kim, B. (2010). Arguing to learn and learning to argue: design justifications and guidelines [research-article]. *Educational Technology Research and Development*, 58(4), 439-457.

- 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. <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>
- Karpudewan, M., Michael Roth, W., & Sinniah, D. (2016). The role of green chemistry activities in fostering secondary school students' understanding of acid–base concepts and argumentation skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 893-901. <https://doi.org/10.1039/C6RP00079G>
- Karpudewan, M., Zain, A. N. M., & Chansegaran, A. L. (2017). *Overcoming Students' Misconceptions in Science : Strategies and Perspectives From Malaysia* [Book]. Springer.
- King, T. (2002). Development of student skills in reflective writing. Spheres of Influence: Ventures and Visions in Educational Development. Proceedings of the 4th World Conference of the International Consortium for Educational Development. Perth: The University of Western Australia,
- Krell, M., Reinisch, B., & Krüger, D. (2015). Analyzing Students' Understanding of Models and Modeling Referring to the Disciplines Biology, Chemistry, and Physics [Article]. *Research in Science Education*, 45(3), 367-393. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9427-9>
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2005). Cultivating Model-Based Reasoning in Science Education. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 371-388). Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9780511816833.023>
- Lin, S.-S., & Mintzes, J. J. (2010). Learning Argumentation Skills through Instruction in Socioscientific Issues: The Effect of Ability Level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 993-1017. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9215-6>
- Lisa Urry, Michael Cain, Steven Wasserman, Peter Minorsky, & Reece., J. (2017). *Campbell Biology* (Eleventh Edition ed.). Pearson Higher Education,.
- Llewellyn, D. (2005). *Teaching high school science through inquiry : a case study approach* [Non-fiction]. Thousand Oaks., Calif. : Corwin Press, c2005.

- Manz, E. (2012). Understanding the codevelopment of modeling practice and ecological knowledge. *Science Education*, 96(6), 1071-1105.
<https://doi.org/10.1002/sce.21030>
- Mason, L., & Scirica, F. (2006). Prediction of students' argumentation skills about controversial topics by epistemological understanding. *Learning and Instruction*, 16(5), 492-509. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.09.007>
- Mayer, R. E. (1989). Models for Understanding. *Review of Educational Research*, 59(1), 43-64. <https://doi.org/10.3102/00346543059001043>
- National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. In: National Academies Press, 2012.
- Ogan-Bekiroglu, F., & Eren Belek, D. (2014). Impact of Model-Based Teaching on Argumentation Skills [Article]. *International Journal of Progressive Education*, 10(1), 59-72.
- Osborne, J., Simon, S., & Erduran, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: a framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. *CBE life sciences education*, 14(1), es2-es2. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0128>
- Richard, D. (2008). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals [research-article]. *Review of Research in Education*, 268. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Coll, R.K., & Lajium, D. (2011). Modeling and the Future of Science Learning. In *Models and Modeling in Science Education* (Vol. 6).
- Rinehart, R. W., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2014). A scaffolding suite to support evidence-based modeling and argumentation. *Science Scope*, 38(4), 70-77.
- Ruiz Ortega, F. J., Tamayo Alzate, O. E., & Bargalló, C. M. (2015). A model for teaching argumentation in science class [Article]. *La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza.*, 41(3), 629-644. <https://doi.org/10.1590/S1517-9702201507129480>

- Sampson, V., & Gerbino, F. (2010). Two Instructional Models That Teachers Can Use to Promote & Support Scientific Argumentation in the Biology Classroom. *The American Biology Teacher*, 72(7), 427-431.
<https://doi.org/10.1525/abt.2010.72.7.7>
- Schleigh, S., & Sampson, V. (2013). *Scientific Argumentation in Biology: 30 Classroom Activities*.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & 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.
- Seel, N. (2017). Model-based learning: a synthesis of theory and research. *Educational Technology Research & Development*, 65(4), 931.
- Shaukat, U. (2014). *Kidney Model*. <https://www.youtube.com/watch?v=usZH3RpnRoE>
- Shemwell, J. T., & Furtak, E. M. (2010). Science Classroom Discussion as Scientific Argumentation: A Study of Conceptually Rich (and Poor) Student Talk. *Educational Assessment*, 15(3-4), 222-250.
<https://doi.org/10.1080/10627197.2010.530563>
- Sibel, E., María, P., & Jiménez, -. A. (2007). *Argumentation in Science Education. [electronic resource] : Perspectives from Classroom-Based Research* [Non-fiction]. Dordrecht : Springer Netherlands, 2007.
- Mader, S.S & Windelspecht., M. (2018). *Essential of Biology*. McGraw-Hill Education.
- Szu, E., & Osborne, J. (2012). Scientific Reasoning and Argumentation from a Bayesian Perspective. In M. S. Khine (Ed.), *Perspectives on Scientific Argumentation: Theory, Practice and Research* (pp. 55-71). Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-2470-9_4
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument* [Non-fiction]. Cambridge : Cambridge University Press, c2003. Updated ed.

- Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2002). Students' understanding of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24:4, 357-368, DOI: 10.1080/09500690110066485
- Walton, D., Macagno, F., & Reed, C. (2008). *Argumentation schemes* [Non-fiction]. Cambridge University Press.
- 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. <https://doi.org/10.3102/00028312043004783>
- Wu, H. K. (2010). Modelling a Complex System: Using novice-expert analysis for developing an effective technology-enhanced learning environment. *International Journal of Science Education*, 32(2), 195-219. <https://doi.org/10.1080/09500690802478077>
- Xhaferi, B., & Xhaferi, G. (2016). Enhancing Learning Through Reflection– A Case Study of SEEU. *SEEU Review*, 12. <https://doi.org/10.1515/seeur-2017-0004>
- Xiang, L., & Passmore, C. (2015). A Framework for Model-Based Inquiry Through Agent-Based Programming [journal article]. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2), 311-329. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9534-4>
- Ying-Chih, C., & Joshua, S. (2014). Arguing Like a Scientist : Engaging Students in Core Scientific Practices [research-article]. *The American Biology Teacher*(4), 231. <https://doi.org/10.1525/abt.2014.76.4.3>
- Ying-Chih, C. & Matthew, B. & Morgan, Y. (2016). Using Models to Support Argumentation in the Science Classroom. *The American Biology Teacher*. 78. 549-559.
- กฤษฎา ทองประไพ, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, กฤษณา ชินสิญจน์ และอารยา แจ่มใส. (2559). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง อาหารกับการดำรงชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 7(1), 48-61. Retrieved from <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/JSTEL/article/view/7385>

- วรรณิ แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ = Research Methodology in Behavioral Sciences*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- คมชัดลึกออนไลน์. (2560). *ฝึกไฮโดรโปนิกส์... เสี่ยง "มะเร็งลำไส้"*. Retrieved 20 ตุลาคม 2561 from <http://www.komchadluek.net/news/scoop/279865>
- สุคนธา โคตรโสภา, ปัทมาวดี ปาสาจะ และภูวดล โกมณเทีย. (2559). การเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งและการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์หลังเรียนประเด็นปัญหาสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบผสมผสานตามวิธีปัญหาเป็นฐาน และวิธีวัฏจักร การเรียนรู้ 5 ขั้นตอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีผลการเรียนชีววิทยาต่างกัน. *Chophayom Journal*, 27(2), 113-126. Retrieved from <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/ejChophayom/article/view/73497>
- ณภัทร พระโพธิ์วังซ้าย, สายรุ้ง ชาวสุภา และบัณฑิตกา อารีย์กุล บุทเชอร. (2560). *ผลของการเรียนการสอนด้วยการให้เหตุผลแบบรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ณัฐภรณ์ ฐะสิริสุข, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน และอุทัยวรรณ โกวิทวที. (2558). *การพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องระบบนิเวศ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์* (ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ไทยรัฐออนไลน์. (2559). *ชาวขอนแก่น รวมพลังด้านสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ หวันทำลายระบบนิเวศ*. Retrieved 20 ตุลาคม 2561 from <https://www.thairath.co.th/content/601306>
- ไทยรัฐออนไลน์. (2561). *แห่เก็บอังกาบหนู ยายวัย 81 ต้มดื่มเนืองอกหาย! แพทย์ เฉลยรักษามะเร็งได้จริงหรือ*. Retrieved 20 ตุลาคม 2561 from <https://www.thairath.co.th/content/1360130>
- พรเทพ จันทราอุกฤษณ์. (2556). *การพัฒนาแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. (ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- พิมพ์ภัทร แก้วดี และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2559). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายใน*

- รายวิชาชีววิทยา. (ปริญญาานิพนธ์ (กศ.ม. (ชีววิทยา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.]. http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Bio/Phimpaphat_K.pdf
- ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ้ายคำตา และ พจนารถ สุวรรณรุจิ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, 1(1). สุธัชชัย มีชาญ. (2547). ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 10(2), 113-126.
- รวีวรรณ เมืองรามัญ และ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2556). การส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกของเรา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. ลือชา ลดาชาติ. (2561). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ : ประวัติศาสตร์ ปรัชญา และการศึกษา. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2011 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. บริษัท แอดวานซ์พรินติ้ง เซอร์วิส จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015*.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา*. บริษัท ซีคเซสพับลิเคชั่น จำกัด. <https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163627179/>
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2561) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สุทธิชาติ เปรมกมล และ สกลรัชต์ แก้วดี. (2561). ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้าง คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุรศักดิ์ เฟวท์, สลา สามิภักดิ์ และ สิทธิพร ภัทรดิตรัตน์. (2559). ผลการจัดการเรียนการสอนตามแนวประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ. (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework*. สืบค้นจาก

<https://doi.org/doi:https://doi.org/10.1787/9789264281820-en>

อัปสร พันธุ์ฤทธิ์ และ ร่มเกล้า อัจฉเดช. (2560). *การสนับสนุนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในการเขียนโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการโต้แย้ง*. การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

อุบล บุญชู. (2560). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ปริญญาธิพนธ์ (กศ.ม. (วิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้))* -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2560.].

http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Ed_SLM/Ubon_B.pdf

เอกภูมิ จันทรวงศ์. (2559). *การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์*. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 11(1), 217-232.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแบบสังเกต
กระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. อาจารย์สมปอง ใจดีเฉย | อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์
ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 2. ผศ. สพ.ญ. ดร. นลินา ประไพรัชสิทธิ์ | อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์
ภาควิชาชีววิทยา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 3. อาจารย์วัฒน์โชติ เพ็งพริ้ง | อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปทุมวัน |

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และแบบ
สัมภาษณ์ความสามารถในการแย้งทางวิทยาศาสตร์

- | | |
|---|--|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน | อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2. ดร.ปรินทร์ จิระภัทรศิลป์ | นักวิจัยหลังปริญญาเอก
ภาควิชาชีววิทยา คณะ
วิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 3. อาจารย์นพคุณ สุขสวัสดิ์ | ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์
โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์
สิงหเสนี) 2 |

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความสอดคล้องกันระหว่างผู้ประเมิน

1. อาจารย์วัฒน์โชติ เพ็งพริ้ง
อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปทุมวัน
2. อาจารย์นพคุณ สุขสวัสดิ์
ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์
โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์
สิงหเสนี) 2





กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องระบบหมุนเวียนเลือด หัวข้อ ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์
 จำนวน 6 คาบ ผู้สอน อาจารย์ศักรินทร์ อะจิม

1. สาระชีววิทยา

2. **มาตรฐานที่ 4** เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอโมนกับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมสัตว์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. ผลการเรียนรู้

ม 4 / 10 อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์

ม 4 / 11 สังเกต และอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์

4. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

4.1 ความสามารถในการสื่อสาร

4.2 ความสามารถในการคิด

4.3 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

5. สาระสำคัญ (Concept)

ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ ประกอบด้วยหัวใจ หลอดเลือด และเลือด ซึ่งเลือดไหลเวียนอยู่เฉพาะในหลอดเลือด หัวใจมีเอเตรียมทำหน้าที่รับเลือดเข้าสู่หัวใจ และเวนทริเคิลทำหน้าที่สูบฉีดเลือดออกจากหัวใจโดยมีลิ้นกั้นระหว่างเอเตรียมกับเวนทริเคิล และระหว่างเวนทริเคิลกับ หลอดเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจ เลือดออกจากหัวใจทางหลอดเลือดเอออดตาร์อาร์เตอรี อาร์เตอริโอล หลอดเลือดฝอย เวนูล เวน และเวนาคาวา แล้วเข้าสู่หัวใจ

6. จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ ...

1. อธิบายโครงสร้างของหัวใจมนุษย์ได้ (K)
2. อธิบายทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ได้ (K)
3. สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ได้ (P)
4. สร้างข้อโต้แย้งเกี่ยวกับการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองที่สร้าง ขึ้นได้ (P)
5. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)

7. สารการเรียนรู้

ระบบการหมุนเวียนของเลือดของมนุษย์เป็นระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด (closed circulatory system) ประกอบด้วยหัวใจเป็นอวัยวะสำคัญ ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปยังส่วนต่างๆของร่างกาย โดยมีเส้นเลือดเป็นท่อลำเลียงเลือด ดังนั้นระบบหมุนเวียนเลือดของคนเราจึงประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ **เลือด หลอดเลือด และ หัวใจ**

1. เลือด (blood)

ในร่างกายของคนเรามีเลือดอยู่ประมาณ 6,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร เลือดประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นของเหลว คือ น้ำเลือด (plasma) กับส่วนที่เป็นของแข็ง คือ เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว และ เกล็ดเลือด

1.1 ส่วนที่เป็นของเหลว คือ น้ำเลือดหรือพลาสมา มีประมาณร้อยละ 60-70 ของน้ำหนักตัว ประกอบด้วยน้ำ ประมาณ 91% และสารต่างๆ ซึ่งได้แก่ สารอาหารที่ถูกย่อยแล้ว รวมทั้งวิตามิน เกลือแร่ ฮอร์โมนและสารอื่นๆที่ละลายน้ำได้ น้ำเลือดทำหน้าที่ลำเลียงอาหารที่ถูกดูดซึมจากลำไส้เล็กไปสู่ส่วนต่างๆของ เซลล์ทั่วร่างกายและลำเลียงของเสียที่เป็นของเหลวจากเซลล์ เช่น ยูเรีย มาสู่ไต ซึ่งไตจะสกัดเอาสารยูเรียออกจากเลือดแล้วขับถ่ายออกมาในรูปของปัสสาวะ

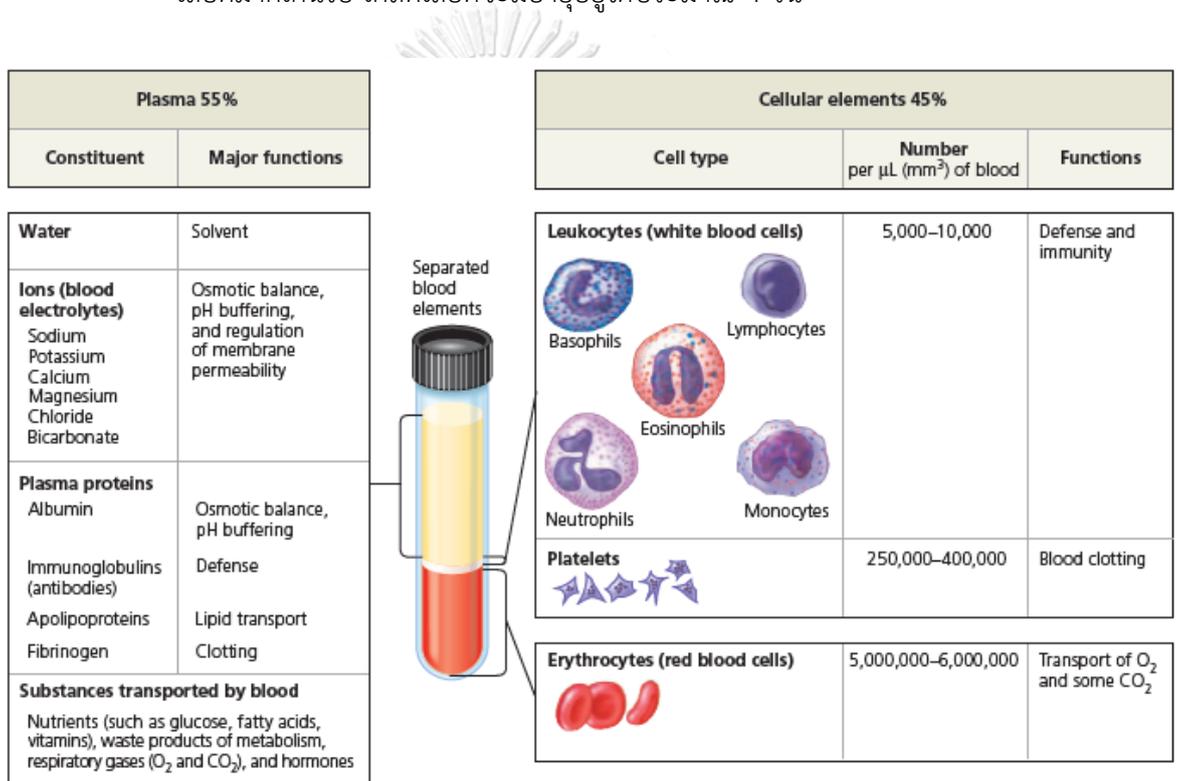
1.2 ส่วนที่เป็นของแข็ง มีอยู่ประมาณ 50% ของเลือดทั้งหมด ประกอบด้วย

1.2.1 เซลล์เม็ดเลือดแดง ในขณะที่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ จะอยู่ในไขกระดูกและมีนิวเคลียส แต่เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ที่จะเข้าไปอยู่ในกระแสเลือดแล้วนิวเคลียสจะหายไป เม็ดเลือดแดงทำหน้าที่ขนส่งแก๊สออกซิเจน จากปอดไปสู่เซลล์ทั่วร่างกายและขนส่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดจากการสลายอาหารจากเซลล์มาสู่ถุงลมใน

ปอดเพื่อขับถ่ายออกนอกร่างกายทางลมหายใจออก โดยเฉลี่ยเม็ดเลือดแดงจะมีชีวิตอยู่ในกระแสเลือดประมาณ 90- 120 วัน หลังจากนั้นจะถูกส่งไปทำลายที่ตับและม้าม

1.2.2 เซลล์เม็ดเลือดขาว มีขนาดใหญ่กว่าเซลล์เม็ดเลือดแดง ภายในมีนิวเคลียส ทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย

1.2.3 เกล็ดเลือด เป็นชิ้นส่วนของเซลล์ที่มีรูปร่างเป็นแผ่นเล็กๆ อยู่น้ำเลือด ไม่มีนิวเคลียสมิหน้าที่ช่วยให้เลือดแข็งตัว เวลาเกิดบาดแผลเล็กๆ เกล็ดเลือดจะทำให้เส้นใย (fibrin) ปกคลุมบาดแผลทำให้เลือดหยุดไหล เป็นการป้องกันไม่ให้ร่างกายเสียเลือดมากเกินไป เกล็ดเลือดจะมีอายุอยู่ได้ประมาณ 4 วัน



ภาพแสดงส่วนประกอบของเลือด

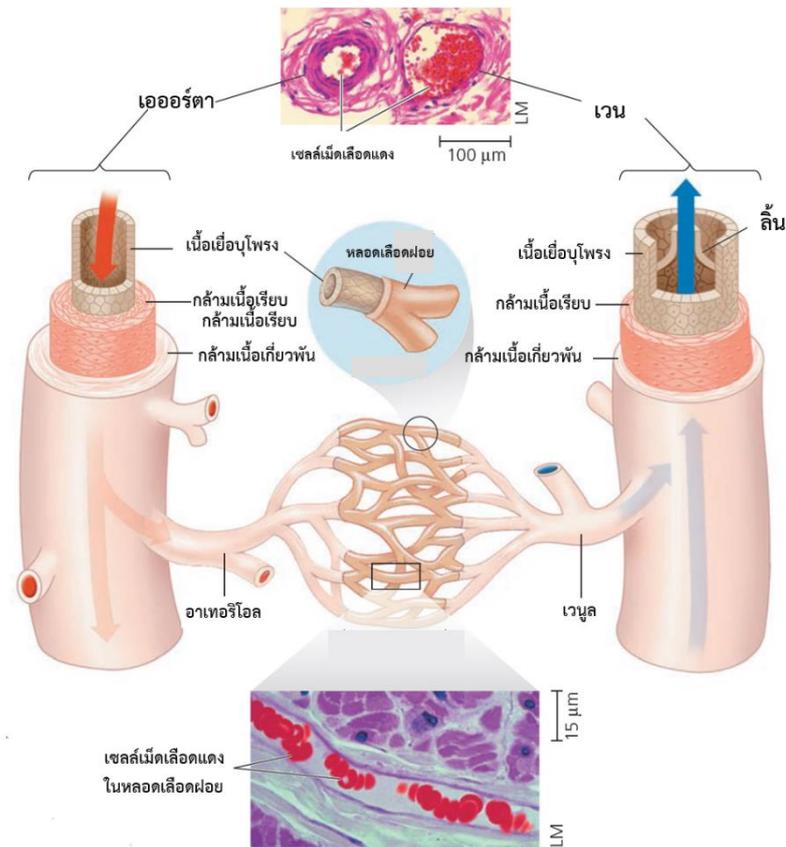
จาก Campbell Biology. (p. 934). by Reece, J. B., and Campbell, N.A. (2020), Pearson Education, Inc.

2. หลอดเลือด หลอดเลือดในร่างกายมี 3 ชนิด

2.1 หลอดเลือดแดง (artery) เป็นหลอดเลือดที่นำเลือดจากหัวใจไปสู่เซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย หลอดเลือดแดงมีผนังหนาแข็งแรง และไม่มีลิ้นกั้นภายใน

2.2 หลอดเลือดดำ (vein) เป็นหลอดเลือดที่นำเลือดจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเข้าสู่หัวใจ หลอดเลือดมีผนังบางกว่าหลอดเลือดแดง มีลิ้นกั้นภายในเพื่อป้องกันเลือดไหลย้อนกลับ

3.3 หลอดเลือดฝอย (capillary) เป็นหลอดเลือดที่เชื่อมต่อระหว่างหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำสานเป็นร่างแหแทรกอยู่ตามเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย มีขนาดเล็กและละเอียดเป็นฝอยและมีผนังบางมากเป็นแหล่งที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สและสารต่างๆ ระหว่างเลือดกับเซลล์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

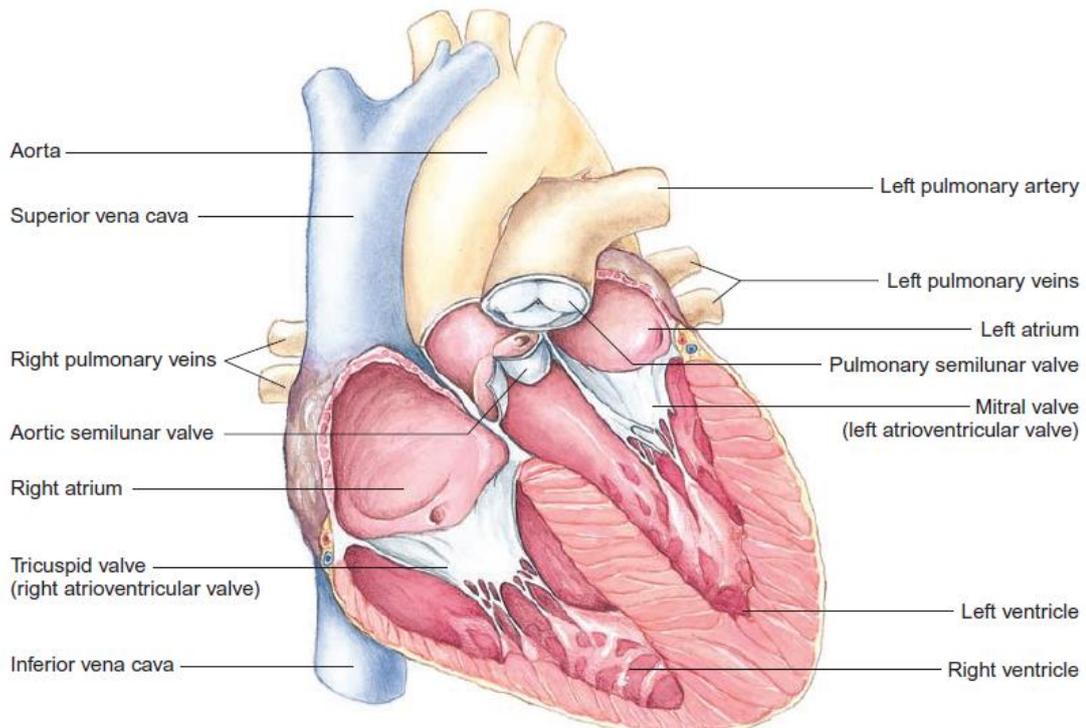
ภาพแสดงลักษณะของหลอดเลือดในร่างกายมนุษย์

ปรับปรุงจาก Campbell Biology. (p. 929). by Reece, J. B., and Campbell, N.A. (2020), Pearson Education, Inc.

3. หัวใจ

หัวใจ เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เสมือนเครื่องปั้มน้ำ ทำให้เกิดแรงดันทำให้เลือดไหลไปตามหลอดเลือด แล้วไหลต่อไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายและไหลกลับสู่หัวใจ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ วิลเลียม ฮาร์วีย์ เป็นคนแรกที่ค้นพบการหมุนเวียนของเลือด โดยชี้ให้เห็นว่า “เลือดมีการไหลไปในทิศทางเดียวกัน” หัวใจของคนเราอยู่บริเวณทรวงอก ระหว่างปอดทั้ง 2 ข้าง โดยส่วนใหญ่จะค่อนข้างไปทางด้านซ้าย หัวใจของมนุษย์แบ่งเป็น 4 ห้อง โดยแบ่งเป็นห้องบน 2 ห้องที่ทำหน้าที่รับเลือดเข้าสู่หัวใจ เรียกว่า เอเทรียม (Atrium) และห้องล่าง 2 ห้องที่ทำหน้าที่สูบฉีด

เลือดออกจากหัวใจ เรียกว่า เวนทริเคิล (Ventricle) ระหว่างเอเตรียมและเวนทริเคิลแต่ละด้าน จะมีลิ้นหัวใจ (Value) คั่นอยู่ ทำหน้าที่เปิดให้เลือดไหลผ่านและปิดไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ



ภาพแสดงโครงสร้างของหัวใจมนุษย์

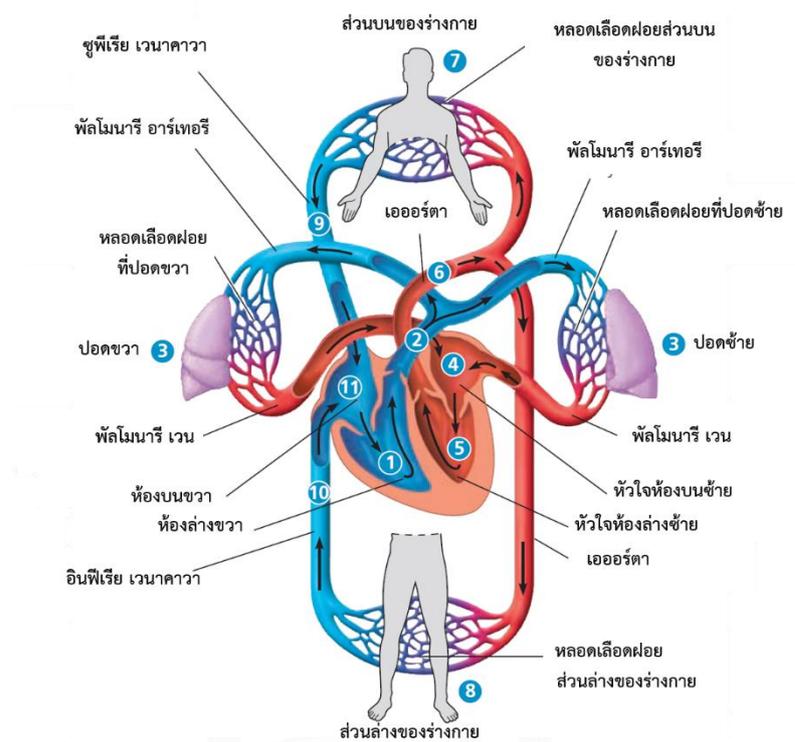
จาก Biology. (p. 605). by Sylvia S. Mader and Michael Windelspecht (2015), Mcgraw-Hill

CHULALONGKORN UNIVERSITY Education.

การไหลเวียนของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์

วงจรการไหลเวียนของเลือดเริ่มจากเลือดที่มีออกซิเจนต่ำจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไหลเข้าสู่เอเตรียมขวาทางหลอดเลือดเวนขนาดใหญ่ ชื่อว่า เวนาคาวา (Vena Cava) เลือดจากเอเตรียมขวาจะถูกส่งต่อไปยังเวนทริเคิลขวา โดยระหว่างเอเตรียมขวาและเวนทริเคิลขวาจะมีลิ้นกันชื่อว่า ไตรคัสปิด (Tricuspid) เลือดที่มีออกซิเจนต่ำจากเวนทริเคิลขวาจะถูกส่งไปยังปอดผ่านทางหลอดเลือดที่ชื่อว่าพัลโมนารีอาร์เทอร์รี่ (Pulmonary Artery) เพื่อให้กลายเป็นเลือดที่มีออกซิเจนสูง จากนั้นเลือดที่มีออกซิเจนสูงจากปอดจะถูกส่งมายังเอเตรียมซ้ายผ่านทางหลอดเลือดที่มีชื่อว่าพัลโมนารี เวน (Pulmonary Vein) เลือดจากเอเตรียม

ซ้ายจะถูกส่งต่อไปยังเวนทริเคิลซ้าย โดยระหว่างเอเทรียมซ้ายและเวนทริเคิลซ้ายจะมีลิ้นกันชื่อว่า ไบคัสปิด (Bicuspid) เลือดจากเวนทริเคิลซ้ายซึ่งมีออกซิเจนสูงจะถูกสูบฉีดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายผ่านหลอดเลือดอาร์เทอร์ขนาดใหญ่ที่ชื่อว่า เออร์ตา (Aorta)



ภาพแสดงทิศทางการไหลเวียนของเลือดในร่างกายมนุษย์

ปรับปรุงจาก Campbell Biology. (p. 926). by Reece, J. B., and Campbell, N.A. (2020), Pearson Education, Inc.

8. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

8.1 สร้างคำถามนำทาง (20 นาที)

1. ครูให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอ “ป่าเต็ง ยูทรินา” กับนาทิจีวีต หัวใจวายเฉียบพลัน” จาก https://www.youtube.com/watch?v=bfr_ydBfGDs เพื่อกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสนใจ จากนั้นใช้คำถามให้นักเรียนเกิดความสงสัย โดยแต่ละถามนักเรียนสามารถสืบค้นจากอินเทอร์เน็ตได้ ดังนี้

1.1 โรคหัวใจวายเฉียบพลันเกิดขึ้นได้อย่างไร

(เกิดจากมีการอุดตันที่หลอดเลือดหัวใจอย่างเฉียบพลันและขัดขวางการไหลของเลือดจนทำให้เลือดไม่สามารถไปเลี้ยงหัวใจได้)

1.2 โรคหัวใจวายเฉียบพลันมีอาการอย่างไรบ้าง

(เจ็บแน่นหน้าอกเหมือนมีอะไรมากดทับอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะตรงกลางอก และเป็นนานเกินกว่าหนึ่งนาทีขึ้นไป เจ็บแน่นหน้าอกร้าวไปยังบริเวณคอ กราม ไหล่และแขนทั้งสองข้าง มีเหงื่อออกตามร่างกาย เหนื่อยง่าย หายใจถี่กระชั้น วิงเวียน หน้ามืด และซีพจรเต้นเร็ว)

1.3 นอกจากโรคหัวใจวายเฉียบพลันนักเรียนรู้จักโรคอะไรอีกบ้างที่เกี่ยวข้องกับระบบหมุนเวียนเลือด (ตอบตามความรู้เดิมของนักเรียน)

1.4 นักเรียนมีวิธีการดูแลสุขภาพของตนเองอย่างไร เพื่อให้ห่างไกลจากโรคเหล่านี้

(รักษาสุขภาพ เพื่อให้ระบบหมุนเวียนเลือดทำงานได้ปกติ)

1.5 นักเรียนคิดว่าระบบหมุนเวียนโลหิตของเรามีทิศทางการหมุนเวียนเลือดผ่านหัวใจอย่างไร (นักเรียนตอบตามความรู้เดิม)

2. ครูบอกนักเรียนว่าในหัวข้อนี้เราจะเรียนรู้เกี่ยวกับระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ และนักเรียนจะได้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายทิศทางการหมุนเวียนเลือดผ่านหัวใจในร่างกายของมนุษย์

8.2 ชั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของกลุ่ม (60 นาที)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน โดยศิลปะและศิลปะความสามารถ (ดูจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งก่อนเรียน)
2. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 1 (หน้า 14) เรื่อง “แบบจำลองการทำงานของหัวใจและการไหลเวียนเลือดเข้าและออกจากหัวใจมนุษย์” ให้กับนักเรียนทุกคนภายในกลุ่ม
3. ครูอธิบายรายละเอียดของกิจกรรมว่ากิจกรรมนี้จะให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการทำงานของหัวใจและการไหลเวียนเลือดเข้าและออกจากหัวใจมนุษย์จากอุปกรณ์ที่ครูมีให้ โดยนักเรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ใดก็ได้ในการสร้างแบบจำลองขึ้นมา โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับวัสดุและอุปกรณ์เหมือนกันในจำนวนเท่ากัน ดังนี้

3.1 ลูกโป่งขนาด 5 นิ้ว จำนวน 2 ใบ

3.2 ลูกโป่งขนาด 10 นิ้ว จำนวน 4 ใบ

3.3 หนังสยาง จำนวน 5 เส้น

3.4 ลูกบอลฟองน้ำบริหารมือ จำนวน 1 ลูก

- 3.5 ลูกบอลพลาสติก จำนวน 1 ลูก
- 3.6 ฝาปิดท่อ PVC ขนาด 0.5 นิ้ว จำนวน 2 อัน
- 3.7 ตะปูขนาด 2 นิ้ว จำนวน 1 ตัว
- 3.8 ฝาขวดน้ำ จำนวน 2 ฝา
- 3.9 สายน้ำเกลือ จำนวน 4 เส้น
- 3.10 สายยางขนาด 1 หุน จำนวน 2 เส้น
- 3.11 แก้วน้ำพลาสติก ขนาด 16 oz. จำนวน 4 ใบ
- 3.12 ปืนกาว จำนวน 1 อัน
- 3.13 สีผสมอาหารสีน้ำเงิน จำนวน 1 ซอง
- 3.14 สีผสมอาหารสีแดง จำนวน 1 ซอง
- 3.16 กระดาษแข็งเทา-ขาว จำนวน 1 แผ่น
- 3.17 คัตเตอร์ จำนวน 1 อัน
- 3.18 กรรไกร จำนวน 1 อัน
- 3.19 ชุดคำศัพท์ระบบหมุนเวียน

4. ครูให้นักเรียนทุกคนคิดว่าจะนำวัสดุและอุปกรณ์ที่ได้รับมาสร้างเป็นแบบจำลองแสดงการทำงานของหัวใจและทิศทางการไหลเวียนของเลือดเข้าและออกจากหัวใจ และวาดภาพร่างแบบจำลองที่จะสร้างลงในใบงานที่แจกให้

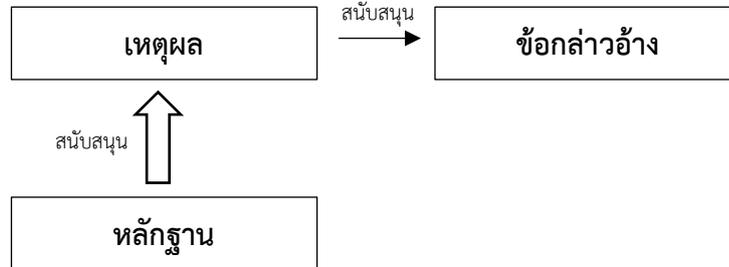
5. ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำภาพร่างแบบจำลองที่วาดในใบงานมานำเสนอให้เพื่อนในกลุ่ม จากนั้นร่วมกันอภิปรายเพื่อคัดเลือกร่างแบบจำลองที่คิดว่าสามารถนำมาสร้างเป็นแบบจำลองที่คิดว่าสามารถนำมาสร้างเป็นแบบจำลองที่สามารถอธิบายการทำงานของหัวใจและการไหลเวียนเลือดผ่านเข้าออกหัวใจได้ชัดเจนและสมบูรณ์ที่สุด

6. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมารับวัสดุอุปกรณ์และลงมือสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

8.3 สร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม (40 นาที)

1. ครูทบทวนการเขียนโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนรู้ในการปฐมนิเทศรายวิชา
2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายและระดมสมองร่วมกันเพื่อเขียนข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่มลงในกระดาษฟลิปชาร์ต โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองการทำงานของหัวใจและการไหลเวียนเลือด

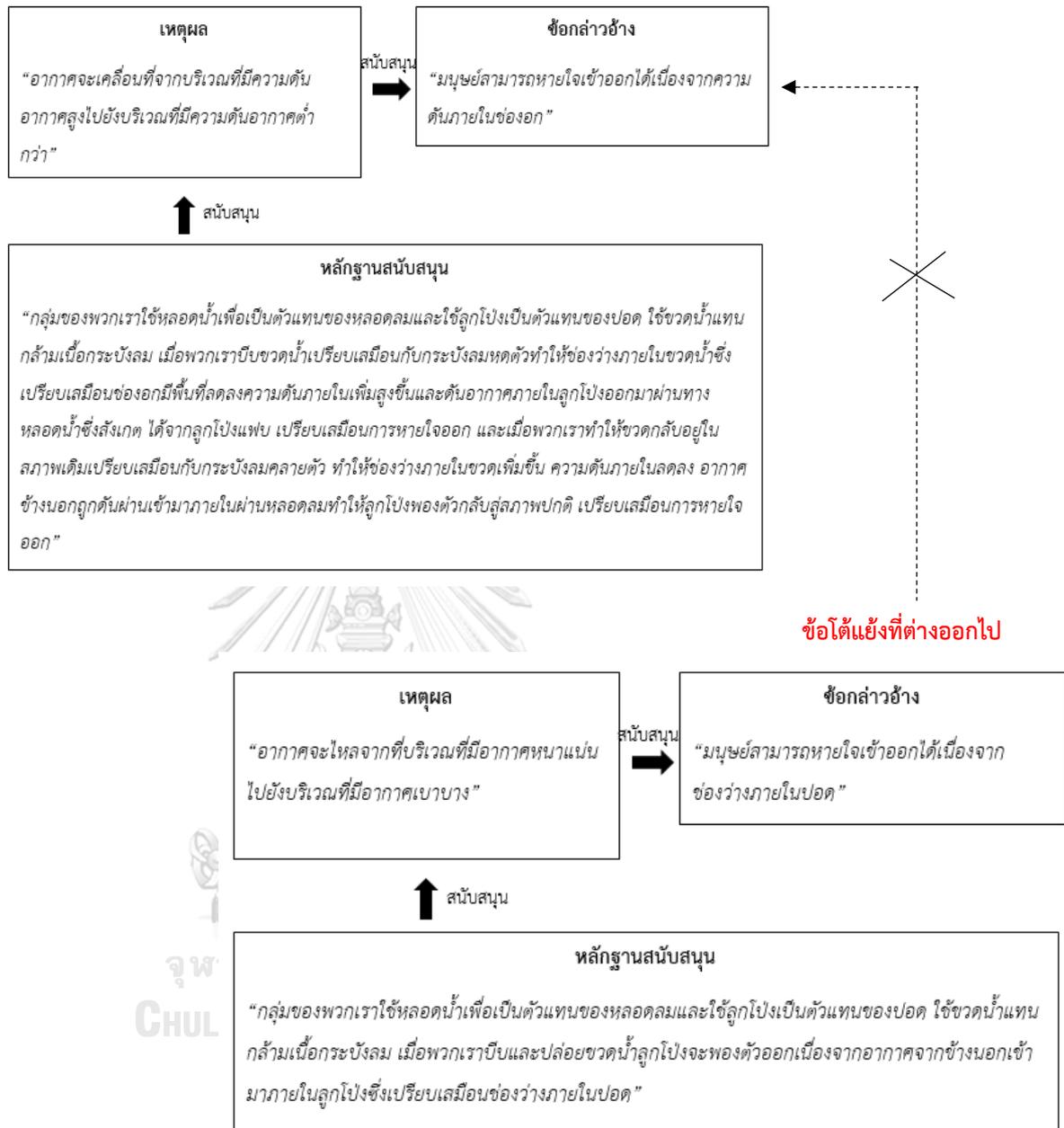
เข้าและออกจากหัวใจที่กลุ่มตนเองสร้างขึ้น (ในการเขียนข้อโต้แย้งเบื้องต้นให้เขียนเป็นแผนผังของ
กล่องข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)



8.4 ชื่อนำเสนอแบบจำลองและสร้างข้อโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น แก้ไขแบบจำลองและข้อโต้แย้ง ผ่านการอภิปราย (50 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่มโดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองเบื้องต้นที่สร้างขึ้นในขั้นที่ 2 ในการอธิบายข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลสนับสนุน จากนั้นครุมนำนักเรียนอภิปรายเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนกลุ่มอื่นแสดงข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปโดยใช้ข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองที่มีหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนมาโต้แย้งแย้งเพื่อให้ข้อกล่าวอ้างของกลุ่มที่นำเสนอมีความน่าเชื่อถือลดลง

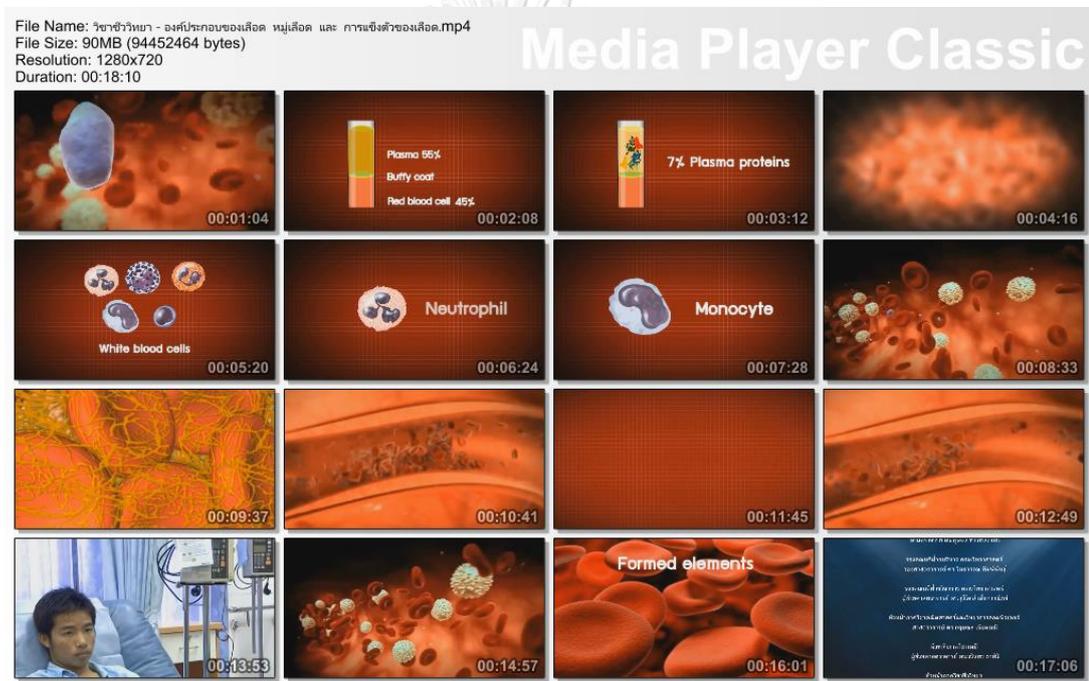
2. ครูยกตัวอย่างข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไป ดังนี้



2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปและข้อเสนอแนะจากเพื่อนร่วมชั้นมาอภิปรายกัน ภายในกลุ่มเพื่อพิจารณาปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองของกลุ่มตนเอง

8.5 ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ (90 นาที)

1. ครูแจกบทปฏิบัติการเรื่องโครงสร้างของหัวใจหมูซึ่งเป็นปฏิบัติการที่ให้นักเรียนได้ผ่าหัวใจหมู ซึ่งเป็นตัวแทนของหัวใจมนุษย์พร้อมกันกับการสาธิตของครูในการผ่าตัวหัวใจหมูทีละส่วน
2. ครูอธิบายโครงสร้างของหัวใจและการทิศทางการหมุนเวียนของเลือดผ่านหัวใจโดยใช้หัวใจหมู จากนั้นนำนักเรียนสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจและการทิศทางการหมุนเวียนของเลือดผ่านหัวใจจากนั้นให้นักเรียนบันทึกผลการทำปฏิบัติการเรื่องโครงสร้างของหัวใจลงในใบบันทึกผล
3. ครูให้นักเรียนดูวีดิทัศน์และทำใบงานเรื่อง องค์ประกอบของเลือด หมู่เลือด และการแข็งตัวของเลือด (หน้า 26) จาก <https://www.youtube.com/watch?v=z5Eef6rkhPc>



4. ครูนำนักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำปฏิบัติการและการดูวีดิทัศน์ จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มโดยนำข้อมูลที่ได้จากข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และข้อเสนอแนะของเพื่อนกลุ่มอื่นรวมถึงข้อมูลที่ได้จากปฏิบัติการมาพิจารณาเพื่อปรับเปลี่ยนแบบจำลองเบื้องต้น ในขั้นที่ 2 ของกลุ่มตนเองเพื่อให้ได้เป็นแบบจำลองสุดท้าย โดยใช้ปากกาสีแดงเขียนทับแบบร่างแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นที่ 2 ในกระดาษฟริบชาร์ต พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลในการแก้ไข

5. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแบบจำลองสุดท้ายมานำเสนอต่อเพื่อนร่วมชั้น จากนั้นครูนำนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองสุดท้ายของแต่ละกลุ่มโดยเน้นไปที่ประเด็นแก้ไขของแต่ละกลุ่ม โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนใช้ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลสนับสนุนที่นักเรียนใช้ในการแก้ไขแบบจำลองของกลุ่มตนเองมาอธิบาย โดยใช้คำถามดังนี้
 - 5.1 กลุ่มของนักเรียนมีข้อกล่าวอ้างที่เปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร
 - 5.2 หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนใดที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างของกลุ่มนักเรียนเปลี่ยนไป

8.6 การสะท้อนคิดผ่านการเขียนส่วนบุคคล (40 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสะท้อนคิดส่วนบุคคล ในคำถามท้ายใบกิจกรรมคือ

- 1.1 ให้นักเรียนอธิบายว่าแบบจำลองแรกที่นักเรียนสร้างขึ้นกับแบบจำลองสุดท้ายของนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ และทำไมถึงเปลี่ยนแปลง

9. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

- 9.1 ปฏิบัติการเรื่อง โครงสร้างของหัวใจและทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจ
- 9.2 คลิปวิดีโอเรื่อง “ป่าเต็ง ยูทอนา” กับนาฬิกาชีวิต หัวใจวายเฉียบพลัน”
จาก https://www.youtube.com/watch?v=bfr_ydBfGDs
- 9.3 วิดีโอเรื่องหัวใจของสัตว์มีกระดูกสันหลัง จาก https://youtu.be/-XCVMC_z5-k
- 9.4 วิดีโอเรื่อง องค์ประกอบของเลือด หมูเลือด และ การแข็งตัวของเลือด
จาก <https://www.youtube.com/watch?v=z5Eef6rkhPc>

10. ภาระงาน/ชิ้นงาน

- 10.1 แบบจำลองทิศทางการไหลเวียนของเลือด
- 10.2 ใบงานการสร้างข้อโต้แย้งจากแบบจำลอง
- 10.3 รายงานผลการทำปฏิบัติการโครงสร้างของหัวใจสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

11. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	วิธีวัด	เครื่องมือวัด
1. อธิบายโครงสร้างของหัวใจมนุษย์ได้ (K)	- การตอบคำถามภายในห้อง - การตอบคำถามในใบงาน	- แบบสังเกตการตอบคำถาม - แบบประเมินใบงาน
2. อธิบายทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ได้ (K)	- การตอบคำถามภายในห้อง - การตอบคำถามในใบงาน	- แบบสังเกตการตอบคำถาม - แบบประเมินใบงาน
3. สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ได้ (P)	- การนำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน	- แบบสังเกตการนำเสนอแบบจำลอง
4. สร้างข้อโต้แย้งเกี่ยวกับการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ (P)	- การทำใบงาน - การเขียนสะท้อนคิด - การนำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน - สังเกตพฤติกรรมกรรมการโต้แย้ง	- แบบประเมินใบงาน - แบบประเมินการเขียนสะท้อนคิด - แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการโต้แย้ง - แบบสังเกตการนำเสนอแบบจำลอง
4. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (A)	- สังเกตการทำงานกลุ่ม	- แบบสังเกตการทำงานร่วมกับผู้อื่น

12. บันทึกหลังสอน

ลงชื่อ

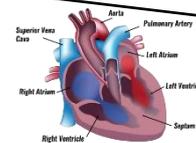
(นายศักรินทร์ อะจิม่า)

อาจารย์ผู้สอน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ใบกิจกรรมที่ 1

แบบจำลองการทำงานของหัวใจและการไหลเวียนเลือดเข้าและออกจากหัวใจ



กลุ่มที่.....ห้อง.....

1. ชื่อ - สกุล เลขที่
2. ชื่อ - สกุล เลขที่
3. ชื่อ - สกุล เลขที่
4. ชื่อ - สกุล เลขที่
5. ชื่อ - สกุล เลขที่

* ให้ระบุชื่อของตนเองลงในหมายเลข 1

คำถามนำ : การไหลเวียนของเลือดผ่านหัวใจมีทิศทางอย่างไร

เป้าหมาย :

1. ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สามารถอธิบายการทำงานของหัวใจและการไหลเวียนเลือดเข้าและออกจากหัวใจของมนุษย์
2. ให้นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล และหลักฐานสนับสนุนโดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น

วัสดุ อุปกรณ์ที่เลือกใช้ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> ลูกโป่งขนาด 5 นิ้ว จำนวน 2 ใบ | <input type="checkbox"/> ตะปูขนาด 2 นิ้ว จำนวน 1 ตัว |
| <input type="checkbox"/> ลูกโป่งขนาด 10 นิ้ว จำนวน 4 ใบ | <input type="checkbox"/> ฝาขวดน้ำ จำนวน 2 ฝา |
| <input type="checkbox"/> หนัวยาง จำนวน 5 เส้น | <input type="checkbox"/> สายน้ำเกลือ จำนวน 4 เส้น |
| <input type="checkbox"/> ลูกบอลฟองน้ำบริหารมือ จำนวน 1 ลูก | <input type="checkbox"/> สายยางขนาด 1 หุน จำนวน 2 เส้น |
| <input type="checkbox"/> ลูกบอลพลาสติก จำนวน 1 ลูก | <input type="checkbox"/> แก้วน้ำพลาสติก ขนาด 16 oz. จำนวน 4 ใบ |
| <input type="checkbox"/> ฝาปิดท่อ PVC ขนาด 0.5 นิ้ว จำนวน 2 อัน | <input type="checkbox"/> ปืนกาว จำนวน 1 อัน |
| <input type="checkbox"/> สีสผสมอาหารสีน้ำเงิน จำนวน 1 ซอง | <input type="checkbox"/> สีสผสมอาหารสีแดง จำนวน 1 ซอง |
| <input type="checkbox"/> กระดาษแข็งเทา-ขาว จำนวน 1 แผ่น | <input type="checkbox"/> คัตเตอร์ จำนวน 1 อัน |
| <input type="checkbox"/> กรรไกร จำนวน 1 อัน | <input type="checkbox"/> ชุดคำศัพท์ระบบหมุนเวียนเลือด |

ระยะเวลาทำกิจกรรม : 100 นาที

ตอนที่ 1 แบบจำลองเบื้องต้น

คำชี้แจง : กิจกรรมในตอนที่ 1 แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 : แบบจำลองและข้อโต้แย้งที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อนำเสนอต่อเพื่อนภายในกลุ่ม

ส่วนที่ 2 : แบบจำลองและข้อโต้แย้งที่กลุ่มของนักเรียนเลือก

----- **ส่วนที่ 1** -----

คำชี้แจง : ให้นักเรียนออกแบบแบบจำลองที่สามารถอธิบายการทำงานของหัวใจและการไหลเวียนเลือดเข้าและออกจากหัวใจได้อย่างถูกต้อง



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล และหลักฐานสนับสนุนโดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

ข้อกล่าวอ้าง

↑
สนับสนุน

เหตุผล

↑
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY
สนับสนุน

หลักฐานสนับสนุน

ส่วนที่ 2

คำชี้แจง : ให้นักเรียนวาดแบบจำลองที่กลุ่มของนักเรียนลงมติว่าน่าจะสามารถอธิบายทิศทางการไหลเวียนของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ได้อย่างถูกต้อง

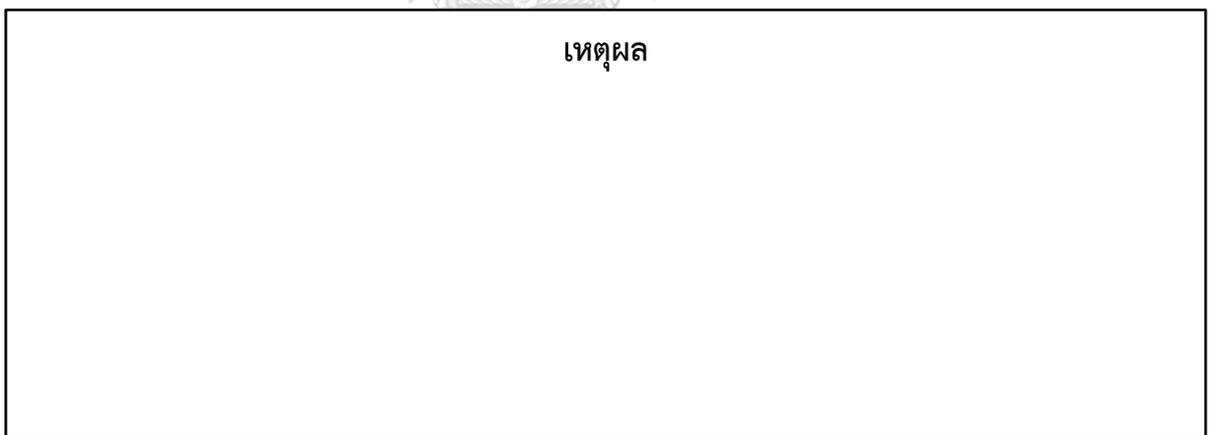


คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล และหลักฐานสนับสนุนโดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองที่กลุ่มของนักเรียนเลือก

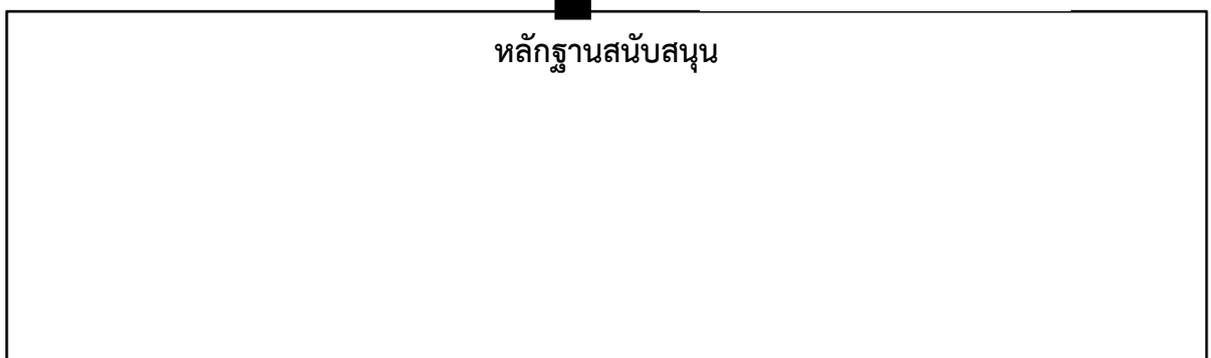
ข้อกล่าวอ้าง



เหตุผล



หลักฐานสนับสนุน



ตอนที่ 2 ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปของเพื่อนกลุ่มอื่นที่ทำให้ข้อโต้แย้งของนักเรียน
น่าเชื่อถือน้อยลงตามแบบแผนในใบงาน

ข้อโต้แย้งของกลุ่มนักเรียน



คัดค้าน

ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป

ข้อกล่าวอ้างของกลุ่มเพื่อน



สนับสนุน

เหตุผล



สนับสนุน

หลักฐานสนับสนุน

ตอนที่ 3 แบบจำลองและข้อกล่าวอ้างสุดท้าย

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนแบบจำลองที่ผ่านการระดมความคิดเห็นและพิจารณาแก้ไขโดยใช้ข้อมูลจากข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปของเพื่อนกลุ่มอื่นและข้อมูลที่ได้จากการศึกษาใบความรู้

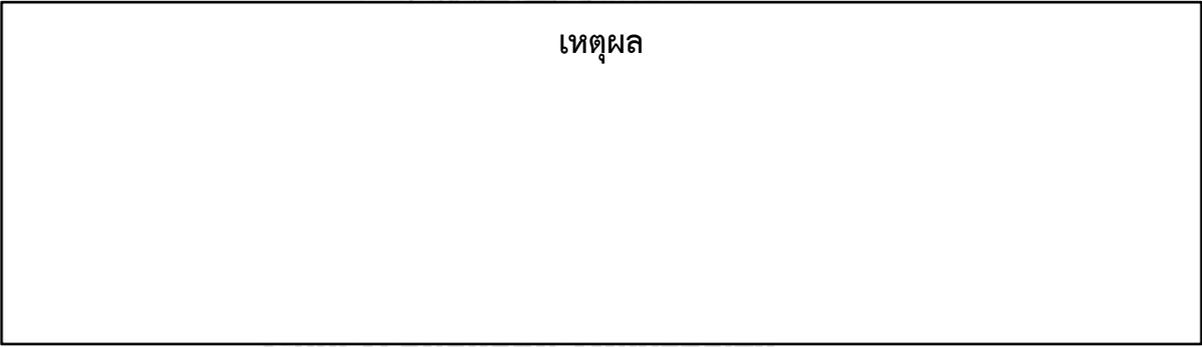


คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนข้อโต้แย้งสุดท้ายที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล และหลักฐาน
สนับสนุนโดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองสุดท้ายของกลุ่มนักเรียน

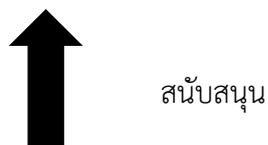
ข้อกล่าวอ้าง



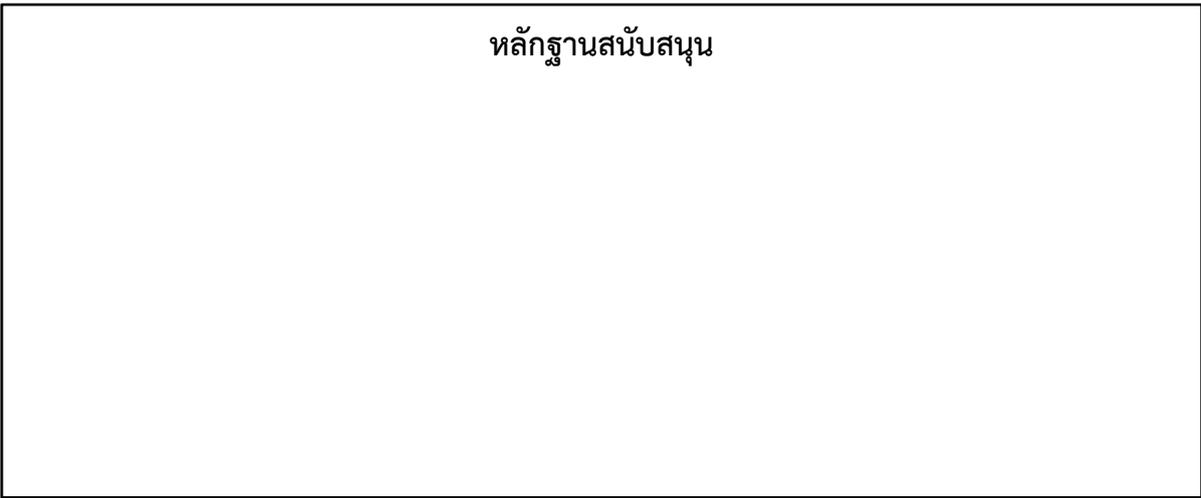
เหตุผล



CHULALONGKORN UNIVERSITY



หลักฐานสนับสนุน



ตอนที่ 4 การเขียนสะท้อนคิดส่วนบุคคล

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามที่กำหนดให้

คำถาม : ให้นักเรียนอธิบายว่าแบบจำลองแรกที่นักเรียนสร้างขึ้นกับแบบจำลองสุดท้ายของนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ และทำไมถึงเปลี่ยนแปลง



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 1) แบบสังเกตกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- 2) แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- 3) แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการแย้งทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสังเกตกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ครูผู้สอน : _____

วิชา : _____ ระดับชั้น : _____

ผู้สังเกต : _____ รหัสผู้ถูกสังเกต : _____

วันที่สังเกต : _____ ระยะเวลาในการสังเกต : _____



ชั้นการสอน/พฤติกรรมที่สังเกต							
A4					B4		
A5					B5		
A6					B6		
ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม		ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม		ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม			
A1					B1		
A2					B2		
A3					B3		
A4					B4		
A5					B5		
A6					B6		
ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม		ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม		ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม			
4. การนำเสนอแบบจำลองและการแก้ไขแบบจำลอง		ระดับพฤติกรรม			ระดับพฤติกรรม		
5. ชั้นการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ		ระดับพฤติกรรม			ระดับพฤติกรรม		
การใช้แบบจำลองในการเสนอข้อกล่าวอ้าง		3-ชัดเจน			3-ชัดเจน		
		2-ไม่ชัดเจน			2-ไม่ชัดเจน		
		1-ไม่แสดง			1-ไม่แสดง		
A1					B1		

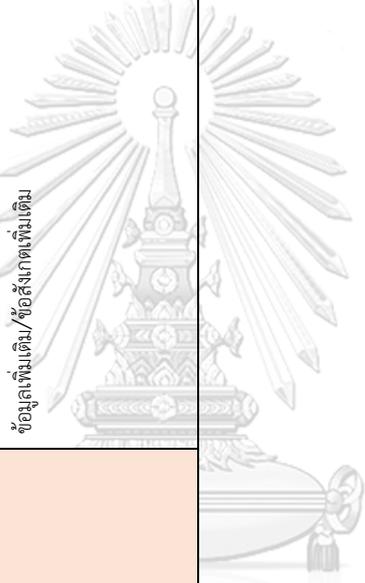
การเชื่อมโยงหลักฐานเพื่อสนับสนุนเหตุผลในการอธิบายจากแบบจำลอง ที่สร้างขึ้น

ชั้นการสอน/พฤติกรรมที่สังเกต							
	A2					B2	
	A3					B3	
	A4					B4	
	A5					B5	
	A6					B6	
			ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม			ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม	
<p>การเสนอข้อกล่าวอ้างที่สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น</p>	A1					B1	
	A2					B2	
	A3					B3	
	A4					B4	
	A5					B5	
	A6					B6	
		ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม			ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม		
<p>การให้เหตุผลรองรับแบบจำลองของตนเองเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง</p>		A1				B1	

ชั้นการสอน/พฤติกรรมที่สังเกต							
	A2					B2	
	A3					B3	
	A4					B4	
	A5					B5	
	A6					B6	
			ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม			ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม	
การเชื่อมโยงหลักฐานเพื่อสนับสนุนเหตุผลในการอธิบายจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น	A1					B1	
	A2					B2	
	A3					B3	
	A4					B4	
	A5					B5	
	A6					B6	
			ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม			ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม	

ชั้นการสอน/พฤติกรรมที่สังเกต							
การใช้แบบจำลองในการสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	A1					B1	
	A2					B2	
	A3					B3	
	A4					B4	
	A5					B5	
	A6					B6	
	ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม		ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม				
การเสนอข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปที่สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น	A1					B1	
	A2					B2	
	A3					B3	
	A4					B4	
	A5					B5	
	A6					B6	
	ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม		ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม				
มีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับเพื่อทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่น ๆ มีความน่าเชื่อถือลดลง	A1					B1	
	A2					B2	

ชั้นการสอน/พฤติกรรมที่สังเกต							
	A3					B3	
	A4					B4	
	A5					B5	
	A6					B6	
		ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม			ข้อมูลเพิ่มเติม/ข้อสังเกตเพิ่มเติม		



แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ก่อนเรียนและหลังเรียน

คำชี้แจง

1) แบบวัดนี้เป็นแบบวัดแบบอัตนัยให้นักเรียนเลือกทำ 3 จากข้อคำถามทั้งหมด 6 ข้อ คือ

- 1.1) ตีมน้ำปัสสาวะช่วยรักษาโรคได้จริงหรือไม่
- 1.2) คนที่เป็นโรคเกาต์ไม่ควรกินไก่จริงหรือไม่
- 1.3) ยุงสามารถเป็นพาหะในการแพร่เชื้อ HIV ได้หรือไม่
- 1.4) โรคอีสุกอีใสเป็นแล้วจะไม่เป็นอีกจริงหรือไม่
- 1.5) ตีมน้ำเย็นเสี่ยงต่อโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดจริงหรือไม่
- 1.6) จังหวะของดนตรีมีผลต่อการเต้นของหัวใจหรือไม่

โดยในแต่ละข้อนักเรียนสามารถนำข้อมูลจากบทความหรือความรู้ที่ได้เรียนมาใช้

ประกอบการตอบคำถาม

2) ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที

บทความที่ 1

ดื่มน้ำปัสสาวะช่วยรักษาโรคได้จริงหรือ

ในเดือนสิงหาคมที่ผ่านมาได้มีผู้ใช้เฟซบุ๊กรายหนึ่งออกมาโพสต์เกี่ยวกับการดื่มน้ำปัสสาวะเพื่อรักษาโรค จากเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้เกิดการโต้แย้งของฝ่ายที่เห็นด้วยกับฝ่ายที่ไม่เห็นด้วยดังนี้

ดร.ใจเพชร กล้าจน หรือหมอเขียว ประธานมูลนิธิแพทย์วิถีธรรมแห่งประเทศไทย ดันตำรับการดื่มน้ำปัสสาวะ ยืนยันว่า การดื่มน้ำปัสสาวะรักษาโรคได้จริง เช่น นิ้วล็อก นิ้วโนไต ปวดหลัง โรคไต กระเพาะปัสสาวะอักเสบ เป็นต้น เพราะการกินฉี่กลับเข้าไปจะได้อาตุที่เป็นประโยชน์ เนื่องจากปัสสาวะมีธาตุ สารพลังงานของโรคหรือพิษของเราแบบอ่อน ๆ ก็เหมือนวัคซีน เพราะวัคซีนคือการนำพิษอ่อนเข้าไปในร่างกาย แล้วไปกระตุ้นให้ร่างกายผลิตเม็ดเลือดขาวมาจับพิษออกมาจากร่างกายของเรา

ด้าน นพ. บรรจบ ชุมหสวัสดิกุล ผู้เชี่ยวชาญด้านการแพทย์ทางเลือก เคยกล่าวในการประชุมวิชาการ เรื่อง "น้ำปัสสาวะรักษาโรคได้จริงหรือ" ว่า ในปัสสาวะประกอบไปด้วยน้ำ 95% ยูเรีย 2.5% และสารอื่น ๆ อีก 2.5% และแม้จะดูเหมือนว่าปัสสาวะมีสารน้อย ทว่าหากเปรียบเทียบกับเซรุ่มก็ไม่ต่างกันเท่าไร สามารถใช้รักษาอาการปวดเรื้อรัง ปวดเมื่อยร่างกาย ไมเกรน รูมาตอยด์ โรคภูมิแพ้ สะเก็ดเงิน โรค SLE หรือน้ำปัสสาวะมาทาแผลเบาหวาน แผลไฟไหม้ หรือแม้แต่ดื่มน้ำปัสสาวะมาบำรุงผิวพรรณ บำรุงผมก็ยังได้ เพราะในปัสสาวะมียูเรียซึ่งเปรียบเสมือนสารให้ความชุ่มชื้นที่มักใช้ในเครื่องสำอางราคาแพง ๆ แต่ไม่ได้หมายความว่าให้คนไทยลุกขึ้นมาดื่มน้ำปัสสาวะหากมีร่างกายปกติก็ไม่จำเป็น

ฝั่ง นพ. สิทธิ ลิขิตนุกูล หรือ หมอออกอล์ฟ แพทย์สังคมสื่อสารเพื่อคุณธรรม ก็เผยว่า แนวคิดเรื่องการกินปัสสาวะมีมาตั้งแต่สมัยโบราณ แม้ในปัสสาวะจะเป็นของเสียที่ร่างกายเราขับออก แต่ยังมีของดีที่ร่างกายนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น แคลเซียม โซเดียม เอนไซม์ต่าง ๆ แต่ต้องกินปัสสาวะตัวเองที่บริสุทธิ์หลังจากตื่นนอนตอนเช้าเท่านั้น เพราะร่างกายยังไม่ได้กินอาหารอย่างอื่นมา เมื่อกินฉี่ตัวเองเข้าไปร่างกายก็จะสร้างภูมิคุ้มกันขึ้นมาต้านภัยตัวเองเป็นเสมือนวัคซีน ช่วยรักษาโรคไขข้ออักเสบ หรือรูมาตอยด์

“ภาคภูมิ เดชหัสดิน” หรือ “หมอเล็บแพนด้า” นักเทคนิคการแพทย์สายฮาขวัญใจโลกโซเชียล เป็นอีกคนหนึ่งออกมาเคลื่อนไหวกับเรื่องการดื่มฉี่เพื่อรักษาโรค เขาให้ข้อมูลผ่านคลิปวิดีโอ โดยจัดข้อพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ออกมาชนกับกลุ่มความเชื่อดังกล่าวความว่า

“เห็นคนเชื่อสูตรโบราณ ก็อาจจะเอาปัสสาวะวัวมาดองสมุนไพรมารักษาโรค เพราะเมื่อก่อนไม่รู้ว่าต้องใช้อะไรรักษา แต่ปัจจุบันความรู้นักวิทยาศาสตร์ ในปัสสาวะประกอบด้วย น้ำ 95% ยูเรีย 2.5% และแร่ธาตุอื่นๆ อีก 2.5% ซึ่งในปัสสาวะมีแร่ธาตุเยอะมากมาย แต่ถ้าสกัดแร่ธาตุออกมาแต่ละตัว กลับมีประโยชน์น้อยมาก น้อยกว่าข้าวคั่วที่กินเข้าไป ส่วนที่ทาหน้าทำไมนุ่ม เพราะในปัสสาวะมียูเรีย ซึ่งเหมือนมอยส์เจอร์ไรเซอร์ทำให้ผิวหนังรู้สึกนุ่มครีมถูก ๆ ยังมียูเรียเยอะกว่านั้น จึงไม่จำเป็นต้องเอาปัสสาวะมาทาหน้าบางคนเอาไปหยดใส่แผลผมร่วงยูเรียทุกวัน มีทั้งเลือด ทั้งแบคทีเรียเต็มไปหมด บางคนใส่แล้วเลือดหยุดไหล ความจริงร่างกายมีกระบวนการในการห้ามเลือดอยู่แล้ว ถ้ามานำมาใช้ไม่ได้ เพราะมันไม่มีโทษร้ายแรงและไม่มีประโยชน์ที่ชัดเจนมันถึงอยู่ได้ถ้าเราอยากให้มันเป็นยาจริง ๆ ก็วิจัยเลยครับ ทดลองในแล็บกับสัตว์กับมนุษย์แต่ที่ไม่มีมีการวิจัยก็มันไม่ได้ผลฉะนั้นเลิกนะครับ ถ้าใครในครอบครัวหลงเชื่อก็ตัดเตือนหรือเอาคลิปนี้ให้เขาดูก็ได้ เลิกเถอะครับ”



ทางด้าน พล.ต.ต. ธนิต จิรนนท์ธวัช นายแพทย์ (สบ6) โรงพยาบาลตำรวจ แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านอายุรกรรมโรคไต ก็ได้โพสต์ผ่านเฟซบุ๊กโรงพยาบาลตำรวจ Police General Hospital ว่า โดยปกติปัสสาวะพร้อมจะมีเชื้อโรคเกิดขึ้นและเน่าเสียโดยง่าย ดังนั้นหากดื่มน้ำปัสสาวะที่เก็บอย่างไม่สะอาด หรือทิ้งไว้นาน จะทำให้เสี่ยงต่อการได้รับน้ำปนเปื้อนเชื้อโรค และทำให้เกิดการติดเชื้อในร่างกาย และจะยิ่งอันตรายหากมีโรคประจำตัว เช่น โรคไต โรคหัวใจ โรคที่ทำให้ภูมิคุ้มกันต่ำ ก็จะทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโทษรุนแรงหากดื่มน้ำปัสสาวะ

ในส่วนของการทรวงสาธารณสุข ก็ได้ออกมาเตือนประชาชนผ่านเฟซบุ๊ก กระทรวงสาธารณสุขถึงประเด็นนี้ด้วยเช่นกัน โดยมีข้อมูลว่า การใช้น้ำปัสสาวะบำบัดยังไม่มีงานวิจัยทางคลินิกที่น่าเชื่อถือรองรับว่า กินดีรักษาโรคได้ ดังนั้นอย่าหลงเชื่อ นอกจากนี้การดื่มฉีดยังอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพอีกมากมาย เช่น การดื่มน้ำปัสสาวะเพื่อรักษาโรคเรื้อรัง อาจทำให้ไม่สามารถควบคุมการลุกลามของโรค และอาจเกิดอันตรายได้

ไม่ต่างจากอายุรแพทย์โรคไต โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ก็ได้โพสต์ผ่านเฟซบุ๊ก Anutra Chittinandana ว่า หยุดดื่มและหยุดแนะนำให้คนอื่นดื่มน้ำปัสสาวะเถอะ เพราะปัสสาวะแทบไม่มีสารอะไรที่มีปริมาณเพียงพอที่จะเป็นประโยชน์กับร่างกายเลย ที่สำคัญปัสสาวะจะถูกเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะก่อนที่เราจะฉีออกมาผ่านท่อปัสสาวะซึ่งตรงนี้แหละที่เสี่ยงปนเปื้อนเชื้อโรคต่าง ๆ ได้มาก เนื่องจากปลายท่อปัสสาวะจะอยู่ใกล้ทวารหนักของเรา จึงมีโอกาสที่ปัสสาวะจะปนเปื้อนเชื้อโรคได้ง่าย

***บทความนี้ปรับปรุงมาจาก...**

Thai PBS News. 2562. ไขข้อข้องใจ! ฟังมม "หมอโรคไต" เตือนก่อนคิดดื่มน้ำปัสสาวะ. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2562. จาก <https://news.thaipbs.or.th/content/283352>

ไทยรัฐออนไลน์. (2562). "กินปัสสาวะ รักษาโรคจริงมั๊ย" เหตุใด ชาวสันตือโศก "สนธิ ลิ้ม" นิยมดื่ม. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2562. จาก <https://www.thairath.co.th/news/local/bangkok/1643416>

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2561. ระวังดื่มน้ำปัสสาวะเพื่อรักษาโรคอาจเป็นอันตรายได้. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2562. จาก <https://bit.ly/2Meyde3>

- 3) นักเรียนจะใช้เหตุผลอะไรในการโน้มน้าวเพื่อนที่ไม่เห็นด้วยให้เห็นด้วยกับนักเรียน

1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 4) หากนักเรียนต้องใช้หลักฐานสนับสนุนข้อคิดเห็นของตนเองในข้อที่ 1 หรือข้อที่ 3
นักเรียนจะใช้หลักฐานอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

รหัสของผู้ถูกสัมภาษณ์ _____ คำถามข้อที่ _____ วันที่สัมภาษณ์ _____

ระดับความสามารถในการโต้แย้งจากแบบวัด ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง

ผู้สัมภาษณ์ _____

1. ให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียนในข้อที่ 1

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าเพื่อนที่เห็นต่างกับนักเรียนจะมีเหตุผลอื่นมาสนับสนุนอีกหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

3. นักเรียนมีเหตุผลอื่นอีกหรือไม่ที่จะนำมาใช้ในการลดความน่าเชื่อถือของเหตุผลของเพื่อนที่เห็นต่างในข้อที่ 2

.....

.....

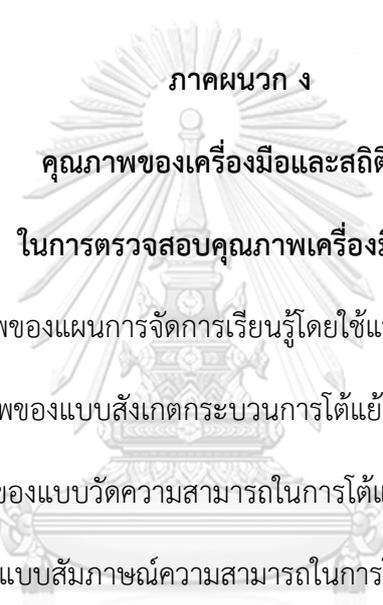
.....

4. นักเรียนคิดว่ามีหลักฐานอื่นอีกหรือไม่ที่สามารถนำมาสนับสนุนเหตุผลของนักเรียนเพื่อให้ข้อกล่าวอ้างของนักเรียนน่าเชื่อถือมากขึ้น

.....

.....

.....

- 
- ภาคผนวก ง
- คุณภาพของเครื่องมือและสถิติที่ใช้
- ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย
- 1.คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 2.คุณภาพของแบบสังเกตกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
 - 3.คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
 - 4.คุณภาพของแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
 - 5.สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด

1. คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน
ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตารางที่ 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

	ผู้ประเมิน			แปลผล
	1	2	3	
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้				
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	สอดคล้อง
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนตามการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Chen et al. (Chen Ying-Chih et al., 2016)	1	1	1	สอดคล้อง
2. จุดประสงค์การเรียนรู้				
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	1	1	1	สอดคล้อง
2.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	สอดคล้อง
2.3 สนับสนุนให้เกิดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	สอดคล้อง
3. เนื้อหาสาระ				
3.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	สอดคล้อง
3.2 สาระการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้อง	1	1	1	สอดคล้อง
4. การจัดการเรียนรู้				
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	สอดคล้อง
4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	1	1	1	สอดคล้อง
4.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	1	0.67	0.67	สอดคล้อง
4.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความชัดเจน	1	1	1	สอดคล้อง
4.5 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	1	1	1	สอดคล้อง

4.6 แบบจำลองที่ใช้ส่งเสริมให้เกิดความสามารถ ในการโต้แย้ง	1	1	1	สอดคล้อง
5. สื่อการเรียนรู้				
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	สอดคล้อง
5.2 เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	สอดคล้อง
6. การประเมินการเรียนรู้				
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	1	1	สอดคล้อง
6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	1	1	1	สอดคล้อง
6.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	สอดคล้อง



2. คุณภาพของแบบสังเกตกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบสังเกตกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแบบสังเกตกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ขั้นการสอน	พฤติกรรมที่สังเกต	IOC	แปลผล
ขั้นที่ 2 : ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้นของกลุ่ม	1. การสร้างข้อกล่าวอ้างจากแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง 2. การให้เหตุผลรองรับเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน	1	สอดคล้อง
ขั้นที่ 3 : ขั้นการสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้นของกลุ่ม	3. การเชื่อมโยงหลักฐานเพื่อสนับสนุนเหตุผลในการอธิบายจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น	1	สอดคล้อง
ขั้นที่ 4 : การนำเสนอแบบจำลองและการแก้ไขแบบจำลอง	1. การใช้แบบจำลองในการเสนอข้อกล่าวอ้าง 2. การเสนอข้อกล่าวอ้างที่ สอดคล้องกับแบบจำลองเบื้องต้น 3. การให้เหตุผลรองรับแบบจำลองของตนเอง	1	สอดคล้อง
ขั้นที่ 5 : ขั้นปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ	4. การเชื่อมโยงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลในการอธิบายจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น 5. การใช้แบบจำลองในการสร้างข้อโต้แย้งที่แตกต่างออกไป 6. การเสนอข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปที่สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น 7. การให้เหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับเพื่อทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่น ๆ มีความน่าเชื่อถือลดลง	1	สอดคล้อง

3. คุณภาพของแบบสังเกตกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 24 คะแนนการประเมินจากการกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 1

ขั้นการสอน/พฤติกรรมที่สังเกต	ผู้ประเมิน				
2. ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น					
3. ขั้นการสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น					
การสร้างข้อกล่าวอ้างจากแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง	รหัสตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	1	1	1	1
	T2	1	2	1	1
	T3	3	2	3	2
	T4	2	2	1	2
	T5	1	1	1	1
การให้เหตุผลรองรับเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน	รหัสตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	2	1	1	1
	T2	1	2	1	2
	T3	2	1	1	1
	T4	2	2	1	2
	T5	1	2	1	2
การเชื่อมโยงหลักฐานเพื่อสนับสนุนเหตุผลในการอธิบายจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น	รหัสตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	2	2	1	1
	T2	1	1	2	2
	T3	1	2	1	1
	T4	2	1	1	2
	T5	1	1	2	2

4. การนำเสนอแบบจำลองและการแก้ไขแบบจำลอง

5. ขั้นตอนการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ

การใช้แบบจำลองในการเสนอข้อกล่าวอ้าง	รหัสตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	2	1	1	1
	T2	1	2	1	2
	T3	2	2	1	1
	T4	2	2	1	2
	T5	1	2	1	2

การเสนอข้อกล่าวอ้างที่สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น	รหัสตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	1	2	1	1
	T2	1	2	1	1
	T3	3	2	2	3
	T4	2	2	1	2
	T5	2	2	1	1

การให้เหตุผลรองรับแบบจำลองของตนเองเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	รหัสตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	2	2	1	1
	T2	1	1	2	2
	T3	1	2	1	1
	T4	2	2	1	2
	T5	1	1	2	2

การเชื่อมโยงหลักฐานเพื่อสนับสนุนเหตุผลในการอธิบายจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น	รหัสตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	2	2	1	1
	T2	1	1	2	2
	T3	2	2	1	1
	T4	2	2	1	2
	T5	1	1	2	2

การใช้แบบจำลองในการสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	รหัสตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
		T1	2	1	1
T2	1	1	1	1	2
T3	1	2	1	1	1
T4	2	2	1	1	2
T5	1	1	1	2	1

การเสนอข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปที่สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น	รหัสตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
		T1	1	1	1
T2	1	1	1	1	1
T3	3	2	3	3	3
T4	2	1	1	1	2
T5	2	1	1	1	1

มีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับเพื่อให้ข้อกล่าวอ้างอื่น ๆ มีความน่าเชื่อถือลดลง	รหัสตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
		T1	2	1	1
T2	1	2	2	2	2
T3	2	2	1	1	1
T4	2	2	2	2	2
T5	1	1	1	1	2

ชั้นการสอน/พฤติกรรมที่สังเกต	ผู้ประเมิน				
2. ชั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น					
3. ชั้นการสร้างข้อโต้แย้งเบื้องต้น					
การสร้างข้อกล่าวอ้างจากแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง	รหัส ตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	1	1	1	1
	T2	1	2	2	1
	T3	3	3	2	3
	T4	3	2	1	2
	T5	2	2	2	1
การให้เหตุผลรองรับเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน	รหัส ตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	1	1	1	1
	T2	1	2	1	1
	T3	3	2	2	3
	T4	2	2	1	2
	T5	2	2	1	1
การเชื่อมโยงหลักฐานเพื่อสนับสนุนเหตุผลในการอธิบายจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น	รหัส ตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	2	1	1	1
	T2	1	2	1	2
	T3	2	1	1	1
	T4	2	2	1	2
	T5	1	2	1	2

4. การนำเสนอแบบจำลองและการแก้ไขแบบจำลอง

5. ขั้นตอนการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ

การใช้แบบจำลองในการเสนอข้อกล่าวอ้าง	รหัส ตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	1	1	1	1
	T2	2	2	2	1
	T3	2	2	2	3
	T4	3	2	1	2
	T5	2	2	1	1
การเสนอข้อกล่าวอ้างที่สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น	รหัส ตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	1	2	1	1
	T2	1	2	2	1
	T3	3	1	1	2
	T4	2	2	1	2
	T5	3	2	1	1
การให้เหตุผลรองรับแบบจำลองของตนเองเพื่อสนับสนุนข้อ กล่าวอ้าง	รหัส ตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	2	1	1	1
	T2	1	2	1	2
	T3	2	1	1	1
	T4	2	2	1	2
	T5	1	2	1	2
การเชื่อมโยงหลักฐานเพื่อสนับสนุนเหตุผลในการอธิบายจาก แบบจำลองที่สร้างขึ้น	รหัส ตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	2	2	1	1
	T2	1	1	2	2
	T3	1	2	1	1

	T4	2	2	1	2
	T5	1	1	2	2
<hr/>					
การใช้แบบจำลองในการสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	รหัส ตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	1	1	1	1
	T2	1	2	1	1
	T3	3	1	3	2
	T4	2	1	1	2
	T5	1	1	1	1
<hr/>					
การเสนอข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปที่สอดคล้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น	รหัส ตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	1	1	1	1
	T2	1	1	1	1
	T3	3	1	3	2
	T4	2	1	2	2
	T5	1	1	1	1
<hr/>					
มีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับเพื่อทำให้ข้อกล่าวอ้างอื่น ๆ มีความน่าเชื่อถือลดลง	รหัส ตัวอย่าง	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
	T1	2	1	1	1
	T2	1	2	1	2
	T3	2	1	1	1
	T4	2	2	1	2
	T5	1	2	1	2

ตารางที่ 26 ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกต จากการสังเกตครั้งที่ 1

ผู้สังเกต	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
คนที่ 1				
คนที่ 2	0.77			
คนที่ 3	0.69	0.67		
คนที่ 4	0.73	0.75	0.82	

ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกตจากการสังเกตครั้งที่ 1 ของผู้สังเกตระหว่างผู้สังเกตคนที่ 1 กับ 3 และผู้สังเกตคนที่ 2 กับ 3 มีค่าต่ำกว่า 0.7 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องในการให้คะแนนความสามารถในการแข่งในระดับปานกลาง

ตารางที่ 27 ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกต จากการสังเกตครั้งที่ 2

ผู้สังเกต	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
คนที่ 1				
คนที่ 2	0.71			
คนที่ 3	0.71	0.70		
คนที่ 4	0.74	0.77	0.75	

ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกตจากการสังเกตครั้งที่ 2 ของระหว่างผู้สังเกตทุกคู่มีค่ามากกว่า 0.7 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องในการให้คะแนนความสามารถในการแข่งในระดับสูง

ตารางที่ 29 ค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทาง
วิทยาศาสตร์

หน่วยการเรียนรู้	บทความ	p	r	ความหมาย
ระบบขับถ่าย	ดื่มน้ำปัสสาวะช่วยรักษาโรคได้จริงหรือ	0.23	0.47	ยาก จำแนกได้ดีมาก
	กินไก่ปริมาณมากทำให้เป็นโรคเก๊าท์จริงหรือ	0.25	0.64	ยาก จำแนกได้ดีมาก
ระบบภูมิคุ้มกัน	ยุ่งสามารถเป็นพาหะในการแพร่เชื้อ HIV ได้หรือไม่	0.22	0.50	ยาก จำแนกได้ดีมาก
	โรคอีสุกอีใสเป็นแล้วจะไม่เป็นอีก จริงหรือ	0.25	0.52	ยาก จำแนกได้ดีมาก
ระบบหมุนเวียนเลือด	ดื่มน้ำเย็นเสี่ยงต่อโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือดจริงหรือ	0.20	0.25	ยาก จำแนกได้ดี
	จังหวะดนตรีมีผลต่อการเต้นของหัวใจจริงหรือ	0.24	0.29	ยาก จำแนกได้ดี

* ข้อคำถามที่มีความยากระดับ 0.20 – 0.80 และมีอำนาจจำแนก 0.20 ถือว่าเครื่องมือมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ได้

4.2 ความเป็นปรนัยของการตรวจให้คะแนน พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI)

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ยของการประเมินความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินรายข้อ

บทความที่	นักเรียนคนที่	คะแนนเฉลี่ย			
		1.1	1.2	1.3	1.4
1	1	2.00	2.00	1.00	1.00
	2	1.00	1.67	0.00	0.33
	3	2.00	2.00	1.33	2.00
	4	3.00	2.00	3.00	3.00
2	นักเรียนคนที่	คะแนนเฉลี่ย			
		2.1	2.2	2.3	2.4
	1	1.00	2.00	2.00	0.67

	2	1.00	1.00	1.00	0.67
	3	2.00	1.00	1.00	1.00
	4	2.67	2.00	3.00	3.00
<hr/>					
	นักเรียนคนที่	คะแนนเฉลี่ย			
		3.1	3.2	3.3	3.4
3	1	2.00	2.00	1.00	1.00
	2	1.00	1.00	0.00	1.00
	3	2.00	2.00	2.00	2.00
	4	3.00	3.00	2.00	2.00
<hr/>					
	นักเรียนคนที่	คะแนนเฉลี่ย			
		4.1	4.2	4.3	4.4
4	5	3.00	2.67	2.67	3.00
	6	1.00	1.00	0.00	0.33
	7	2.00	2.00	2.00	2.00
	8	2.00	2.00	1.00	1.00
<hr/>					
	นักเรียนคนที่	คะแนนเฉลี่ย			
		5.1	5.2	5.3	5.4
5	5	3.00	2.00	2.67	3.00
	6	1.00	1.00	0.00	1.00
	7	2.00	2.00	2.00	3.00
	8	2.00	1.00	1.00	1.33
<hr/>					
	นักเรียนคนที่	คะแนนเฉลี่ย			
		6.1	6.2	6.3	6.4
6	5	3.00	3.00	2.00	3.00
	6	1.00	1.00	0.00	0.00
	7	2.00	2.00	2.00	1.33
	8	2.00	2.00	2.00	1.00

ตารางที่ 31 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินรายข้อ

บทความที่	ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน	แปลผล
1	0.96	ประเมินได้ใกล้เคียงกัน
2	0.94	ประเมินได้ใกล้เคียงกัน
3	0.92	ประเมินได้ใกล้เคียงกัน
4	0.92	ประเมินได้ใกล้เคียงกัน
5	0.93	ประเมินได้ใกล้เคียงกัน
6	0.92	ประเมินได้ใกล้เคียงกัน

* ค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินที่ถือว่ายอมรับได้ว่าการตรวจโดยแบบวัดนี้มีคุณภาพ
คือมีค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินตั้งแต่ 0.8 ขึ้นไป

5. คุณภาพของแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 32 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจพิจารณาแบบสัมภาษณ์
ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบที่ต้องการวัด	ข้อความถามในแบบวัด	ข้อความถามในแบบสัมภาษณ์	IOC	แปลผล
การสร้างข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับประเด็นดังกล่าว และเพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น	ให้นักเรียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความคิดเห็นของนักเรียนในข้อที่ 1	1	สอดคล้อง
เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ถ้ามีเพื่อนบางคนไม่เห็นด้วยกับความคิดเห็นของนักเรียนในคำถามข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่าเหตุผลของเพื่อนคนนั้นคืออะไร	ให้นักเรียนคิดว่าเพื่อนที่เห็นต่างกับนักเรียนจะมีเหตุผลอื่นมาสนับสนุนอีกหรือไม่ อย่างไร	1	สอดคล้อง
สร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป	นักเรียนจะโน้มน้าวเพื่อนที่ไม่เห็นด้วยให้เห็นด้วยกับนักเรียน อย่างไร	นักเรียนมีเหตุผลอื่นอีกหรือไม่ที่จะนำมาใช้ในการลดความน่าเชื่อถือของเหตุผลของเพื่อนที่เห็นต่างในข้อที่ 2	1	สอดคล้อง
การให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ	หากนักเรียนต้องใช้หลักฐานสนับสนุนข้อคิดเห็นของตนเองในข้อที่ 1 หรือข้อที่ 3 นักเรียนจะใช้หลักฐานอะไร	นักเรียนคิดว่ามีหลักฐานอื่นอีกหรือไม่ที่สามารถนำมาสนับสนุนเหตุผลของนักเรียนเพื่อให้ข้อกล่าวอ้างของนักเรียนน่าเชื่อถือมากขึ้น	1	สอดคล้อง

6. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด

6.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

ดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ (IOC)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

6.2 ค่าความยาก (Difficult Index; p)

$$p = \frac{S_H + S_L - (n_t \times X_{min})}{n_t \times (X_{max} - X_{min})}$$

S_H หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

n_t หมายถึง จำนวนผู้สอบที่ใช้ในการวิเคราะห์

X_{max} หมายถึง คะแนนสูงสุด

X_{min} หมายถึง คะแนนต่ำสุด

1.2 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index; r)

$$r = \frac{S_H - S_L}{n_H \times (X_{max} - X_{min})}$$

S_H หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L หมายถึง ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

n_H หมายถึง จำนวนผู้สอบที่อยู่ในกลุ่มสูง

X_{max} หมายถึง คะแนนสูงสุด

X_{min} หมายถึง คะแนนต่ำสุด

5.4 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI)

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M |R_{mnk} - \bar{R}_{nk}|}{KN(M-1)(I-1)}$$

R_{mnk} หมายถึง คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ m ของนักเรียนคนที่ n ใน
พฤติกรรม k

\bar{R}_{nk} หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

K หมายถึง จำนวนพฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนของนักเรียนทั้งหมด

M หมายถึง จำนวนของผู้ประเมินทั้งหมด

I หมายถึง จำนวนคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ศักรินทร์ อะจิม่า
วัน เดือน ปี เกิด	25 เมษายน 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดแพร่
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรการศึกษบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ - ชีววิทยา) จาก คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี 11140



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY