



การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
DEVELOPMENT OF 7TH-GRADE STUDENTS' SCIENTIFIC REASONING ABILITIES
USING MODEL-BASED INQUIRY

จิตินันต์ ร่วมชาติสกุล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF 7TH-GRADE STUDENTS' SCIENTIFIC REASONING ABILITIES
USING MODEL-BASED INQUIRY



TITISAN RUMCHATSAKUL

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Science Education)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ของ

ธิดิสนันต์ ร่วมชาติสกุล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(อาจารย์ ดร.ณวรา สีที) (รองศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ณวรา สีที)

| | |
|------------------|--|
| ชื่อเรื่อง | การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน |
| ผู้วิจัย | ธิดิสนันต์ ร่วมชาติสกุล |
| ปริญญา | การศึกษามหาบัณฑิต |
| ปีการศึกษา | 2564 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | อาจารย์ ดร. ผนวรา สีที |

การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในเป้าหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผ่านมา พบว่า นักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้เท่าที่ควร ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงผสมผสานโดยใช้แบบแผนแบบรองรับภายใน ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 80 คน ในโรงเรียนแห่งหนึ่ง จังหวัดสระบุรี ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารรอบตัวจำนวน 4 แผน และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบคู่ขนานสำหรับวัดก่อนและหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์แก่นสาระจากบันทึกหลังสอนและใบงาน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากข้อมูลเชิงคุณภาพ พบว่า การใช้คำถามและการสร้างแบบจำลองร่วมกับการใช้คำถามช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

คำสำคัญ : การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์, การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, การวิจัยเชิงผสมผสาน, นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

| | |
|----------------|---|
| Title | DEVELOPMENT OF 7TH-GRADE STUDENTS' SCIENTIFIC REASONING ABILITIES USING MODEL-BASED INQUIRY |
| Author | TITISAN RUMCHATSAKUL |
| Degree | MASTER OF EDUCATION |
| Academic Year | 2021 |
| Thesis Advisor | Dr. Navara Seetee |

Scientific reasoning is one of the goals of science teaching and learning. Previous studies about the scientific reasoning abilities of Thai middle-school students found that they were not able to reason scientifically, thus affecting the development of scientific competencies. This research aimed to develop the scientific reasoning abilities of grade seven students using a model-based inquiry on the topic of matter. The research was mixed methods research and used an embedded design. The research participants were 80 grade seven students at a school in Saraburi province and selected by purposive sampling. The instruments were four lesson plans on the topic of matter and the parallel pre- and post-scientific reasoning abilities tests. The data were analyzed by mean, standard deviation and a t-test for dependent samples. The qualitative data (teacher's notes and students' worksheet) were analyzed by thematic analysis. The results revealed that the average post-test scores on the scientific reasoning abilities of the students were higher than pretest scores at the .05 level of statistical significance. The qualitative data showed that questioning and model construction with questioning can promote scientific reasoning abilities. This research indicates that students can develop their scientific reasoning abilities through model-based inquiry learning.

Keyword : Mixed-method research, Middle school students, Model-based inquiry, Scientific reasoning

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จด้วยดี เนื่องมาจากความเมตตากรุณาและการเอาใจใส่ของ อาจารย์ ดร.ณวรา สีที อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่เปี่ยมด้วยความรักเมตตาต่อ ลูกศิษย์ ให้ความช่วยเหลือ เอาใจใส่ คอยให้แนะนำ ให้คำปรึกษา และให้กำลังใจเป็นอย่างดี ทั้งนี้ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.เอกรัตน์ ทานาค และ ผศ.ดร.จรรยา ดาสา ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเข้าเป็นประธานกรรมการและกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ อีกทั้งขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ได้แก่ ผศ.ดร.กุลธิดา นุกุลธรรม ผศ.ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพิทอง ดร.สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ อาจารย์ ดร.วชิรศรณัฏ์ แสงสุวรรณ และครูมยุรี บุญเพ็ง ที่ได้สละเวลาอันมีค่ากรุณาให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการวิจัย และให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย พร้อมให้คำแนะนำในการทำปริญญาานิพนธ์ ฉบับนี้ให้มีคุณภาพขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ให้แก่ศิษย์ ซึ่งมีอาจกล่าวนามได้ทั้งหมด ศิษย์คนนี้ขอรำลึกและกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณคุณครู ตลอดจนนักเรียน ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทดลอง จนทำให้ผลการวิจัยบรรลุตามวัตถุประสงค์ ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง รวมถึงเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษาทุกคน ที่ให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการศึกษาจนเกิดความสำเร็จครั้งนี้ คุณค่าและสารประโยชน์ใด ๆ ที่เกิดจากผลงานวิจัยของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเพื่อเป็นเครื่องบูชาแก่บูรพคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนผู้วิจัยมา ทำยที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมชาย และคุณแม่เฉลียว ร่วมชาติสกุล บิดามารดาผู้ให้กำเนิด ตลอดจนคุณดูแล อบรมสั่งสอนจนได้รับโอกาสเช่นนี้ และขอมอบความสำเร็จ และความภาคภูมิใจให้กับครอบครัว และญาติ ๆ ทุกคน ที่ตั้งใจ รอคอยความสำเร็จในครั้งนี้

ธิตินันต์ ร่วมชาติสกุล

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ฌ |
| สารบัญรูปภาพ..... | ญ |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| ภูมิหลัง..... | 1 |
| คำถามการวิจัย..... | 6 |
| ความมุ่งหมายของการวิจัย..... | 6 |
| ความสำคัญของการวิจัย..... | 7 |
| ขอบเขตการวิจัย..... | 7 |
| นิยามศัพท์เฉพาะ..... | 8 |
| กรอบแนวคิดในการวิจัย..... | 10 |
| สมมุติฐานในการวิจัย..... | 11 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 12 |
| 1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์..... | 12 |
| 2. การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry)..... | 25 |
| 3. เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารรอบตัว..... | 42 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 49 |
| 1. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย..... | 50 |

| | |
|---|-----|
| 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 50 |
| 3. การเก็บรวบรวมข้อมูล | 56 |
| 4. การวิเคราะห์ข้อมูล..... | 56 |
| 5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล | 58 |
| 6. การดำเนินการด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ | 62 |
| บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล..... | 64 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย..... | 100 |
| การสรุปภาพรวมการดำเนินการวิจัย | 100 |
| ข้อค้นพบที่ได้จากการวิจัย | 101 |
| อภิปรายผลการวิจัย | 101 |
| ข้อจำกัดของการวิจัย..... | 103 |
| ข้อเสนอแนะของการวิจัย | 103 |
| บรรณานุกรม..... | 105 |
| ภาคผนวก..... | 113 |
| ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ | 114 |
| ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 116 |
| ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 141 |
| ภาคผนวก ง ประมวลภาพกิจกรรมการเรียนการสอน | 151 |
| ภาคผนวก จ ใบรับรองโครงการวิจัย | 156 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 159 |

สารบัญตาราง

หน้า

| | |
|--|-----|
| ตาราง 1 แสดงบทบาทครูและนักเรียนตามการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558) | 34 |
| ตาราง 2 วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น กับการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) | 40 |
| ตาราง 3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่อง สารรอบตัว | 43 |
| ตาราง 4 แผนการจัดการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมง | 51 |
| ตาราง 5 การวางโครงจากแผนการจัดการเรียนรู้ | 51 |
| ตาราง 6 ภาพรวมแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ | 53 |
| ตาราง 7 เกณฑ์การแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถ (Lawson, 2009) | 57 |
| ตาราง 8 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว ที่พัฒนาขึ้น | 64 |
| ตาราง 9 แสดงผลการประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ | 142 |
| ตาราง 10 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนต่อการนำไปใช้ของแบบวัดฯ | 143 |
| ตาราง 11 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับนิยามความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ | 144 |
| ตาราง 12 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ | 150 |

สารบัญรูปภาพ

| | หน้า |
|---|------|
| ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย | 10 |
| ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบแบบเขียนตอบและเขียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์..... | 14 |
| ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างข้อสอบการวัดการให้เหตุผลของ TIMSS | 16 |
| ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างแบบวัดรูปแบบเลือกตอบแบบ 2 ชั้น ของ Lawson (2000) | 17 |
| ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างแบบวัดรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลประกอบ ของสิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์. (2555) | 18 |
| ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างแบบวัดที่เป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลประกอบ | 19 |
| ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างแบบวัดแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลประกอบ | 20 |
| ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างสถานการณ์ที่เป็นคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง..... | 21 |
| ภาพประกอบ 9 The four interrelated conversations supporting model-based inquiry | 30 |
| ภาพประกอบ 10 แสดงกรอบการสนทนาที่สนับสนุนการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | 36 |
| ภาพประกอบ 11 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ | 39 |
| ภาพประกอบ 12 การดำเนินการวิจัยตามแบบแผนแบบรองรับภายใน: รูปแบบการทดลองระยะเดียว | 49 |
| ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างสถานการณ์ ข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนน..... | 54 |
| ภาพประกอบ 14 ร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ | 66 |
| ภาพประกอบ 15 สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญในส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน..... | 67 |
| ภาพประกอบ 16 นักเรียนจัดกลุ่มบัตรคำเกี่ยวกับ อะตอม ธาตุ และสารประกอบ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1..... | 68 |

| | |
|---|----|
| ภาพประกอบ 17 การเล่าประสบการณ์ของนักเรียนเกี่ยวกับธาตุต่าง ๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2..... | 69 |
| ภาพประกอบ 18 การเล่าประสบการณ์ตามความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับสถานะของสาร ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3..... | 70 |
| ภาพประกอบ 19 การเล่าประสบการณ์ตามความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 | 70 |
| ภาพประกอบ 20 ตัวอย่างการอธิบายและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 | 72 |
| ภาพประกอบ 21 ตัวอย่างการอธิบายและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมของธาตุที่พบในชีวิตประจำวัน ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2 | 73 |
| ภาพประกอบ 22 ตัวอย่างการอธิบายและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับอนุภาคของแข็งของเหลว และแก๊สที่พบในชีวิตประจำวัน ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 3 | 74 |
| ภาพประกอบ 23 ตัวอย่างการอธิบายและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารที่พบในชีวิตประจำวัน ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 4 | 75 |
| ภาพประกอบ 24 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบตามความรู้เดิม การจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 | 77 |
| ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม ตามความรู้เดิม ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2 | 78 |
| ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับอนุภาคภายในของแข็ง ของเหลว และแก๊สตามความรู้เดิม ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 3 | 80 |
| ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารตามความรู้เดิม ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 4 | 82 |
| ภาพประกอบ 28 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลในการจัดการเรียนรู้ ครั้งที่ 1..... | 84 |

| | |
|--|-----|
| ภาพประกอบ 29 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2 | 86 |
| ภาพประกอบ 30 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 3 | 88 |
| ภาพประกอบ 31 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 4 | 91 |
| ภาพประกอบ 32 ตัวอย่างการปรับปรุงแบบจำลองที่ได้มาจากข้อสรุปของห้อง ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 | 92 |
| ภาพประกอบ 33 ตัวอย่างการปรับปรุงแบบจำลองที่ได้มาจากข้อสรุปของห้อง ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2 | 93 |
| ภาพประกอบ 34 ตัวอย่างการปรับปรุงแบบจำลองที่ได้มาจากข้อสรุปของห้อง ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 3 | 94 |
| ภาพประกอบ 35 ตัวอย่างการปรับปรุงแบบจำลองที่ได้มาจากข้อสรุปของห้อง ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 4 | 94 |
| ภาพประกอบ 36 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 | 95 |
| ภาพประกอบ 37 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 | 96 |
| ภาพประกอบ 38 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 | 97 |
| ภาพประกอบ 39 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 | 98 |
| ภาพประกอบ 40 ตัวอย่างการเล่าประสบการณ์ตามความรู้เดิมของนักเรียน..... | 152 |
| ภาพประกอบ 41 ตัวอย่างนักเรียนลงมือปฏิบัติสืบค้นและศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน | 152 |
| ภาพประกอบ 42 ตัวอย่างการทดลองเมื่อของแข็งได้รับความร้อน..... | 153 |

ภาพประกอบ 43 ตัวอย่างการทดลองเมื่อของเหลวได้รับความร้อน 153

ภาพประกอบ 44 ตัวอย่างการทดลองเมื่อแก๊สได้รับความร้อน..... 154

ภาพประกอบ 45 ตัวอย่างการทดลองเรื่อง อนุภาคของแข็ง ของเหลว และแก๊ส พร้อมบันทึกผล
การทดลอง..... 154

ภาพประกอบ 46 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลอง 155

ภาพประกอบ 47 ตัวอย่างนักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น..... 155



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการแสดงแนวความคิดในการค้นหาหลักฐาน หาความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุป เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผล Fanetti (2011); Friedler (1990); Lawson (1985); Lawson (1985); Lee & She (2009); จันทรพิชญ์ เชื้อพานิช (2542); ญัฐมน สุชัยรัตน์ (2559) งานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เริ่มมีการศึกษามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 (ค.ศ.1985) ถึงปัจจุบัน และในช่วง 5 ปีที่ผ่านมายังคงพบงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งในประเทศ เช่น จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี (2557); ภคพร อิศระ (2557); สุวลักษณ์ เกิดมณี (2558) และต่างประเทศ เช่น Kim and Pegg (2019); Wu Hsu Tsai & Chung (2018) เนื่องจากความสามารถดังกล่าวเป็นหนึ่งในเป้าหมายที่สำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ (OECD, 2018; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 9) และเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินระดับนานาชาติ ได้แก่ Programme for International Student Assessment (PISA) และ Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)

นอกจากนี้ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานของไทย ในมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ก็ได้ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการคิดให้เหตุผล ดังที่ระบุไว้ในส่วนของบทนำเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่า “จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิวิจารณ์” (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 1) ยิ่งไปกว่านั้นโครงการประกันคุณภาพการศึกษาและการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2556, น. 2) ยังมุ่งเน้นการประเมินทักษะพื้นฐาน 3 ด้าน คือ 1) ด้านภาษา (Literacy) 2) ด้านการคำนวณ (Numeracy) และ 3) ด้านการให้เหตุผล (Reasoning Abilities) จะเห็นว่า การให้เหตุผลเป็นหนึ่งในทักษะที่ต้องส่งเสริมให้กับผู้เรียนและได้รับการประเมิน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาทุกคนให้มีทักษะการให้เหตุผลเป็นนักคิดที่เป็นเหตุเป็นผลที่มีประสิทธิภาพ (Zeineddin, 2010, p.1064; Zimmerman, 2005, p. 3)

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในกิจกรรมของนักวิทยาศาสตร์ที่ควรปลูกฝังให้เกิดขึ้นกับนักเรียน (Kuhn, 1993) เนื่องจากความสามารถในการให้เหตุผลเป็น

พื้นฐานของสิ่งต่าง ๆ หลายประการ ได้แก่ ประการที่ 1 เป็นพื้นฐานของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) ซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 (วิจารณ์ พานิช, 2556, น. 16) โดยในการเรียนรู้และการดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนากระบวนการให้เหตุผลของนักเรียนจะช่วยให้เกิดการคิดระดับสูง ทั้งการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง (Fanetti, 2011, p. 12) ประการที่ 2 เป็นส่วนหนึ่งของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ จนกระทั่งสามารถลงข้อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Davis, 2010, p. 1; Zimmerman, 2005, p. 3) ประการที่ 3 การพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีผลต่อการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Lawson, 2009, p. 336; Zeineddin, 2010, p. 1064) รวมถึงช่วยพัฒนาแผนภาพทางความคิดและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง (Lui & Roehrig, 2014, p. 33) ประการที่ 4 ทำให้เกิดการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือ (Davis, 2010, p. 14) และประการที่ 5 ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ (Zeineddin, 2010, p. 1064) จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าความสามารถดังกล่าวเป็นทักษะพื้นฐานหนึ่งที่ช่วยพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนของไทยในช่วงที่ผ่านมายังไม่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ตรงตามเป้าหมาย จากรายงานโครงการการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) โดย OECD ใช้กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนกลุ่มอายุ 15 ปี โดยการประเมิน ความสามารถการใช้ความรู้และทักษะการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน หรือที่เรียกว่า “ความฉลาดรู้ (Literacy)” ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก คือ 1) บริบท 2) ความรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ 3) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และ 4) สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ในส่วนของความสามารถในการให้เหตุผลถือเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาให้บุคคลที่รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการประเมินสมรรถนะ 3 ด้าน ได้แก่ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2560, น. 15) ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลเป็นหนึ่งในสมรรถนะย่อยในด้านการแปลความหมายข้อมูลและหลักฐานวิทยาศาสตร์ คือ การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2560, น. 17) จากผลการประเมิน PISA ด้านการรู้วิทยาศาสตร์ ตั้งแต่ปี

ค.ศ. 2000 จนถึง 2018 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยในปี 2006 และ ปี 2015 เน้นการประเมินวิทยาศาสตร์เป็นหลัก โดยมีน้ำหนักข้อสอบด้านวิทยาศาสตร์ 60% ด้านการอ่านและด้านคณิตศาสตร์ อย่างละ 20% กล่าวคือนักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์อยู่ที่ 421 (ปี ค.ศ.2006) และ 421 (ปี ค.ศ.2015) ซึ่งในสองปีนี้คะแนนก็ต่ำกว่าปีอื่น ๆ และยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่กำหนดคะแนนไว้ที่ระดับ 500 คะแนน (OECD, 2019; สสวท., 2562, p. 7) นอกจากนี้ การศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (TIMSS) มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และมัธยมศึกษาปีที่ 2 อย่างต่อเนื่องทุก 4 ปี โดยในวิชาวิทยาศาสตร์ทำการประเมินด้านเนื้อหา (ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ) และด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ (35%) ด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ (35%) และด้านการให้เหตุผล (30%) ผลการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์ล่าสุดในปี 2015 พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์เพียง 456 คะแนน จัดระดับความสามารถอยู่ในระดับต่ำ (400-474) เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านการใช้เหตุผล (447 คะแนน) นักเรียนยังทำคะแนนได้ไม่ดี อย่างไรก็ตาม เมื่อจัดระดับความสามารถยังถือว่าอยู่ในระดับต่ำในทุกด้าน (TIMSS, 2011; สสวท., 2560, น. 21)

ยิ่งไปกว่านั้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา พบว่า นักเรียนยังไม่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้เท่าที่ควรจึงส่งผลต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ไม่ชัดเจน (Gray, 2018; กฤตกร สภาสันติกุล, 2559, น. 71; ณัฐวรรณ ศิริธร, 2562; ภัทราวรรณ ไชยมงคล, 2560, น. 39) นักเรียนมักมีอคติในการให้เหตุผลเนื่องจากนักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมหรือความรู้สึกส่วนตัวแทนการให้เหตุผลที่ถูกต้อง (Zeineddin, 2010, p. 1064) นักเรียนส่วนมากเสนอข้อกล่าวอ้างได้แต่ไม่สามารถใช้หลักฐานในการสนับสนุนความคิดของตนเอง (Brown, 2010, p. 124) 3) นักเรียนมักจะถือว่าความเชื่อของตนเองเป็นความจริงมากกว่าโดยไม่พิจารณาสมมติฐานหรือคำอธิบายอื่น ๆ (Zeineddin, 2008, p. 8) และผลการศึกษาพบว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นักเรียนไทยในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีเพียงร้อยละ 14 เท่านั้นที่เข้าใจว่าจำเป็นต้องอาศัยหลักฐานในการลงข้อสรุปของสถานการณ์ได้ (กาญจนา มหาดี, 2553, น. 805) และนักเรียนส่วนใหญ่ลงข้อสรุปไม่ถูกต้องหรือให้เหตุผลไม่ครบถ้วนและนักเรียนไม่นำหลักฐานมาใช้ในการลงข้อสรุปและให้เหตุผล (ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา สุทธิกุล, 2556, น. 120) และจากประสบการณ์จากการจัดการเรียนการสอนที่ผ่านมาของผู้วิจัย พบว่า ในระหว่างการจัดกิจกรรม

การเรียนการสอนนักเรียนสามารถตอบคำถามหรือระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์ได้แต่ไม่สามารถให้เหตุผลในการตอบคำถามเหล่านั้นได้ จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนานักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นให้มีความสามารถดังกล่าว โดยเฉพาะนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จากทฤษฎีของเพียเจต์เกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญา กล่าวว่าระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนในช่วงอายุประมาณ 11-15 ปี ซึ่งตรงกับระดับประถมศึกษาปีที่ 6 จนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการทางสติปัญญาและเริ่มคิดแบบผู้ใหญ่สามารถที่จะคิดหาเหตุผลตลอดจนสามารถที่จะคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ได้ (Goot, 1986, p. 45; สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2559, น. 57) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเน้นพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เนื่องจากเป็นช่วงวัยที่พร้อมและถือเป็นการปูพื้นฐานพัฒนาการด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อการต่อยอดให้สมบูรณ์ในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถดังกล่าว พบว่า มีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย อาทิ รูปแบบการสืบเสาะด้วยกลวิธีการโต้แย้ง (ทศพล สุวรรณพุด, 2562) รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ (ภคพร อิศระ, 2557) รูปแบบวิธีการสอนตามแนวคิดวงจรการเรียนรู้ของ Their (1970) (สุลักษณ์ เกติมณี, 2558) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสอนแบบพีโออีที่มีรูปแบบแนวคิดมาจากทฤษฎีการสร้างสรรคองค์ความรู้ (นภาพร จัยอินทร์, 2559, น. 156) ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน งานวิจัยต่างประเทศ ตัวอย่างเช่น Campbell (2011) ศึกษาการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลลัพธ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายวิชาฟิสิกส์ ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนมีผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจะเห็นว่า มีลักษณะที่สำคัญร่วมกันคือเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐาน และเน้นให้มีกิจกรรมการโต้แย้งเพื่อให้ผู้เรียนได้ชี้แจงว่าทำไมหลักฐานจึงนำไปสู่การลงข้อสรุปแบบนั้น จึงสามารถนำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนได้

การสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้โดยอยู่บนพื้นฐานของการสร้าง การทดสอบ และการแก้ไขแบบจำลอง (Windschitl &

Braaten, 2008) สะท้อนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Neilson, Campbell, & Allred, 2010) โดย Windschitl, Thompson, and Braaten (2008) ได้เสนอกรอบการสนทนาเพื่อสนับสนุนการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นอกห้องเรียนเป็นการวิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตเนื้อหา (Setting the general parameters) และส่วนที่ 2 ในห้องเรียนประกอบด้วย 4 กรอบการสนทนา ได้แก่ การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรารู้และสิ่งที่เราต้องรู้ การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ การค้นหาหลักฐาน และการสร้างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับลักษณะของแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ มีการให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้เพื่อค้นหาหลักฐานมาใช้ในการสนับสนุนข้อมูลในการสร้างแบบจำลองและให้ผู้เรียนได้สร้างข้อโต้แย้งเพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้ดีขึ้น

จากงานวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้สืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยสนับสนุนให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (Baumfalk, et al., 2019; Campbell, Gray, & Fazio, 2019; ณัฐมน สุชัยรัตน์, 2559; สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558) ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Ogan and Arslan (2018) ได้ศึกษาอิทธิพลของนักเรียนในการสร้างความเข้าใจใหม่จากการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว พบว่า การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเชิงประจักษ์และยังเสริมสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ Campbell, et al. (2019) ได้สำรวจการอธิบายปรากฏการณ์โดยให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายรายวิชาฟิสิกส์ มีส่วนร่วมในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและบริบทเป็นฐาน พบว่า นักเรียนสามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ในระดับสูงขึ้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้จากการสร้างแบบจำลองและส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) ศึกษาผลของการใช้การสืบเสาะเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถดังกล่าวของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นต้น

เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรียนในมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีหน่วยการเรียนรู้ ดังนี้ สारรอบตัว หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชพลังงานความร้อน บรรยากาศ 1 และ

บรรยากาศ 2 โดยเฉพาะเนื้อหาเรื่อง สารรอบตัว มีลักษณะเป็นนามธรรมมีความเกี่ยวข้องกับแบบจำลอง ตัวอย่างเช่น แบบจำลองการจัดเรียงตัวของอนุภาคสารแต่ละสถานะ แบบจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาคสารเมื่อได้รับความร้อน เป็นต้น ดังนั้น หน่วยการเรียนรู้เรื่อง สารรอบตัว มีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเหมาะสมที่จะใช้ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

งานวิจัยที่ผ่านมา มีการใช้การสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ณัฐมน สุชัยรัตน์, 2559) และเรื่อง แรงแและเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558) แต่ยังไม่พบงานวิจัยที่ทำการศึกษาในเนื้อหาเรื่องสารรอบตัวและในกลุ่มนักเรียนที่มีนักเรียนบกพร่องทางการเรียนรู้เรียนร่วมอยู่ด้วย

ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง สารรอบตัว และศึกษาว่าการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในห้องเรียนที่มีนักเรียนบกพร่องทางการเรียนรู้เรียนร่วมอยู่ด้วยได้อย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นพื้นฐานในการพัฒนาทักษะด้านอื่น ๆ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับเยาวชนของชาติได้มีอาวุธสำคัญในการดำรงชีวิตในปัจจุบันและในอนาคต รวมถึงการประเมินในระดับนานาชาติต่อไป

คำถามการวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่ อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว
2. เพื่ออธิบายว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างไร

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเนื้อหาเรื่อง สารรอบตัว ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งจะเป็นการช่วยปูพื้นฐานให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ร่วมกับการมีความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความสามารถนี้จะติดตัวนักเรียนไปในการเรียนในระดับชั้นที่สูงขึ้น การดำรงชีวิตประจำวันและในอนาคต รวมถึงทำให้เกิดความพร้อมในการประเมินในระดับนานาชาติทั้ง PISA และ TIMSS ในด้านวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย

นอกจากนี้ ในการวิจัยนี้มีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารรอบตัว ที่ใช้การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งจะเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในการนำไปใช้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้โดยตรง และครูผู้สอนในระดับชั้นอื่น ๆ ที่สนใจสามารถนำไปปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องอื่น ๆ ต่อไปได้

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 80 คน ที่ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยเป็นชั้นเรียนที่มีนักเรียนที่บกพร่องทางการเรียนรู้เรียนร่วมอยู่ด้วย

2. ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. ตัวแปรตาม

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ อิงตามเนื้อหาในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สารรอบตัว โดยเน้น 4 เนื้อหา ดังนี้

| | |
|---|-----------------|
| 3.1 อะตอมธาตุและสารประกอบ | จำนวน 3 ชั่วโมง |
| 3.2 โครงสร้างอะตอม | จำนวน 3 ชั่วโมง |
| 3.3 การจัดเรียงอนุภาคของแข็ง ของเหลว และแก๊ส | จำนวน 3 ชั่วโมง |
| 3.4 พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร | จำนวน 3 ชั่วโมง |

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ร่วมกับกรอบการสนทนาของ Windschitl and Braaten (2008) ที่เน้นการแสวงหาความรู้โดยอาศัยการสร้าง การทดสอบ และการแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ทดสอบสมมติฐานได้ ปรับแก้ไขได้เมื่อมีหลักฐานใหม่ ใช้เหตุผลเพื่อค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ในการอธิบายและสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ต่าง ๆ มีรายละเอียด ดังนี้

1) **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูเป็นผู้กระตุ้นด้วยการให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ การสาธิต การทำกิจกรรม หรือด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมา ก่อนให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยและกำหนดประเด็นที่จะศึกษา ต่อมาครูรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมโดยใช้คำถาม เช่น นักเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้แล้วบ้าง เราแสดงเหตุการณ์หรือกระบวนการที่เกิดขึ้นได้อย่างไรบ้าง แล้วให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองเริ่มต้นของปรากฏการณ์นั้น จากนั้นกระตุ้นนักเรียนคิดเกี่ยวกับแบบจำลองเริ่มต้นด้วยคำถามเช่น จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นนักเรียนมีข้อสงสัยอะไรบ้าง นักเรียนคิดว่าอยากได้ข้อมูลอะไรเพิ่มเติมเพื่อมาปรับปรุงแบบจำลองเริ่มต้น (กรอบสนทนาที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรารู้และสิ่งที่เราต้องรู้)

2) **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เป็นการกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน โดยให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรที่อาจเป็นไปได้จากแบบจำลองและสามารถทดสอบได้ โดยใช้คำถาม เช่น เราจะทดสอบแบบจำลองของเราอย่างไร เพื่อให้แน่ใจได้ว่ามันจะสามารถอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้ เป็นต้น (กรอบสนทนาที่ 2 การ

สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้) ต่อมาเป็นการกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ โดยครูสอบถามนักเรียนถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ได้จากแบบจำลอง ตัวอย่างคำถาม เช่น ข้อมูลใดจะช่วยให้เราทดสอบสมมติฐานได้ ในการทดสอบสมมติฐานเราควรสังเกตปรากฏการณ์ตามที่เป็นอยู่หรือจัดการกับตัวแปรบางตัวร่วมกับควบคุมตัวแปรอื่น ๆ (กรอบสนทนาที่ 3 การค้นหาหลักฐาน)

3) **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นการนำข้อมูล ข้อเสนอแนะ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง หรือวาดรูป สร้างตาราง ฯลฯ จากนั้นกระตุ้นการสร้างข้อโต้แย้ง ด้วยคำถาม เช่น แบบจำลองเริ่มต้นของเราสามารถทำนายปรากฏการณ์ได้สอดคล้องกับข้อมูลที่เรารวบรวมหรือไม่ แบบจำลองของเราควรเปลี่ยนไปตามหลักฐานหรือไม่ แบบจำลองของเราสามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้อย่างไร (กรอบสนทนาที่ 4 การสร้างการโต้แย้ง)

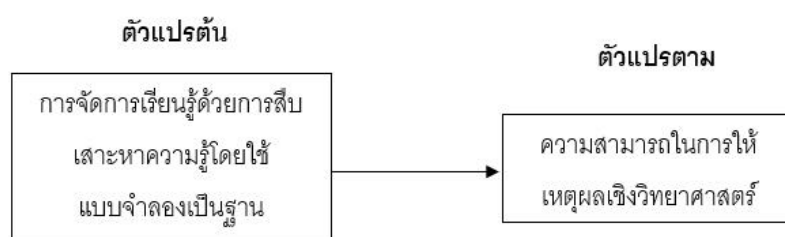
4) **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้หรือแบบจำลองที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น โดยใช้คำถาม เช่น เราคิดว่าเรารู้อะไรแล้วเกี่ยวกับสถานการณ์ กระบวนการหรือเหตุการณ์นี้ (กรอบสนทนาที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรารู้และสิ่งที่เราต้องรู้) แบบจำลองใดทำนายได้บ้าง หรือ แบบจำลองของเราสามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้อย่างไร (กรอบสนทนาที่ 4 การสร้างการโต้แย้ง)

5) **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้ความสามารถอะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

2. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงออกทางความคิดของนักเรียนในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ อย่างสมเหตุสมผล โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ หลักการ หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในการยืนยันสมมติฐาน ข้อกล่าวอ้าง หรือข้อสรุปของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ วัดได้โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นสถานการณ์ให้ระบุสมมติฐาน/ข้อกล่าวอ้าง/ข้อสรุปแบบเลือกตอบ 3 ตัวเลือกและเขียนอธิบายเหตุผล จำนวน 5 สถานการณ์ ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยนี้ มุ่งพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการแสดงออกทางความคิดของนักเรียนในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ อย่างสมเหตุสมผล โดยเน้นการใช้หลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการยืนยันผลหรือข้อสรุปของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ โดยเลือกใช้การสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เนื่องจากมีลักษณะการจัดกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานและเน้นให้ผู้เรียนมีการโต้แย้งชี้แจงว่าทำไมหลักฐานจึงนำไปสู่การลงข้อสรุปแบบนั้นและทำไมจึงปรับปรุงแบบจำลองเช่นนั้น ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบกับงานวิจัยก่อนหน้ายืนยันว่าการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ การสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่จะใช้ในการวิจัยนี้ยึดตามกรอบการสนทนาของ Windschitl and Braaten (2008) ทั้ง 4 กรอบสนทนา ได้แก่ การจัดระบบสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่ต้องการรู้ (organizing what we know and what we want to know) การสร้างสมมติฐานที่ทดสอบได้ (generating testable hypotheses) การค้นหาหลักฐาน (seeking evidence) และการสร้างข้อโต้แย้ง (constructing an argument) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาผลของตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่ใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ผ่านมาพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558; ณัฐมน สุขัยรัตน์, 2558) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงตั้งสมมติฐานของการวิจัย เป็นดังนี้

คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยการสืบเสาะความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียน



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้มุ่งพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
 - 1.1 ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
 - 1.2 การวัดและการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
 - 1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
 - 1.4 ประเภทและลักษณะของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
 - 1.5 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
2. การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 2.1 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 2.2 ทฤษฎีหรือแนวคิดของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 2.3 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
 - 2.4 ขั้นตอนการสอนของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 2.5 การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น
3. เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารรอบตัว

1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การให้เหตุผล เป็นกระบวนการคิดอย่างสมเหตุสมผล (Good, 1973, p. 345; Cattell, 1971; Cattell, 1971; Freeman, 1988, p. 3) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานไปสู่การลงข้อสรุปของสถานการณ์นั้น ๆ (Walton, 1990, p. 399; Runes, 2001) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2554) กล่าวว่า การให้เหตุผลเป็นการกล่าวถึงหลักฐานว่าข้อสรุปนั้นเป็นจริง

ในช่วงแรก ๆ Lawson (1985, p. 571) ให้นิยามว่า เป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการค้นหาหลักฐาน และประเมินหลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน ต่อมาได้ปรับนิยามดังกล่าวว่า เป็นความคิดในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษา สืบค้นและทำนาย

สิ่งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เก็บรวบรวมหลักฐานต่าง ๆ จนกระทั่งสามารถลงข้อสรุปเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ และให้ช่วงหลังการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการในการคิดสร้างข้อสรุปจากหลักการและหลักฐานนั้นไปสู่ข้อสรุปใหม่อย่างเป็นเหตุเป็นผล (Davis, 2009, p. 14; Lee, 2009, p. 479) ในขณะที่บางกลุ่มมองว่าการให้เหตุผลดังกล่าว เป็นการแสดงความคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลที่เกิดขึ้น (Zeineddin, 2008, p. 1065; ภคพร อิศระ, 2557, น. 10; อารยา ประโชติ, 2551, น. 7) โดยการประเมินหลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนแนวคิดทฤษฎีที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าและทำการทดลอง (Lawson, 1985, p. 571) เพื่อนำไปสู่การสรุปอธิบายองค์ความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Friedler, 1990, p. 173; Lawson, 2009, p. 336; จันทรพิชญ์ เชื้อพานิช, 2542, น. 71; สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์, 2555, น. 7) โดยสรุปการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการทางความคิดในการเชื่อมโยงระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อสนับสนุน (ยืนยัน) แนวคิด/สมมติฐาน/ข้อกล่าวอ้าง/ข้อสรุป

ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาตัวแปรนี้นิยมใช้คำว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเพิ่มส่วนของคำว่า “ความสามารถ” เข้ามา โดยไม่กระทบต่อนิยามของการให้เหตุผล เช่น ทศพล สุวรรณพุ่ม (2562, น. 9) กล่าวว่า ความสามารถดังกล่าวเป็นความสามารถในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการสร้างหลักการ การวิเคราะห์วิธีการ ผลการวิเคราะห์ ผลการสำรวจตรวจสอบ ได้อย่างสมเหตุสมผล โดยใช้หลักฐานที่สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาอธิบายและสรุปเหตุการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการให้เหตุผลในแต่ละขั้นตอน

ดังนั้น ในการวิจัยนี้ใช้คำว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงออกทางความคิดของนักเรียนในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ อย่างสมเหตุสมผล โดยเน้นการใช้หลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการยืนยันผลหรือข้อสรุปของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์

1.2 การวัดและการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรม ได้มีองค์การทางการศึกษาและนักการศึกษาพัฒนาแบบทดสอบการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์” ไว้ดังนี้

โครงการ TIMMS โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ร่วมมือกับสมาคมนานาชาติ เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (International Association for the Evaluation of Educational Achievement; IEA) ดำเนินโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้งด้านเนื้อหาวิชาและพฤติกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของการวัดผลด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ข้อสอบ 2 ประเภท ดังนี้ (สสวท., 2558, น. 11)

1. แบบทดสอบแบบเขียนตอบ โดยการกำหนดเหตุการณ์หรือข้อมูลปัญหา ตัวอย่างเช่น ภาพประกอบ 2

| |
|--|
| <p>ชายคนหนึ่งถูกตัดไตออกหนึ่งข้างตั้งแต่วัยเด็กเนื่องจากไตไม่ทำงาน ขณะนี้เขามีลูกชายหนึ่งคนเมื่อแรกเกิด ลูกชายของเขามีไตกี่ข้าง.....</p> <p>จงให้เหตุผลประกอบคำตอบ</p> <p>.....</p> <p>แนวคำตอบ</p> <p>- 2 ข้าง และอธิบายว่าการตัดไตไม่ใช่ลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม เช่น ไม่ใช่การถ่ายทอดทางพันธุกรรม แม้ชายคนนั้นจะถูกตัดไตออก ก็ไม่ทำให้ยีนของลูกเปลี่ยนแปลง</p> <p>- 2 ข้าง และอธิบายว่า มนุษย์ (ปกติ) มีไตสองข้างตอนเกิด เช่นมนุษย์ทุกคนมีไตสองข้างเมื่อเกิด นอกจากจะมีปัญหาเกี่ยวกับไต การตัดไตไม่ส่งผลกระทบต่อลูกโดยตรง</p> <p>- คำตอบอื่นๆ ที่ถูกต้อง</p> |
|--|

ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบแบบเขียนตอบและเขียนให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์การอ่าน และวิทยาศาสตร์ : บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

2. แบบทดสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก โดยมีข้อคำถามที่เป็นสถานการณ์ และตัวเลือก 4 ตัวเลือก

โครงการ TIMSS ได้เสนอแนวทางในการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการให้เหตุผล โดยจำแนกเป็นหัวข้อได้ดังนี้ (สสวท., 2558)

1. วิเคราะห์/แก้ปัญหา (Analyze/solve problems) เป็นการระบุปัญหาและใช้ข้อมูล รูปแบบข้อมูล แนวคิด ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง โดยการวิเคราะห์ปัญหาแก้ปัญหาและตอบคำถาม

2. สังเคราะห์ (Integrate/synthesize) เพื่อแสดงให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน หาวิธีการในแก้ปัญหา โดยดูจากแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

3. ตั้งสมมติฐาน (Hypothesize/predict) เป็นการ เชื่อมโยงหลักการและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลจากประสบการณ์หรือจากการสังเกตเพื่อสร้างคำถามที่สามารถหาคำตอบได้จากการสำรวจตรวจสอบและทำนายเกี่ยวกับผลจากการเปลี่ยนแปลง โดยอาศัยประจักษ์พยานและความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

4. ออกแบบ (Design) เป็นการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตัดสินใจเกี่ยวกับการวัดหรือวิธีการที่จะใช้ในการสำรวจตรวจสอบ

5. สรุป (Draw conclusions) เป็นการหารูปแบบของข้อมูล อธิบายหรือสรุปและทำนายแนวโน้มของข้อมูลที่กำหนดให้ โดยมีการใช้หลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการสรุปปรากฏการณ์ และการลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือทดสอบสมมติฐาน และแสดงความเข้าใจเชื่อมโยงสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น

6. ประเมิน (Evaluate) เป็นการประเมินข้อดี ข้อเสีย เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสม รวมถึงเกี่ยวกับการอธิบายและวิธีการแก้ปัญหาเพื่อสนับสนุนข้อสรุป

จากการศึกษาการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ในข้างต้น ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้จะเน้นการวัดพฤติกรรมในลักษณะคำถามแบบถามให้สรุป ถามให้บอกวิธีการแก้ปัญหาและถามให้ตั้งสมมติฐาน

ลักษณะของรูปแบบของข้อสอบที่ใช้ในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย คำถามที่เป็นสถานการณ์ ในรูปแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

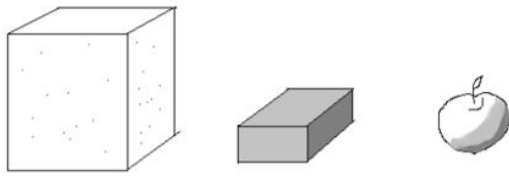
รูปแบบเขียนตอบสั้น ๆ โดยมีตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่าง ข้อสอบการวัดการให้เหตุผลของ TIMSS (2012) ได้แก่ ข้อ 5 ซึ่งให้นักเรียนให้เหตุผลผ่านหลักฐาน ปัญหา และตรวจสอบการให้เหตุผลของนักเรียนที่มีพื้นฐานอยู่บนความรู้ปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ ซึ่งตัวอย่างนี้ให้นักเรียนตอบคำถามแบบเขียนอธิบายสั้น ๆ ดังนี้

ด้านเนื้อหา: ฟิสิกส์ (ถามให้ตั้งสมมติฐาน)

คำอธิบาย: ตรวจสอบว่าวัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าไม่ได้จำเป็นว่าจะต้องหนักมากกว่า ดังภาพประกอบ 3

โจทย์: ครูของแจ๊ควางวัตถุสามชิ้นบนโต๊ะ ดังแสดงในรูปด้านล่าง เธอเรียงตาม
ปริมาตรของวัตถุ



โฟม อีรู แอปเปิ้ล

แจ๊คคิดว่าวัตถุที่มีปริมาตรมากกว่าจะหนักกว่า
นักเรียนเห็นด้วยกับแจ๊คหรือไม่?

เห็นด้วย
 ไม่เห็นด้วย

อธิบายคำตอบของนักเรียน

*ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่ใช้ อีรูมีขนาดเล็กกว่าโฟมแต่มีความหนาแน่นมากกว่า
ดังนั้น อีรูจึงอาจจะหนักกว่าโฟมก็ได้*

ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างข้อสอบการวัดการให้เหตุผลของ TIMSS

ที่มา: Martin, M. O., Mullis, I. V., Foy, P., & Stanco, G. M. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Science*. International Association for the Evaluation of Educational Achievement. Herengracht 487, Amsterdam, 1017 BT, The Netherlands..

รูปแบบแต่ละสถานการณ์อาจมีคำถามมากกว่า 1 ข้อ ลักษณะข้อสอบนั้นมี 4 ชนิด โดยมีตัวอย่างดังนี้

PISA ได้เสนอแนวทางในการวัดและประเมิน โดยข้อสอบกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่เป็นข้อความ หรือเนื้อความที่มีตาราง แผนภาพ หรือกราฟประกอบ (OECD, 2013, p. 112)

- 1) แบบเลือกตอบ (simple multiple-choice)
- 2) แบบเลือกตอบเชิงซ้อน (complex multiple-choice)
- 3) แบบเขียนตอบปลายปิด (closed-constructed response)
- 4) แบบเขียนตอบปลายเปิด (opened-constructed response)

รูปแบบเลือกตอบแบบ 2 ชั้น (Two Tailed Test) โดยมีตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่าง Lawson (2000) ได้พัฒนาแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นแบบเลือกตอบแบบ 2 ชั้น แต่ละข้อจะมีคำถาม 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นข้อสอบแบบหลายตัวเลือก และส่วนที่สองเป็นกลุ่มของเหตุผลต่าง ๆ โดยให้เลือกเหตุผลที่ถูกต้องเหมาะสม ดังภาพประกอบ

4

สมมติว่าคุณได้รับลูกบอลดินเหนียวสองลูกที่ขนาดและรูปร่างเท่ากัน และลูกบอลดินเหนียวทั้งสองมีน้ำหนักเท่ากัน ลูกบอลลูกหนึ่งถูกทำให้แบนเป็นรูปร่างแบบขึ้นแพนเค้ก ข้อใดถูกต้อง

a. รูปร่างแบบขึ้นแพนเค้กหนักกว่ารูปร่างแบบลูกบอล b. ทั้งสองขึ้นยังคงมีน้ำหนักเท่ากัน

c. รูปร่างแบบลูกบอลหนักกว่ารูปร่างแบบขึ้นแพนเค้ก

เพราะ

a. ขึ้นที่แบนครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ b. รูปร่างลูกบอลถูกผลักลงมากขึ้นในจุดหนึ่ง

c. เมื่อบางสิ่งถูกทำให้แบนจะสูญเสียน้ำหนัก d. ดินเหนียวยังไม่ได้รับการเพิ่มหรือเอาออกไป

e. เมื่อบางสิ่งที่ถูกทำให้แบนจะทำให้มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น

ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างแบบวัดรูปแบบเลือกตอบแบบ 2 ชั้น ของ Lawson (2000)

ที่มา: Kwon, Y. J., & Lawson, A. E. (2000). Linking brain growth with the development of scientific reasoning ability and conceptual change during adolescence. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37(1), 44-62.

รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลประกอบ โดยมีตัวอย่างดังนี้

สิทธิดักดี จินดาวงศ์ (2555, น. 165) ได้ใช้แบบวัดมีทั้งแบบเลือกตอบ เขียนตอบ และเขียนอธิบายคำตอบ ซึ่งในแต่ละข้อมีคะแนนไม่เท่ากัน ดังภาพประกอบ 5

ในการแข่งขันจรวดขวดน้ำประเภทยิงไกลของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ได้กำหนดกติกาให้แต่ละทีมปฏิบัติตาม เพื่อให้เกิดความยุติธรรม

คำถามส่วนที่ 1 ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อกำหนดในกติกา

ก. ให้ทุกทีมใช้น้ำเท่ากัน

ข. ให้ทุกทีมใช้แรงดันเท่ากัน

ค. ให้ทุกทีมใช้ขวดขนาดเดียวกัน

ง. ให้ทุกทีมใช้ผู้เข้าแข่งขันที่มีอายุเท่ากัน

จ. ให้ทุกทีมใช้ขนาดของมุมในการยิงเท่ากัน

คำถามส่วนที่ 2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

| ส่วนที่ | คะแนน | เกณฑ์การให้คะแนน |
|---------|-------|---|
| 1 | 1 | ตอบ ง |
| 2 | 2 | นักเรียนอ้างถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยิงไกลได้สามปัจจัยขึ้นไป เช่น ปริมาณน้ำ แรงดัน และขนาดขวด เป็นต้น หรือนักเรียนอ้างถึงอายุไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลต่อการยิงไกล พร้อมบอกเหตุผล |
| | 1 | นักเรียนอ้างถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยิงไกลได้หนึ่งหรือสองปัจจัย เช่น ปริมาณน้ำ หรือแรงดัน หรือขนาดขวด หรือขนาดของมุม เป็นต้น |
| | 0 | นักเรียนไม่ตอบหรือตอบผิด |

ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างแบบวัดรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลประกอบของสิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์. (2555)

ที่มา: สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์. (2555). ผลของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อ ตัวแทนความคิด เรื่อง ปรากฏการณ์ดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ด. วิทยาศาสตร์ศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อารยา ประโชติ (2551, น. 166) ได้ใช้แบบวัดที่เป็นลักษณะเลือกตอบพร้อมให้เหตุผล โดยให้เลือกคำตอบแล้วเขียนอธิบายเหตุผลประกอบ ดังภาพประกอบ 6

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

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

นักเรียนคิดว่าข้อสรุปของนักเรียนคนใดน่าเชื่อถือที่สุด

ก. คนที่ 1 ข. คนที่ 2

ค. คนที่ 3 ง. คนที่ 4

จงอธิบายเหตุผลสำหรับคำตอบที่เลือก

.....

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างแบบวัดที่เป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลประกอบ

ที่มา: อารยา ประโชติ. (2551). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่แทนการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิค *fading scaffold* เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ด. วิทยาศาสตร์ศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ภคพร อิศระ (2557, น. 74) ได้ใช้แบบวัดที่มีข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยข้อคำถาม 1 ข้อ แบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 เป็นข้อสอบแบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน และตอนที่ 2 เป็นข้อสอบแบบอัตนัย โดยให้คะแนนแบบรูบริกส์ 3 ระดับ ได้แก่ ถ้าระบุข้อความแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อสรุปถูกต้องและอธิบายสนับสนุนข้อสรุปให้ 2 คะแนน ถ้าระบุข้อความแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อสรุป

ถูกต้อง แต่ไม่อธิบายสนับสนุนข้อสรุปให้ 1 คะแนน และถ้าไม่ระบุข้อความแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อสรุป หรือระบุข้อความแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ไม่ถูกต้องให้ 0 คะแนน
 ดึงภาพประกอบ 7

| |
|--|
| <p>ธรรมาและปวรรุจ ทำการทดลองเกี่ยวกับขวดพลาสติก</p> <p>ธรรมาทำการทดลองเติมน้ำอุ่นจำนวนเล็กน้อยลงในขวดพลาสติก จากนั้นกลั้วประมาณ 30 วินาที แล้วเทน้ำอุ่นออก ปิดฝาขวดพลาสติกให้สนิทและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 45 วินาที พบว่า ขวดพลาสติกเกิดการบวมขึ้น</p> <p>ปวรรุจทำการทดลองเผากระดาษ แล้วหย่อนลงไปนขวดพลาสติก ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 วินาที ปิดฝาขวดพลาสติกให้สนิทและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 45 วินาที พบว่า ขวดพลาสติกเกิดการบวมขึ้น จากการทดลองของธรรมาและปวรรุจ นักเรียนสรุปการเปลี่ยนแปลงของขวดพลาสติก ได้ว่า</p> <p>ก. อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของขวดพลาสติก</p> <p>ข. ความดันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของขวดพลาสติก</p> <p>ค. อุณหภูมิและความดันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของขวดพลาสติก</p> <p>ง. การเผากระดาษใส่ลงในขวดใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของขวดพลาสติกน้อยกว่าการเติมน้ำอุ่น</p> <p>เหตุผลที่สนับสนุนปรากฏการณ์ที่ "ขวดพลาสติกเกิดการบวมขึ้น" คือ</p> <p>.....</p> |
|--|

| | | | |
|---|--|---|---|
| <p>เกณฑ์การให้คะแนน</p> <p>ตอนที่ 1 การสรุปสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์</p> <p>คำตอบที่ถูกต้องคือ ข้อ ค</p> <p>ตอนที่ 2 การแสดงเหตุผลที่สนับสนุนข้อสรุป</p> | | | |
| | ระดับคะแนน | | |
| | 2 | 1 | 0 |
| <p>การแสดงผลที่สนับสนุนข้อสรุป</p> | <p>ระบุข้อความแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อสรุปถูกต้องและอธิบายสนับสนุนข้อสรุปว่า จากผลการทดลอง การทำให้อากาศภายในขวดพลาสติกมีอุณหภูมิสูงขึ้นและขยายตัว อากาศส่วนหนึ่งจึงเคลื่อนที่ออกจากขวดพลาสติก เมื่อปิดฝาให้สนิท อากาศที่อยู่ภายในขวดพลาสติกจะมีอุณหภูมิลดลง ทำให้อากาศภายในหดตัว ความดันอากาศลดลงความดันภายในขวดพลาสติกจึงน้อยกว่าความดันภายนอกขวดจึงเกิดการเปลี่ยนแปลง (เกิดการบวมขึ้น)</p> | <p>ระบุข้อความแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อสรุปถูกต้องแต่ไม่อธิบายสนับสนุนข้อสรุป เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในขวดพลาสติกส่งผลให้ความดันภายในขวดพลาสติกเปลี่ยนแปลง</p> | <p>ไม่ระบุข้อความแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อสรุป หรือระบุข้อความแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ไม่ถูกต้อง</p> |

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างแบบวัดแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลประกอบ

ที่มา : ภคพร อิศระ. (2557). ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. (วิทยานิพนธ์ ค.ม. การศึกษาวิทยาศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ลฎาภา สุทธกกุล และลือชา ลดาชาติ (2556, น. 110) ได้ใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นรายบุคคล โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นคำถาม ซึ่งถูกดัดแปลงมาจากแบบทดสอบ “Science: Thinking with Evidence” ของ New Zealand Council for Educational Research โดยวิเคราะห์คำตอบตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ข้อสรุป หลักฐาน และการชี้แจง ดังภาพประกอบ 8

สถานการณ์ “ซากเหาบนหัวของมัมมีอียิปต์โบราณ” นักเรียนได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการค้นพบซากเหาบนหัวของมัมมีอียิปต์โบราณ พร้อมทั้งประเมิน เลือกและให้เหตุผลว่า ตนเองสามารถลงข้อสรุปใดต่อไปนี้ได้บ้าง

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| ก. การกำจัดเหาเป็นไปได้ยาก | ข. เหาชอบใช้ชีวิตบนหัวเด็ก |
| ค. เหาอยู่ร่วมกับคนมานานแล้ว | ง. ชาวอียิปต์โบราณไม่ค่อยสระผม |

ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างสถานการณ์ที่เป็นคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง

ที่มา : ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา สุทธกกุล. (2556). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2564 จาก <http://www.inquiringmind.in.th/archives/1929>.

จากการศึกษางานวิจัยเพิ่มเติม พบว่า บางงานวิจัยมีการแปลความหมายจากระดับคะแนนเป็นระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เช่น ถ้าคะแนนรวมอยู่ในช่วง 0 – 10 คะแนน มีความสามารถในการให้เหตุผลอยู่ในระดับปรับปรุง, ถ้าคะแนนรวมอยู่ในช่วง 11 – 20 คะแนน มีความสามารถอยู่ในระดับดี, ถ้าคะแนนรวมอยู่ในช่วง 21 – 30 คะแนน มีความสามารถในการให้เหตุผลอยู่ในระดับดีมาก (ภคพร อิศระ, 2557, น. 74) อย่างไรก็ตามบางงานวิจัยใช้วิธีคิดคะแนนเฉลี่ยแล้วนำไปเทียบกับคะแนนก่อนเรียนตามแบบแผนการวิจัย (Lawson, 2000; สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์, 2555, น. 168; อารยา ประโชติ, 2551, น. 169)

จากการศึกษาการวัดและการประเมินผลความสามารถดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า แบบวัดมีหลากหลายลักษณะ อาทิ แบบเขียนตอบ แบบเลือกตอบ แบบเลือกตอบแบบพร้อมให้เหตุผล ประกอบหรือแบบเลือกตอบ 2 ชั้น ซึ่งมีการกำหนดสถานการณ์มาให้ โดยสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวอาจเป็นบทความทางวิทยาศาสตร์ รูปภาพ หรือคำอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนตอบคำถามด้วยรูปแบบต่าง ๆ และประเมินด้วยเกณฑ์ที่เหมาะสม

1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ถือเป็นสิ่งสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ตลอดจนการดำเนินชีวิตประจำวันของทุกคน ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต้องได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง (ณัฐมน สุชัยรัตน์, 2559) โดยปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความสามารถดังกล่าว คือ การจัดการเรียนการสอนของครูเพื่อส่งเสริมความสามารถของนักเรียน (Weld, Stier & Birren, 2011) ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือทำและความสามารถในการคิด พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผล พร้อมชี้แจงให้นักเรียนทราบเบื้องต้นถึงองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และแต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กันอย่างไร (Geddis, 1991; McNeill & Krajcik, 2008) ความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละคนมีผลต่อการให้เหตุผลของนักเรียน ถ้านักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องจะทำให้นักเรียนมีเหตุผลในการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ถูกต้อง (พัฒน์ดา มีลา และร่วมเกล้า อาจเดช, 2560)

1.4 ประเภทและลักษณะของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

นักวิชาการได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ดังนี้

Lawson (2009) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลเอาไว้ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบสมมติฐาน (Abduction of abductive reasoning) เป็นการสร้างสมมติฐานจากกิจกรรมที่สร้างสรรค์และเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเนื่องจากการสังเกตปัญหา นั้นจะกลายเป็นการอธิบายการสังเกตและองค์ความรู้ที่ได้รับการขัดเกลา
2. การให้เหตุผลแบบอธิบาย (Retroduction or retroductive reasoning) เป็นการนำสมมติฐานมาทดสอบเพื่อหาข้อเท็จจริงในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น
3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or deductive reasoning) เป็นการสร้างการทดสอบที่มีความน่าเชื่อถือขึ้นโดยอาศัยการทำนายสมมติฐานที่จะเกิดขึ้น
4. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction of Inductive Reasoning) เป็นการสร้างข้อสรุปหรือลงข้อสรุป

Hausman and Welch (2010) และ โสรัจจ์หงส์ ลดาธรรม (2553) แบ่งการให้เหตุผลที่เป็นองค์ประกอบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction or Deductive Reasoning) การให้เหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction or Inductive Reasoning) การให้เหตุผลโดยมีหลักฐานมาสนับสนุน

จันทรพีญ เชื้อพานิช (2542) ได้เพิ่มเติมประเภทมาอีก 1 ประเภท คือ

แบบอุปนัย-นิรนัย (Inductive-deductive method) เป็นกระบวนการคิดหรือให้เหตุผลเพื่อหาข้อสรุปโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทดสอบสมมติฐาน

กล่าวโดยสรุปได้ว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. แบบนิรนัย เป็นการให้เหตุผลโดยการใช้แนวคิดหลักการกฎทฤษฎีอธิบายเหตุการณ์ย่อย ๆ ที่มีลักษณะเฉพาะหรือหาข้อสรุป

2. แบบอุปนัย เป็นการให้เหตุผลโดยการสังเกตเหตุการณ์ย่อย ๆ ที่มีลักษณะเฉพาะแล้วสรุปเป็นแนวคิดหลักการกฎทฤษฎี

3. แบบอุปนัย-นิรนัย เป็นการให้เหตุผลโดยการให้เหตุผลเชิงนิรนัยและอุปนัยร่วมกัน

1.5 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาแนวทางที่ส่งเสริมความสามารถดังกล่าวในการจัดการเรียนรู้ในประเทศพบว่า มีหลากหลายรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เช่น

1.5.1 รูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง

ทศพล สุวรรณพุด (2562) ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมาพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ผลการวิจัยพบว่า วิธีการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว นักเรียนเกิดการพัฒนาความสามารถอย่างต่อเนื่องในแต่ละวงจรการเรียนรู้ ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ยังมีส่วนช่วยสนับสนุนและกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ เช่น การเข้าสู่บทเรียนด้วยการใช้สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ด้วยการสร้างคำถาม ที่นำไปสู่การตั้งสร้างสมมติฐาน จากนั้นนักเรียนทำการค้นหาข้อมูลเพื่อใช้สนับสนุนสมมติฐานของตน รวมถึงกิจกรรมการโต้แย้งที่เกิดขึ้นในชั้นการสร้างข้อโต้แย้งเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันลงข้อสรุปอย่างเป็นทางการเป็นเหตุเป็นผล

ภคพร อิศระ (2557) ใช้รูปแบบดังกล่าวมาพัฒนาร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า หลังได้รับการเรียนการสอนด้วยรูปแบบดังกล่าวนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบดังกล่าวในชั้นการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวและขั้นกิจกรรมการโต้แย้งนักเรียนได้ฝึกฝนและมีประสบการณ์เกี่ยวกับการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับสิ่งที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนข้อสรุปอย่างมีเหตุผล นอกจากนี้ในการโต้แย้งยังช่วยให้นักเรียนผู้จุดเด่นและข้อบกพร่องเพื่อไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

1.5.2 วงจรการเรียนรู้

เกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถหลังเรียนสูงขึ้นจากการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ และการตั้งสมมติฐานแบบนิรนัย ในสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ที่นักเรียนได้ปฏิบัติในชั้นการศึกษาสำรวจ ของแต่ละบทเรียน ทำให้นักเรียนได้ฝึกคิดและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย จาก การปฏิบัติการทดลองเพื่อเก็บรวบรวม วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูล แล้วสร้างเป็นมโนทัศน์ชีววิทยานั้น ๆ

สุวลักษณ์ เกิดมณี (2558) ใช้วงจรการเรียนรู้ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวส่งผล ต่อความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ศึกษาค้นคว้าหา และสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจะเกิดจากการเชื่อมโยงความรู้เดิมผนวกกับนำความรู้ใหม่ไปปรับใช้ในการสร้างมโนทัศน์

1.5.3 การสอดแทรกเทคนิคและสื่อการเรียนรู้

Wang et al. (2018) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้โดยได้รวมเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงบนมือถือ (AR) ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อช่วยในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (SR) ของนักเรียน ซึ่งผลของการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดสภาพแวดล้อมดังกล่าวมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.5.4 การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ณัฐมน สุชัยรัตน์ (2559) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองร่วมกับบริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการสอนรูปแบบดังกล่าว มีคะแนนเฉลี่ยหลังสูงกว่าก่อนทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองมีในด้านการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ มากที่สุด รองลงมาเป็นความสามารถในการสร้างข้อสรุป และความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนมีพัฒนาการในด้านต่าง ๆ สูงขึ้น โดยนักเรียนสามารถแสดงหลักฐานที่ชัดเจนและระบุข้อมูลที่สำคัญได้อย่างถูกต้อง

จากที่กล่าวมาในข้างต้นเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละรูปแบบการจัดการเรียนการสอนมีลักษณะร่วมกัน คือ การให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล หลักฐานต่าง ๆ และการให้นักเรียนได้โต้แย้ง เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่สมบูรณ์ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถดังกล่าวได้ดีขึ้น

งานวิจัยนี้ได้เลือกรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เนื่องจากรูปแบบดังกล่าวจะทำให้ให้นักเรียนระบุนความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและการให้เหตุผลไปสู่การลงคำตอบของคำถามได้ จนทำให้เกิดการพัฒนาพฤติกรรมด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

2. การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry)

2.1 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry) เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองในการทำความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ พร้อมแก้ไขแบบจำลองจากข้อมูลการสำรวจ ตรวจสอบทาง

วิทยาศาสตร์ (Campbell, Oh, Maughn, Kiriazis, & Zuwallack, 2015; Campbell, Oh, & Neilson, 2012; Xiang & Passmore, 2015) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนามโนทัศน์อย่างลึกซึ้งในเรื่องที่เข้าใจยาก และยังสร้างความเข้าใจในกระบวนการและธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น (Campbell, 2011; Schwarz, Reiser, & Davis, 2009)

2.2 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่สนับสนุนการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีทฤษฎีการเรียนรู้หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 1) ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (ทึศนา เขมมณี, 2545) 2) แนวคิดการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Association, 2004) และ 3) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง (Hestenes, 2006) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

โครงสร้างทางปัญญา (Schema) ของมนุษย์มีการพัฒนาผ่านกระบวนการดูดซึม (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เพื่อให้ปัญญาของบุคคลนั้นอยู่ในภาวะสมดุล (Equilibrium) (ทึศนา เขมมณี, 2545, น. 22)

ทฤษฎีนี้ให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการแปลความหมายของแต่ละบุคคลที่ขึ้นอยู่กับความสนใจ ความเชื่อ ตลอดจนประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกัน ถือเป็นเรื่องเฉพาะตนรวมถึงการสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ต่าง ๆ

2.2.2 แนวคิดการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

สมาคมครูวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา ได้ให้ความหมายการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษารวมชาติและนำเสนอคำอธิบายโดยใช้หลักฐานที่ได้จากการทำงานของพวกเขา มาสนับสนุนคำอธิบายนั้น (Association, 2004) สำหรับในการศึกษาวิทยาศาสตร์การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นนั้นจะกล่าวว่าการพัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้สะท้อนว่านักวิทยาศาสตร์สามารถทำความเข้าใจธรรมชาติได้อย่างไรและเป็นหัวใจในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเด็กช่วงอายุน้อยนั้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมมีการถามคำถามและค้นหาคำตอบของคำถามเหล่านั้นดังนั้นแล้วเมื่อนักเรียนมีประสบการณ์การสืบเสาะจะเป็นการส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นเพราะแนวคิดที่ได้เรียนรู้จะยึดติดกับประสบการณ์ที่ได้ทำการสืบเสาะหาความรู้ นอกจากนั้นยังเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการทำความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์เพราะนักเรียนจะได้เรียนรู้ถึงการตั้งคำถามและใช้หลักฐานในการสร้างคำตอบให้คำถามเหล่านั้นได้ในกระบวนการของการเรียนรู้กลยุทธ์ของการสืบเสาะดังกล่าว จะทำให้นักเรียน

ได้เรียนรู้ที่จะดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมหลักฐานจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย พัฒนาคำอธิบายที่ได้จากข้อมูลและสื่อสารและปกป้องข้อสรุปของพวกเขา ดังนั้นครูควรนำการ กระบวนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อจะช่วยให้นักเรียนได้ พัฒนาความเข้าใจวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง

2.2.3 ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง

Hestenes (2006) ได้สร้างกรอบแนวคิดที่เกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของการ สร้างแบบจำลอง (Modeling Structure of Cognition) ซึ่งเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิด (Mental Models) และแบบจำลองทางมโนทัศน์ (Conceptual Models) ว่าควรสะท้อนโครงสร้าง ทางปัญญาโดยอธิบายทฤษฎีนี้ว่า “เมื่อบุคคลรับรู้ปรากฏการณ์บุคคลจะสร้างความคิดขึ้นมา ภายในตนที่เรียกว่าแบบจำลองทางความคิดจากนั้นบุคคลจะแสดงแบบจำลองออกมาเป็น สัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนความคิดความเข้าใจของบุคคลที่อยู่บนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ออกมา เป็นแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่แสดงลักษณะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสะท้อนถึงโครงสร้างทางปัญญา ของบุคคลได้”

2.2.4 ที่มาของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักวิทยาศาสตร์มีกิจกรรมที่หลากหลาย ทั้งการสาธิตอุปกรณ์และเทคนิคในการ สร้างทักษะในห้องปฏิบัติการ เช่น แนวปฏิบัติด้านความปลอดภัย, การใช้อุปกรณ์การเรียนรู้ ขึ้นตอนเฉพาะ เป็นต้น โดยได้มีการสร้างแบบจำลอง เพื่อเป็นตัวแทนความคิดของนักวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้าและทดลอง ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในทางปฏิบัติ (Bauer, 1992; Kosso, 1992; Pickering, 1995; Rouse, 1987) ซึ่งวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสร้าง และตรวจสอบแนวคิดใหม่ จากการใช้หลักฐานเพื่อสร้างความเข้าใจใหม่ในการสืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ โดยเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะพิเศษ 5 ประการ (Windschitl, et al., 2008, p. 944)

1) ทดสอบได้ (Testable) คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบจำลองหรือ ทฤษฎีขั้นสูงเกิดจากการเสนอสมมติฐานใหม่ que แสดงถึงความเป็นไปได้ของความสัมพันธ์ระหว่าง เหตุการณ์ กระบวนการ หรือคุณสมบัติภายในแบบจำลองหรือทฤษฎีนั้น และใช้วิธีการที่มีความ เฉพาะในรูปแบบต่าง ๆ (various domain-specific methods) สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อ ประเมินสมมติฐานเหล่านั้น

2) แก้ไขได้ (Revisable) คือ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงเมื่อพบหลักฐานใหม่หรือปรากฏการณ์นั้นถูกสร้างกรอบความคิดในแนวทางที่แตกต่างกัน เช่น แบบจำลองเกี่ยวกับจลศาสตร์ กับ แบบจำลองพลังงานในเรื่องของการถ่ายโอนความร้อน

3) อธิบายได้ (Explanatory) คือ การอธิบายเชิงเหตุผลของเหตุการณ์และกระบวนการต่าง ๆ หรือเป็นการมองรูปแบบของปรากฏการณ์นั้น ๆ

4) การคาดคะเน (Conjectural) คือ การคาดคะเนเหตุการณ์หรือกระบวนการที่ไม่สามารถสังเกตได้ทางวิทยาศาสตร์ จะต้องใช้ความรู้ ทฤษฎี หลักฐานเชิงประจักษ์ และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสนับสนุนการคาดคะเนนั้นให้มีความน่าเชื่อถือ

5) การสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ (Generative) คือ การสร้างแบบจำลองหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ และสามารถทดสอบสมมติฐานได้

2.3 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรม ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้มีองค์การทางการศึกษาและนักการศึกษาได้เสนอเกี่ยวกับประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ Gilbert, et al. (2004) ได้จัดประเภทของแบบจำลองตามลักษณะทางภววิทยา (Ontological Status) ดังนี้

1) แบบจำลองทางความคิด (Mental Model) เป็นสิ่งที่แต่ละบุคคลที่สร้างขึ้นและอยู่ภายในความคิดของบุคคลนั้น อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ อาจมีระดับของความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับต่าง ๆ กัน

2) แบบจำลองที่ผ่านการแสดงออก (Expressed Model) เป็นการสื่อสารหรือแสดงออกให้ผู้อื่นได้รับรู้ โดยบุคคลหรือกลุ่มคนโดยการสะท้อนความคิดออกมาเป็นการแสดงออก เช่น คำพูด ท่าทาง หรือภาพวาด

3) แบบจำลองที่สอดคล้องกันภายในกลุ่ม (Consensus Model) คือ แบบจำลองที่แสดงออกซึ่งได้รับการยอมรับจากกลุ่มบุคคลหรือชั้นเรียน จากการทำกิจกรรมและมีการความเห็นโดยเฉพาะในกลุ่มนั้น ๆ ร่วมกัน

4) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model) คือ สิ่งทีนักวิทยาศาสตร์ให้การยอมรับ และผ่านการทดสอบโดยนักวิทยาศาสตร์อย่างละเอียด จนกระทั่งเห็นพ้องต้องกัน แต่อาจเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต หากไม่สามารถอธิบายกับหลักฐานที่เกิดขึ้นในอนาคตได้ หรือมีแบบจำลองอื่นที่ดีกว่าแบบจำลองในปัจจุบัน

นอกจากนี้ Gilbert (2004) ได้กำหนดประเภทของแบบจำลองภายนอกตามลักษณะต่างๆ ได้ดังนี้

1) แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม (concrete mode) หรือแบบจำลองที่เป็นวัสดุ (Material mode) เป็นแบบจำลองที่ใช้วัสดุต่าง ๆ เป็นตัวแทนของจริง เช่น การใช้พลาสติกแทนส่วนต่าง ๆ ในร่างกาย

2) แบบจำลองในรูปแบบภาษา (Verbal mode) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการบรรยายสิ่งต่าง ๆ อาจอยู่ในรูปของภาษาพูดหรือภาษาเขียนก็ได้

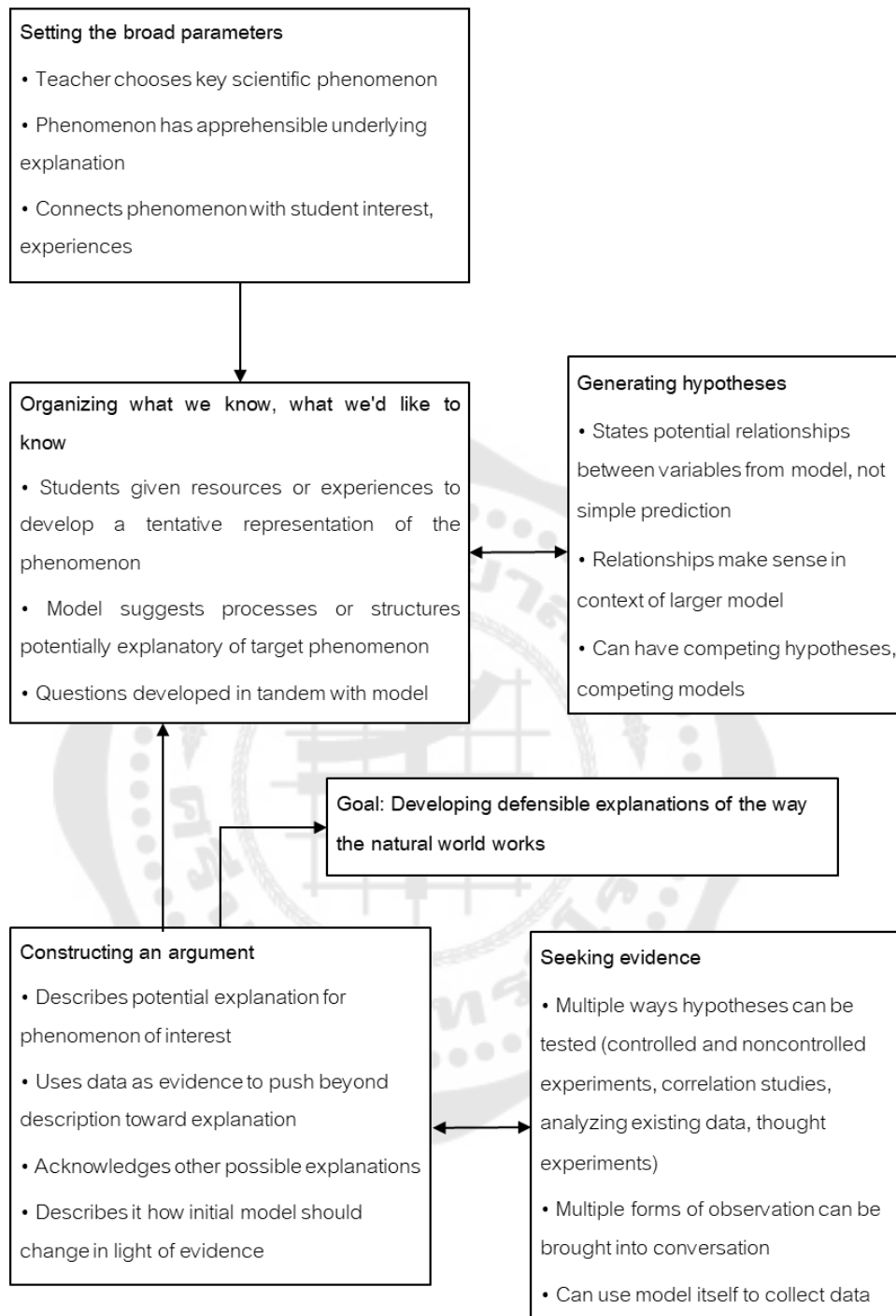
3) แบบจำลองในรูปแบบสัญลักษณ์ (Symbolic mode) เป็นแบบจำลองที่มีการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ตกลงร่วมกัน

4) แบบจำลองในรูปแบบของแผนภาพและกราฟ (Visual mode) เป็นแผนภาพแทนสิ่งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เช่น ใช้ลูกศรแทนการถ่ายทอดระดับพลังงานในระบบนิเวศ

5) แบบจำลองในรูปแบบของท่าทาง (Gestural mode) เป็นการใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายแทนลักษณะการเคลื่อนที่ของสิ่งต่าง ๆ ทั้งการจับมือ การคล้องแขนหรือการปล่อยมือกัน แทนอนุภาคของสารสถานะต่าง ๆ

2.4 ขั้นตอนการสอนของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการสอนของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า Windschitl, et al. (2008) เป็นกลุ่มแรก ที่เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยได้เสนอการสอดแทรกกรอบการสนทนาเพื่อสนับสนุนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งมีรายละเอียดดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 The four interrelated conversations supporting model-based inquiry

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

กรอบการสนทนาในกิจกรรมสำคัญของการสืบเสาะเน้นแบบจำลองเป็นฐานนั้นได้แบ่งเป็น 2 ส่วนประกอบด้วย 4 กรอบการสนทนา คือ ส่วนที่ 1 นอกห้องเรียน คือ การวิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตเนื้อหา และส่วนที่ 2 ในห้องเรียนมี 4 กรอบการสนทนา ได้แก่ กรอบสนทนาที่ 1 จัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรารู้และสิ่งที่เราต้องรู้ กรอบสนทนาที่ 2 สร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ กรอบสนทนาที่ 3 ค้นหาหลักฐาน และกรอบสนทนาที่ 4 สร้างการโต้แย้ง โดยมีรายละเอียดของแต่ละกิจกรรมดังนี้

วิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตเนื้อหา (Setting the Broad Parameters)

ครูกำหนดขอบเขตเนื้อหาที่ต้องการให้นักเรียนได้ศึกษาซึ่งอยู่บนพื้นฐานความสนใจของนักเรียนและแนวคิดที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์โดยการศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์นั้นจะเป็นการศึกษาความเป็นมาของแนวคิดนั้นว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรโดยปรากฏการณ์ที่ครูคัดเลือกมานั้นต้องสามารถอธิบายได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล

กรอบสนทนาที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรารู้และสิ่งที่เราต้องรู้ (Organizing What We Know and What We Want to Know) ประกอบด้วย 2 หลักการดังนี้

หลักการที่ 1 ครูสร้างแรงจูงใจเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจในปรากฏการณ์และนำเสนอแหล่งข้อมูลหรือประสบการณ์เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาตัวแทนความคิดเริ่มต้นซึ่งในที่นี้คือแบบจำลองเริ่มต้นของปรากฏการณ์นั้นตัวอย่างวิธีการสร้างแรงจูงใจเช่นการอ่านการชมวีดิทัศน์ การสาธิตและกิจกรรมการสร้างแบบจำลองก่อนการทดลองเป็นต้น

หลักการที่ 2 แบบจำลองเริ่มต้นควรจะนำเสนอถึงกระบวนการคุณสมบัติหรือโครงสร้างที่สามารถสังเกตได้หรือไม่สามารถสังเกตได้อยู่ในแบบจำลองกับศักยภาพในการอธิบายปรากฏการณ์นั้น

ตัวอย่างลักษณะคำถาม

- เราคิดว่าเรารู้อะไรแล้วเกี่ยวกับสถานการณ์กระบวนการหรือเหตุการณ์นี้
 - องค์ประกอบใดของสิ่งที่เรารู้มาจากการสังเกตอนุมาน? แหล่งข้อมูลอื่น ๆ
 - มีวิธีแสดงสถานการณ์เหตุการณ์หรือกระบวนการนี้มากกว่าหนึ่งวิธีหรือไม่
- แผนภาพความคิด ภาพวาด
- แบบจำลองของเราอธิบายสถานการณ์กระบวนการหรือเหตุการณ์ได้ทั้งหมดหรือมีส่วนที่พยายามอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นหรือไม่

กรอบสนทนาที่ 2 การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ (Generating Testable Hypotheses)

จุดประสงค์ของการสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้คือเพื่อใช้แบบจำลองให้เป็นที่ยอมรับของชุดความสัมพันธ์ของตัวแปรที่อาจเป็นไปได้หรือชุดเหตุการณ์สำหรับทำการทดสอบแนวคิดสำหรับการสร้างสมมติฐานนั้นต้องสามารถเข้าใจได้ในบริบทที่นอกเหนือจากแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้นและสิ่งสำคัญต้องสามารถทดสอบได้โดยพื้นฐานแล้วสมมติฐานที่อยู่ในแบบจำลองจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าได้มาอย่างมีหลักการ

ตัวอย่างลักษณะคำถาม

- มีสมมติฐานที่แข่งขันกันที่สามารถอธิบายสิ่งที่เราสังเกตเห็นหรือไม่
- เมื่อเราดูแบบจำลองเบื้องต้นของเราและพิจารณาคำถามที่เราต้องการถามโมเดลของเราจะทำนายอะไร
- เราจะทดสอบแบบจำลองของเราในลักษณะที่สร้างคำอธิบายที่ดีขึ้นได้อย่างไรว่าปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นได้อย่างไร
- เราสามารถทดสอบแบบจำลองของเราในลักษณะที่ช่วยให้เราเข้าใจกระบวนการหรือสิ่งที่อธิบายว่าเหตุใดแบบจำลองจึงทำงานตามที่คาดการณ์ไว้ได้หรือไม่

กรอบสนทนาที่ 3 การค้นหาหลักฐาน (Seeking Evidence)

ครูสอบถามนักเรียนถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ได้จากแบบจำลองและเพื่อระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยข้อมูลเหล่านั้นจะกลายมาเป็นหลักฐานสนับสนุนการอธิบายและการโต้แย้ง

ตัวอย่างลักษณะคำถาม

- ข้อมูลประเภทใดที่จะช่วยเราในการทดสอบสมมติฐานของเรา
- เราจะดำเนินการตัวแปรของเราในรูปแบบที่จะช่วยให้เราสามารถบันทึกการวัดที่ไม่คลุมเครือได้อย่างไร
- การรวบรวมข้อมูล "อย่างเป็นระบบ" หมายถึงอะไร
- ในการทดสอบสมมติฐานของเราเราควรสังเกตปรากฏการณ์ตามที่เป็นอยู่หรือจัดการกับตัวแปรบางตัวในขณะที่ควบคุมตัวแปรอื่น ๆ

กรอบสนทนาที่ 4 การสร้างการโต้แย้ง (Constructing an Argument)

การโต้แย้งในที่นี้เป็น การโต้แย้งเชิงสาเหตุเชิงประจักษ์ที่จะปฏิเสธข้อกล่าวอ้างในกระบวนการของการอธิบายหรือปฏิเสธสิ่งที่สร้างมาจากสมมติฐานในแบบจำลองดั้งเดิมโดยการโต้แย้งประกอบด้วย 4 ลักษณะดังนี้

- 1) บรรยายถึงศักยภาพของคำอธิบายในปรากฏการณ์ที่สนใจ
- 2) ใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาเป็นหลักฐานเพื่อสนับสนุนการอธิบาย
- 3) ยอมรับคำอธิบายอื่น ๆ ที่สามารถอธิบายข้อมูลได้
- 4) บรรยายวิธีการที่แบบจำลองเริ่มต้นควรเปลี่ยนเมื่อมีหลักฐานใหม่ที่ดีกว่า

ตัวอย่างลักษณะคำถาม

หรือไม่ว่า สิ่งที่แบบจำลองเดิมของเราคาดการณ์นั้นสอดคล้องกับข้อมูลที่เรารวบรวม

- แบบจำลองของเราควรเปลี่ยนไปตามหลักฐานหรือไม่
- แบบจำลองของเราสามารถประยุกต์ใช้กับปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้อย่างไร
- เราได้ควบคุมหรือพิจารณาตัวแปรที่อาจมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ของการศึกษา

หรือไม่

จากการศึกษากรอบการสนทนา พบว่า การสนทนาในแต่ละกรอบไม่ได้เกิดขึ้นตามลำดับในการอธิบายกิจกรรม ซึ่งการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) มีลักษณะเป็นกระบวนการทั่วไปที่ต้องมีการทบทวนการสนทนาก่อนหน้าอยู่เสมอเมื่อมีข้อมูลใหม่เกิดขึ้นและไม่จำเป็นต้องใช้คำถามในข้างต้นในการถามคำถามทั้งหมดกับนักเรียน โดยในแต่ละคำถามจะมีคำสำคัญให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้จนเกิดประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนรู้ในข้างต้น

บทบาทครูและนักเรียน

บทบาทครูและนักเรียนในกรอบการสนทนาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถสรุปได้ตาราง 1

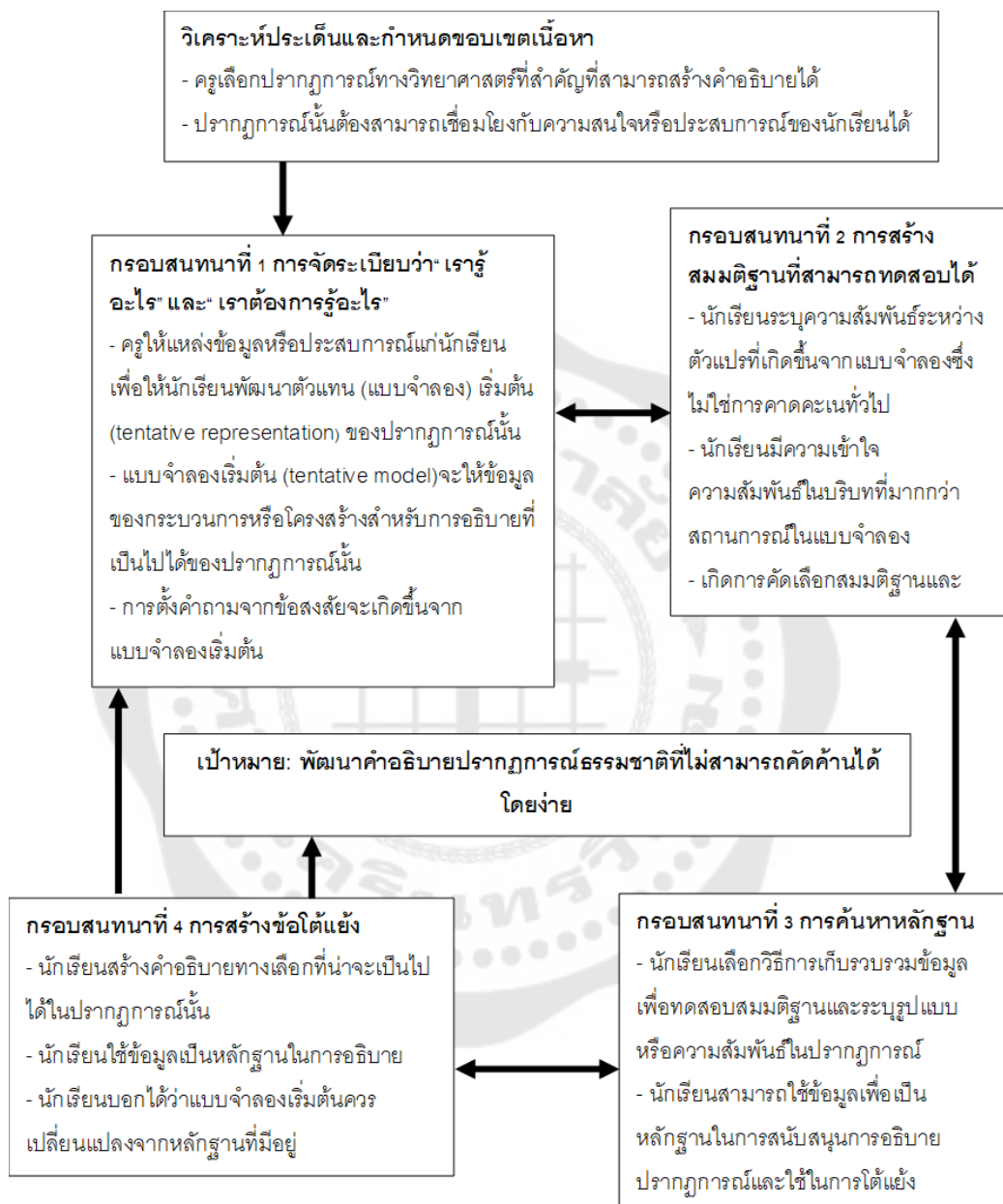
ตาราง 1 แสดงบทบาทครูและนักเรียนตามการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558)

| กรอบการสนทนา | บทบาทครู | บทบาทนักเรียน |
|--|--|---|
| <p>วิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตเนื้อหา</p> <p>ครูวิเคราะห์เนื้อหาด้วยความสนใจหรือประสบการณ์ของนักเรียนแล้วเลือกปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถสร้างคำอธิบายได้มากำหนดขอบเขตของเนื้อหา</p> <p>1. การจัดระเบียบว่า “เรารู้อะไร” และ “เราต้องการรู้อะไร”</p> <p>ครูนำเสนอปรากฏการณ์และสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดความสนใจโดยใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองเริ่มต้นซึ่งแบบจำลองนั้นจะอธิบายกระบวนการต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตได้หรือไม่ได้ปรากฏอยู่ในแบบจำลองพร้อมกันมีศักยภาพในการอธิบายปรากฏการณ์ร่วมอยู่ด้วย</p> | <p>(1) วิเคราะห์เนื้อหาปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องและประสบการณ์กับความสนใจของนักเรียน</p> <p>(2) เลือกปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาและสามารถสร้างคำอธิบายได้</p> <p>(3) กำหนดขอบเขตเนื้อหาของเนื้อหา</p> <p>(1) นำเสนอปรากฏการณ์</p> <p>(2) สร้างแรงจูงใจโดยใช้การอ่านบทความการชมวิดิทัศน์การสาธิตและกิจกรรมการสร้างแบบจำลองก่อนการทดลอง</p> <p>(3) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยแล้วสามารถนำนักเรียนไปสู่การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น Tentative model ได้</p> | <p>(1) แสดงความสนใจในปรากฏการณ์</p> <p>(2) เชื่อมโยงความรู้จากประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา</p> <p>(3) สร้างแบบจำลองเริ่มต้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์นั้น</p> |
| <p>2. การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้</p> <p>นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองเริ่มต้นในการระบุนความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ แล้วนำตัวแปรที่สนใจในแบบจำลองนั้นมาสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้และสามารถนำไปทำความเข้าใจได้ในบริบทอื่น ๆ และให้นักเรียนเลือก</p> | <p>(1) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ตรวจสอบสมมติฐานและแบบจำลองเริ่มต้นเพื่อให้นักเรียนได้เลือกมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์</p> <p>(2) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถระบุตัวแปรในแบบจำลองเริ่มต้นและสามารถสร้างสมมติฐานจากแบบจำลองเริ่มต้นได้</p> | <p>(1) เลือกแบบจำลองเริ่มต้นและสมมติฐานที่นักเรียนเชื่อว่าสามารถนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ได้</p> <p>(2) ระบุนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองเริ่มต้นที่ได้คัดเลือกมา</p> <p>(3) สำรองและตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ปรากฏ</p> |

ตาราง 1 (ต่อ)

| กรอบการสนทนา | บทบาทครู | บทบาทนักเรียน |
|--|---|--|
| <p>สมมติฐานที่คิดว่าสามารถนำไปใช้ในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ได้</p> <p>3. การค้นหาหลักฐาน</p> <p>นักเรียนเลือกวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ได้จากแบบจำลองเริ่มต้นและใช้ข้อมูลที่ได้นำมาตรวจสอบพร้อมทั้งปรับแก้ไขแบบจำลองเริ่มต้นให้สามารถระบุรูปแบบหรือพร้อมทั้งใช้ข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์</p> | <p>(3) ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสำรวจความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ปรากฏอยู่ในแบบจำลองเริ่มต้น</p> <p>(1) ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในปรากฏการณ์</p> <p>(2) ใช้คำถามเพื่อสอบถามนักเรียนถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สามารถทดสอบสมมติฐานได้</p> <p>(3) จัดเตรียมอุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนใช้ศึกษาปรากฏการณ์</p> <p>(4) ให้คำแนะนำและช่วยเหลือ</p> | <p>ในแบบจำลองเริ่มต้นเพื่อสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้</p> <p>(1) ระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในปรากฏการณ์</p> <p>(2) บอกและดำเนินการตามวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนแบบจำลองเริ่มต้น</p> <p>(3) นำข้อมูลที่ได้จากวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลมาตรวจสอบกับแบบจำลองเริ่มต้นพร้อมทั้งใช้ข้อมูลเหล่านั้นแก้ไขแบบจำลองแล้วมาเขียนอธิบายปรากฏการณ์</p> |
| <p>4. การสร้างการโต้แย้ง</p> <p>นักเรียนนำเสนอคำอธิบายและแบบจำลองที่ได้ปรับแก้ไขแล้วนำมาให้เพื่อนวิพากษ์ถึงความเหมาะสมความถูกต้องศักยภาพของแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์พร้อมทั้งมีการโต้แย้งกันในเชิงเหตุผลที่จะใช้หลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่มีอยู่ในคำอธิบายปรากฏการณ์นั้น</p> | <p>(1) อภิปรายผลการศึกษา</p> <p>(2) กระตุ้นให้นักเรียนประเมินคำอธิบายและแบบจำลอง</p> <p>(3) ให้คำแนะนำและช่วยเหลือ</p> <p>(4) ให้กำลังใจและเสริมแรง</p> | <p>(1) นำเสนอคำอธิบายปรากฏการณ์และแบบจำลองที่ได้แก้ไขแล้ว</p> <p>(2) ประเมินคำอธิบายและแบบจำลองที่เพื่อนนำเสนอ</p> <p>(3) ตั้งคำถามที่สงสัย</p> <p>(4) สอบถามถึงหลักฐานที่สนับสนุน</p> <p>(5) ตอบคำถามจากเพื่อน</p> <p>(6) นำข้อมูลที่เป็นข้อจำกัด ที่ได้จากการโต้แย้งมาศึกษาต่อ แล้วดำเนินการขั้นตอนไปเรื่อย ๆ จนสามารถสร้างแบบจำลองและคำอธิบายที่ไม่สามารถคัดค้านได้โดยง่ายมาอธิบายปรากฏการณ์นั้นได้</p> |

จากกรอบการสนทนาบทบาทของครูกับนักเรียนในแต่ละกิจกรรมสรุปได้ตามภาพประกอบ 10 ดังนี้



ภาพประกอบ 10 แสดงกรอบการสนทนาที่สนับสนุนการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

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

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า มีงานวิจัยที่นำกรอบการสนทนาของ Windschitl, et al. (2008) ไปใช้ในลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

พิชญ ศุภศาสตร์วงศ์ (2563) ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับภาพเคลื่อนไหว โดยได้ปรับกรอบแนวคิดของ Windschitl, et al. (2008) มาใช้เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมพารามิเตอร์

ครูกำหนดผลการเรียนรู้และขอบข่ายมโนคติที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นกิจกรรม

1) การรวบรวมสิ่งที่นักเรียนรู้และสิ่งที่นักเรียนอยากรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน หลังจากนั้นครูสาธิตการทดลองและให้นักเรียนร่วมกันสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้

2) สร้างสมมติฐาน

ครูตั้งคำถามในการทดลองและสร้างสมมติฐานจากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

3) ค้นหาหลักฐาน

ครูให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้จากการศึกษาปฏิบัติการ

4) ขั้นสร้างข้อโต้แย้ง

ครูให้คำถามพร้อมกับแสดงภาพเคลื่อนไหวและให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายสมมติฐานและแบบจำลองก่อนการจัดการเรียนรู้และให้นักเรียนแก้ไขสมมติฐานและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของตนเอง หลังจากนั้นครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบ

จากการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับภาพเคลื่อนไหว สามารถพัฒนานักเรียนในการระบุเหตุผลได้ดีขึ้นจากก่อนเรียนในทุกแผนการเรียน

สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) ใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมาพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนระดับชั้น

มัธยมศึกษาตอนต้น โดยยึดตามแนวคิดของ Braaten and Windschitl (2011) และ Windschitl, et al. (2008) มาใช้ในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกแนวคิดสำคัญและจัดทำให้อยู่ในรูปของแบบจำลองโดยขั้นนี้ครูวิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตของเนื้อหา

ขั้นที่ 2 นำเสนอแนวคิดเริ่มต้นมีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการจัดระเบียบว่า “เรารู้อะไร” และ “เราต้องการรู้อะไร” ตรงกับลักษณะของความรู้เชิงวิทยาศาสตร์คือความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบได้

ขั้นที่ 3 สุ่มตรวจสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ การค้นหาหลักฐานและการสร้างข้อโต้แย้งตรงกับลักษณะของความรู้เชิงวิทยาศาสตร์คือความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถแก้ไขได้

ขั้นที่ 4 อธิบายปรากฏการณ์มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในรูปแบบของการอธิบาย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการคาดคะเนและพยากรณ์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดความเข้าใจและสมมติฐานใหม่

จากที่กล่าวมาข้างต้น การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งเป็นกลวิธี และมีกรอบการสนทนาที่สามารถนำไปใช้ในการสนับสนุนกระบวนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวได้ และมีงานวิจัยที่นำกรอบการสนทนาดังกล่าวไปใช้เป็นขั้นตอน อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้จะใช้กรอบการสนทนาดังกล่าวในลักษณะเป็นกลวิธีในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนเป็นหลักในการจัดการเรียนการสอน

2.5 การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E)

วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) มีขั้นตอนที่สำคัญ (สสวท, 2556, น. 11) ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นนำเข้าสู่เนื้อหาในเรื่องที่สนใจ จากการตั้งคำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียน กำหนดประเด็นที่จะศึกษา และช่วยกันกำหนดขอบเขตของเรื่องที่จะศึกษา รวบรวมความรู้เดิม หรือประสบการณ์จากแหล่งต่าง ๆ นำไปสู่สิ่งที่ต้องการศึกษา

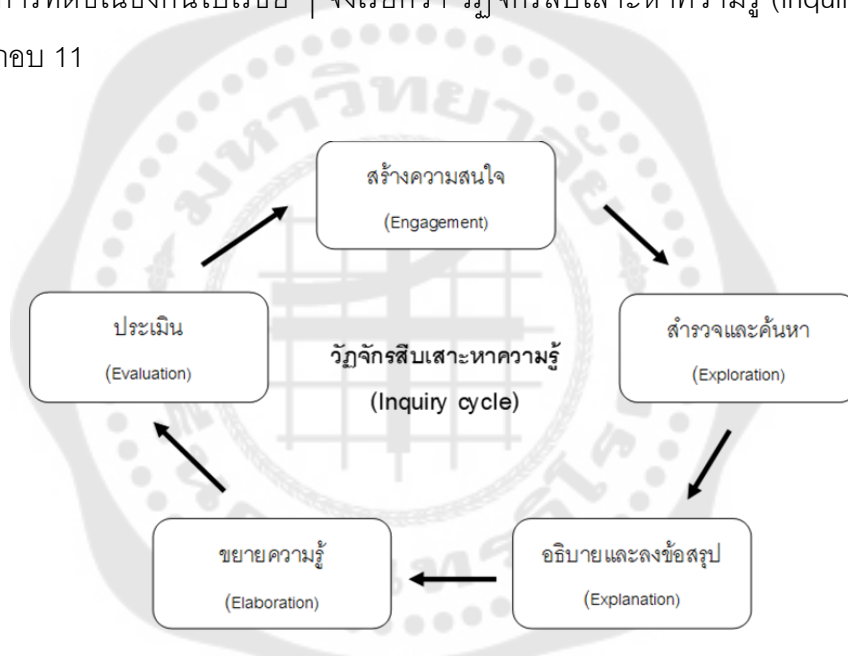
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) วางแผนเพื่อสำรวจตรวจสอบสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้ โดยวิธีการตรวจสอบสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ศึกษาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ในการสร้างแบบจำลองและให้ข้อมูลที่เพียงพอเพื่อใช้ในขั้นต่อไป

3. **ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผลสรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การวาดรูป สร้างแบบจำลอง สร้างตาราง ฯลฯ

4. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาอธิบายหรือลงข้อสรุปสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ

5. **ชั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ ที่นำไปสู่การสร้างข้อโต้แย้งอันก่อให้เกิดเป็นประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า **วัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (inquiry cycle)** ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้รูปแบบ 5Es*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

กรอบการสนทนาทั้ง 4 สามารถนำมาใช้ร่วมกับวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ซึ่งมีลักษณะเป็นการสืบเสาะหาความรู้อยู่แล้ว ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น กับการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI)

| วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน | การสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) |
|--------------------------------------|---|
| ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) | กรอบสนทนาที่ 1 การจัดระบบสิ่งให้นักเรียนรู้ |
| ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) | และสิ่งที่ต้องการรู้ |
| ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) | กรอบสนทนาที่ 2 การสร้างสมมติฐาน |
| ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) | กรอบสนทนาที่ 3 การค้นหาหลักฐาน |
| ขั้นประเมิน (Evaluation) | กรอบสนทนาที่ 4 การสร้างข้อโต้แย้ง |

การสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น ร่วมกับกรอบการสนทนาของ Windschitl and Braaten (2008) มีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นนำเข้าสู่เนื้อหาในเรื่องที่สนใจ จากการตั้งคำถาม สื่อ การสาธิต การทำกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสร้างคำถาม และกำหนดประเด็นที่จะศึกษา ต่อมาครูรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับประเด็นที่จะศึกษาโดยใช้คำถาม แล้วเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองตามความรู้เดิมในปรากฏการณ์นั้น จากนั้นกระตุ้นนักเรียนคิดเกี่ยวกับแบบจำลองเริ่มต้นด้วยคำถาม (กรอบสนทนาที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรารู้และสิ่งที่เราต้องรู้)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) วางแผนเพื่อสำรวจตรวจสอบสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้ โดยให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรที่อาจเป็นไปได้จากแบบจำลองและสามารถทดสอบได้ โดยใช้คำถาม (กรอบสนทนาที่ 2 การสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้) โดยครูสอบถามนักเรียนถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ได้จากแบบจำลอง (กรอบสนทนาที่ 3 การค้นหาหลักฐาน)

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ จากนั้นกระตุ้นการสร้างข้อโต้แย้ง ด้วยคำถาม (กรอบสนทนาที่ 4 การสร้างการโต้แย้ง)

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาอธิบายหรือลงข้อสรุปสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยใช้คำถาม (กรอบสนทนาที่ 1 การจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรารู้และสิ่งที่เราต้องรู้) (กรอบสนทนาที่ 4 การสร้างการโต้แย้ง)

5. **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้ความสามารถอะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

ตัวอย่างการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Windschitl and Braaten (2008) ยกตัวอย่างการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของครูวิทยาศาสตร์ท่านหนึ่งในเนื้อหาวิทยาศาสตร์โลกระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยประยุกต์ใช้กรอบการสนทนา เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าในการเคลื่อนที่ของโลก ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์โดยมีรายละเอียด ดังนี้

มิตเตอร์กิลเบิร์ต ครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นรู้ว่านักเรียนมีปัญหาในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดวงจันทร์ที่สอดคล้องกับการสังเกตในชีวิตประจำวัน เขาว่าการเข้าใจปรากฏการณ์นี้มีความสำคัญเพราะนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้ เช่น การเกิดจันทร์ราคา ฤดูกาล การเกิดกลางวันกลางคืน เป็นต้น (setting the broad parameters)

1. ครูเริ่มต้นจากการถามนักเรียนว่ารู้อะไรบ้างเกี่ยวกับดวงจันทร์ ครูจดประเด็นบนกระดาน เช่น ดวงจันทร์มีรูปร่างเปลี่ยนไป ดวงจันทร์เล็กกว่าโลก มีคนเคยขึ้นไปเหยียบบนดวงจันทร์ (organizing what we know)

2. ครูถามนักเรียนว่า พวกเราคนจะไปอยู่บนดวงจันทร์อีกครั้งดีไหม ทำไมจันทร์ราคา ไม่เกิดขึ้นบ่อย ๆ ดวงจันทร์กว้างเท่าใด พระจันทร์เต็มดวงเกิดบ่อยแค่ไหน

3. ครูให้อุปกรณ์ได้แก่ เครื่องวัดแดด หลอด เข็มนาฬิกา ให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของดวงจันทร์บนท้องฟ้า และ รูปร่างของดวงจันทร์ ครูใช้คำถามเพื่อการสนทนาเกี่ยวกับ การรวบรวมข้อมูลและบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ (seeking evidence) เพื่อสร้างแบบจำลองเบื้องต้น นักเรียนบางคนกล่าวว่า ดวงจันทร์ควรจะมองเห็นที่จุดเดียวทุก ๆ วัน

4. สองสามสัปดาห์ต่อมา เมื่อนักเรียนทำการสังเกตดวงจันทร์เสร็จ ครูกลับมาสู่หน่วยดวงจันทร์อีกครั้ง และถามนักเรียนเพื่อให้แสดงชาร์ตที่ผนัง นักเรียนพูดเกี่ยวกับแบบรูปของรูปร่างดวงจันทร์ที่เปลี่ยนแปลงไปที่นักเรียนเห็น และเสนอคำอธิบายตามข้อมูล จากชาร์ตเหล่านี้ นักเรียนบางคนต้องการที่รู้อะไรเป็นสาเหตุให้เกิดแบบรูปเช่นนี้ ครูกระตุ้นให้นักเรียนเสนอคำอธิบาย นักเรียนเสนอว่า เงามของโลกบังผิวดวงจันทร์ในปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาของเดือน บางคนว่า ดวงจันทร์โคจรรอบโลก (creating a hypothesis)

5. ครูให้นักเรียนแบ่งออกเป็นกลุ่ม วาดภาพ เพื่อสนับสนุนคำอธิบายของกลุ่มว่าทำไมดวงจันทร์จึงมีรูปร่างที่เปลี่ยนไป (organizing what we know)

6. ครูขอให้นักเรียนพูดคุยกันเกี่ยวกับนักเรียนจะสามารถใช้แบบจำลองนี้ทดสอบคำอธิบายที่แตกต่างกันได้อย่างไรหรือไม่ (creating a hypothesis)

7. วันต่อมา นักเรียนออกแบบการสำรวจตรวจสอบโดยใช้ลูกโลกแทนโลก ลูกเทนนิส แทนดวงจันทร์ และโปรเจกเตอร์แทนดวงอาทิตย์ (seeking evidence)

8. ครูเดินวนดูทุกกลุ่ม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนและเน้นที่การคิดเพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำอธิบาย เช่น ดวงจันทร์อยู่ตรงไหนในแบบจำลองของคุณ เพื่อให้ได้ดวงจันทร์เสี้ยว 1 ใน 4 แสดงให้ดูหน่วยว่าเงาของโลกควรจะอยู่ที่ไหน หลักฐานอะไรที่จะใช้สนับสนุนข้อสรุปได้ ครูถามนักเรียนให้ย้อนกลับไปแผ่นชาร์ทที่แสดงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดวงจันทร์ แบบจำลองใดอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับดวงจันทร์ได้ (generating an argument)

9. ครูให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลอง เชิญนักเรียนที่เหลื่อมมาตรวจสอบผลลัพธ์ นักเรียนเห็นด้วยว่าการเปรียบเทียบรูปร่างดวงจันทร์ในแบบจำลอง กับลำดับของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของดวงจันทร์ในปฏิทินช่วยให้เขาประเมินความสัมพันธ์ที่ปรากฏระหว่างโลก ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์

10. ครูถามว่า มีแบบจำลองใดที่ทำนายได้บ้าง ลักษณะใดของแบบจำลองที่อธิบายได้ดี (generating an argument)

11. ครูให้นักเรียนอ่านเพิ่มเติม (organizing what we know conversation)

12. ครูให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอกิจกรรมในชั้นเรียนที่ได้บันทึกไว้ สำหรับประเด็นโต้แย้งของนักเรียนเกี่ยวกับแบบจำลอง โลกอยู่ตรงกลาง ดวงอาทิตย์อยู่ตรงกลางของระบบสุริยะ และหลักฐานของ Copernicus และ Galileo เพื่อสนับสนุนแบบจำลองที่ใช้คำอธิบาย (generating an argument)

3. เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารรอบตัว

มาตรฐานการจัดการเรียนรู้สาระวิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

เนื้อหาเรื่อง สารรอบตัว อยู่ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสาร องค์ประกอบของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 5) โดยกำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ไว้ดังตาราง 3 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 42)

ตาราง 3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่อง สารรอบตัว

| ชั้น | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง |
|------|--|---|
| ม.1 | <p>1. อธิบายสมบัติทางกายภาพบางประการของธาตุโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสังเกตและการทดสอบและใช้สารสนเทศที่ได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งจัดกลุ่มธาตุเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ</p> | <p>ธาตุแต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวและมีสมบัติทางกายภาพบางประการเหมือนกันและบางประการต่างกัน ซึ่งสามารถนำมาจัดกลุ่มธาตุเป็นโลหะอโลหะและกึ่งโลหะธาตุโลหะมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูง มีผิวมันวาว นำความร้อน นำไฟฟ้า ดึงเป็นเส้นหรือตีเป็นแผ่นบาง ๆ ได้และมีความหนาแน่นทั้งสูงและต่ำ ธาตุอโลหะมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวต่ำ มีผิวไม่มันวาว ไม่นำความร้อน ไม่นำไฟฟ้า เปราะ แตกหักง่าย และมีความหนาแน่นต่ำ ธาตุกึ่งโลหะมีสมบัติบางประการเหมือนโลหะ และอโลหะ</p> |
| | <p>2. วิเคราะห์ผลจากการใช้ธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะและธาตุกัมมันตรังสีที่มีต่อสิ่งมีชีวิต สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม จากข้อมูลที่รวบรวมได้</p> | <p>ธาตุโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ ที่สามารถแผ่รังสีได้จัดเป็นธาตุกัมมันตรังสี</p> |
| | <p>3. ตระหนักถึงคุณค่าของการใช้ธาตุโลหะ อโลหะกึ่งโลหะ ธาตุกัมมันตรังสีโดยเสนอแนวทางการใช้ธาตุอย่างปลอดภัย คุ่มค่า</p> | <p>ธาตุมีทั้งประโยชน์และโทษ การใช้ธาตุโลหะ อโลหะ กึ่งโลหะ ธาตุกัมมันตรังสีควรคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม</p> |

ตาราง 3 (ต่อ)

| ชั้น | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง |
|------|---|--|
| | 4. เปรียบเทียบจุดเดือดจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารผสม โดยการวัดอุณหภูมิเขียนกราฟแปลความหมายข้อมูลจากกราฟ หรือสารสนเทศ | สารบริสุทธิ์ประกอบด้วยสารเพียงชนิดเดียว ส่วนสารผสมประกอบด้วยสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป สารบริสุทธิ์แต่ละชนิดมีสมบัติบางประการที่เป็นค่าเฉพาะตัว เช่น จุดเดือดและจุดหลอมเหลวคงที่แต่สารผสมมีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวไม่คงที่ขึ้นอยู่กับชนิดและสัดส่วนของสารที่ผสมอยู่ด้วยกัน |
| | 5. อธิบายและเปรียบเทียบความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์และสารผสม 6. ใช้เครื่องมือเพื่อวัดมวลและปริมาตรของสารบริสุทธิ์และสารผสม | สารบริสุทธิ์แต่ละชนิดมีความหนาแน่น หรือมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรคงที่ เป็นค่าเฉพาะของสารนั้น ณ สถานะและอุณหภูมิหนึ่งแต่สารผสมมีความหนาแน่นไม่คงที่ขึ้นอยู่กับชนิดและสัดส่วนของสารที่ผสมอยู่ด้วยกัน |
| | 7. อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอะตอมธาตุและสารประกอบโดยใช้แบบจำลองและสารสนเทศ | สารบริสุทธิ์แบ่งออกเป็นธาตุและสารประกอบ ธาตุประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กที่สุดที่ยังแสดงสมบัติของธาตุนั้นเรียกว่า อะตอม ธาตุแต่ละชนิดประกอบด้วยอะตอมเพียงชนิดเดียวและไม่สามารถแยกกลายเป็นสารอื่นได้ด้วยวิธีทางเคมี ธาตุเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ธาตุสารประกอบเกิดจากอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป รวมตัวกันทางเคมีในอัตราส่วนคงที่ มีสมบัติแตกต่างจากธาตุที่เป็นองค์ประกอบ สามารถแยกเป็นธาตุได้ด้วยวิธีทางเคมี ธาตุและสารประกอบสามารถเขียนแทนได้ด้วยสูตรเคมี |

ตาราง 3 (ต่อ)

| ชั้น | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง |
|------|---|--|
| 8. | อธิบายโครงสร้างอะตอมที่ประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน โดยใช้แบบจำลอง | อะตอมประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน โปรตอนมีประจุไฟฟ้าบวก ธาตุชนิดเดียวกันมีจำนวนโปรตอนเท่ากันและเป็นค่าเฉพาะของธาตุนั้น นิวตรอนเป็นกลางทางไฟฟ้า ส่วนอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าลบ เมื่ออะตอมมีจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอนจะเป็นกลางทางไฟฟ้า โปรตอนและนิวตรอนรวมกันตรงกลางอะตอมเรียกว่า นิวเคลียส ส่วนอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อยู่ในที่ว่างรอบนิวเคลียส |
| 9. | อธิบายและเปรียบเทียบการจัดเรียงอนุภาคแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารชนิดเดียวกันในสถานะของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยใช้แบบจำลอง | <p>สสารทุกชนิดประกอบด้วยอนุภาค โดยสสารชนิดเดียวกันที่มีสถานะของแข็ง ของเหลว แก๊ส จะมีการจัดเรียงอนุภาค แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคการเคลื่อนที่ของอนุภาคแตกต่างกันซึ่งมีผลต่อรูปร่างและปริมาตรของสสาร</p> <p>อนุภาคของของแข็งเรียงชิดกัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากที่สุด อนุภาคสั่นอยู่กับที่ ทำให้มีรูปร่างและปริมาตรคงที่</p> <p>อนุภาคของของเหลวอยู่ใกล้กัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยกว่าของแข็งแต่มากกว่าแก๊สอนุภาคเคลื่อนที่ได้แต่ไม่เป็นอิสระเท่าแก๊ส ทำให้มีรูปร่างไม่คงที่แต่ปริมาตรคงที่</p> <p>อนุภาคของแก๊สอยู่ห่างกันมาก มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยที่สุด อนุภาคเคลื่อนที่ได้ อย่างอิสระทุกทิศทาง ทำให้มีรูปร่างและปริมาตรไม่คงที่</p> |


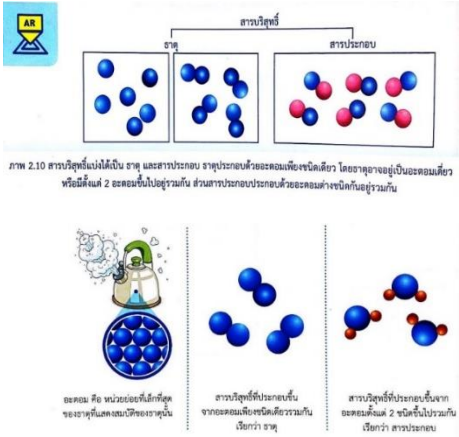
ตาราง 3 (ต่อ)

| ชั้น | ตัวชี้วัด | สาระการเรียนรู้แกนกลาง |
|------|--|---|
| 10. | อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสสาร โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และแบบจำลอง | <p>ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสสาร เมื่อให้ความร้อนแก่ของแข็ง อนุภาคของของแข็ง จะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งซึ่งของแข็งจะให้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว และอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดหลอมเหลว</p> <p>เมื่อให้ความร้อนแก่ของเหลวอนุภาคของของเหลวจะมีพลังงานและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งซึ่งของเหลวจะให้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส เรียกความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊สว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ และอุณหภูมิขณะเปลี่ยนสถานะจะคงที่ เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดเดือด</p> <p>เมื่อทำให้อุณหภูมิจากแก๊สลดลงจนถึงระดับหนึ่งแก๊สจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดควบแน่น ซึ่งมีอุณหภูมิตีเดียวกับจุดเดือดของของเหลวนั้น</p> <p>เมื่อทำให้อุณหภูมิจากของเหลวลดลงจนถึงระดับหนึ่ง ของเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งเรียกอุณหภูมินี้ว่า จุดเยือกแข็ง ซึ่งมีอุณหภูมิตีเดียวกับจุดหลอมเหลวของของแข็งนั้น</p> |

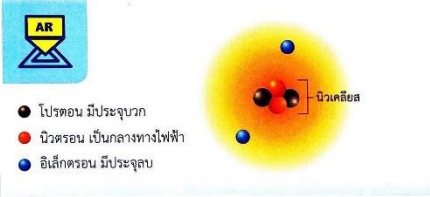
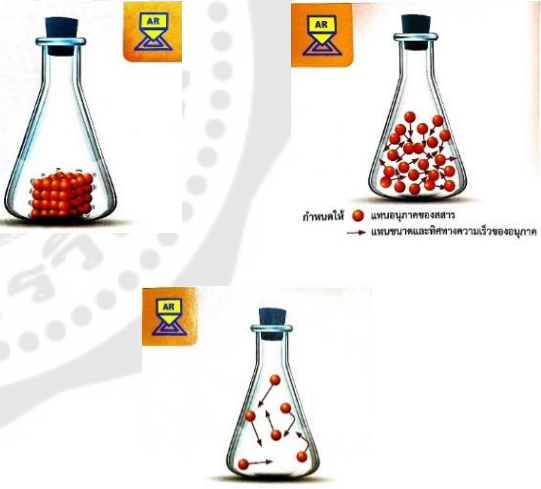

จากการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางและหนังสือเรียน วิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560; สสวท., 2560) โดยในการ วิจัยนี้กำหนดเนื้อหาในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ โดยในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สาร รอบตัว สามารถแบ่งเป็นหน่วยย่อยได้ดังนี้ อะตอมธาตุและสารประกอบ, โครงสร้างอะตอม, การ จัดเรียงอนุภาคของแข็ง ของเหลว และแก๊ส, พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร ซึ่ง ประกอบด้วย 4 ตัวชี้วัด คือ ว.2.1 ม.1/7, ม.1/8, ม.1/9 และม.1/10 เนื่องจากทั้ง 4 ตัวชี้วัดนี้ได้รับบุ เกียวกับการอธิบายสิ่งต่าง ๆ โดยใช้แบบจำลองไว้อย่างชัดเจน

จากการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางและหนังสือเรียน วิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าเนื้อหาเรื่องสารรอบตัวเชื่อมโยงกับแบบจำลองแต่ ละรูปแบบ ดังตาราง 4

ตาราง 4 แบบจำลองที่ใช้กับเนื้อหาเรื่องสารรอบตัว

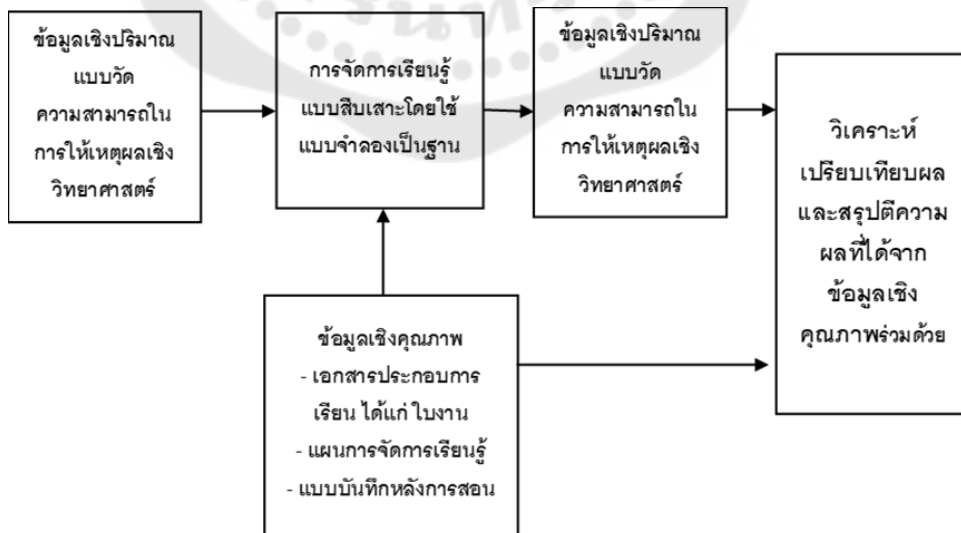
| เนื้อหา | ตัวอย่างแบบจำลอง |
|-----------------------|--|
| อะตอมธาตุและสารประกอบ | แบบจำลองรูปแบบสัญลักษณ์(สสวท.: 2556) |
| |  |
| | แบบจำลองรูปภาพ (สสวท.: 2556) |
| |  |

ตาราง 4 (ต่อ)

| เนื้อหา | ตัวอย่างแบบจำลอง |
|--|--|
| <p>โครงสร้างอะตอม</p> | <p>แบบจำลองรูปภาพ (สสวท.: 2556) เช่น แบบจำลองอะตอมที่มีอิเล็กตรอนอยู่รอบนิวเคลียส</p>  |
| <p>การจัดเรียงอนุภาคของแข็ง ของเหลว และแก๊ส</p> | <p>แบบจำลองรูปภาพ (สสวท.: 2556) เช่น การจัดเรียงอนุภาค การสั่นอยู่กับที่ของอนุภาคของแข็ง การจัดเรียงอนุภาคและการเคลื่อนที่ของอนุภาคแก๊ส</p>  |
| <p>พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร</p> | <p>แบบจำลองรูปภาพ (สสวท.: 2552)</p>  |

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงผสมผสาน (Mixed-methods research) โดยใช้แบบแผนแบบรองรับภายใน (Embedded design) รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก (one-phase embedded design: experimental model by quantitative dominant) เป็นการดำเนินงานวิจัยเชิงทดลองที่ทำการศึกษาในระยะเดียวโดยเริ่มจากการใช้วิธีการเชิงปริมาณเป็นวิธีการหลักทำการทดสอบข้อมูลของตัวแปรตามที่ต้องการศึกษาก่อน หลังจากนั้นจึงให้เงื่อนไขการทดลองแก่กลุ่มเป้าหมายซึ่งในขณะที่ให้เงื่อนไขการทดลองนี้ ก็สังเกตเก็บรวบรวมข้อมูลปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับกลุ่มเป้าหมายไปด้วย (โดยใช้วิธีการเชิงคุณภาพเป็นวิธีการรอง) หลังจากนั้นเมื่อสิ้นสุดการให้เงื่อนไขการทดลอง จึงทดสอบข้อมูลเดิมเหมือนกับข้อมูลที่ทดสอบก่อน แล้วนำข้อมูลที่ทดสอบก่อนและหลังมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลซึ่งกันและกัน พร้อมทั้งสรุปตีความผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยใช้ผลที่ได้จากการสังเกตขณะทำการทดลองมาร่วมสรุปด้วย (รัตนะ บัวสนธ์, 2554, น. 99) เพื่อตอบคำถามวิจัยในประเด็นที่ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่ อย่างไร ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 การดำเนินการวิจัยตามแบบแผนแบบรองรับภายใน: รูปแบบการทดลองระยะเดียว

การดำเนินการวิจัยในการวิจัยนี้ คือ เกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยนำเสนอตามหัวข้อดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 80 คน ที่ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยเป็นชั้นเรียนที่มีนักเรียนที่บกพร่องทางการเรียนรู้เรียนร่วมอยู่ด้วย

นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนปกติคละความสามารถ (เก่ง จำนวน 25 คน กลาง จำนวน 27 คน อ่อน จำนวน 20 คน) และนักเรียนที่บกพร่องทางการเรียนรู้ จำนวน 8 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือ คือ แผนการจัดการเรียนรู้และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารรอบตัว

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารรอบตัว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีขั้นตอนในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง สารรอบตัว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเนื้อหาเรื่อง อะตอมและสารประกอบ โครงสร้างอะตอม การจัดเรียงอนุภาคของแข็ง ของเหลว และแก๊ส และพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร

2. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าว ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นร่วมกับกรอบสนทนาของ (Windschitl & Braaten, 2008) ประกอบด้วย 4 แผน รวม 12 ชั่วโมง ดังตารางที่ 4

ตาราง 4 แผนการจัดการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมง

| แผนการจัดการเรียนรู้ | จำนวน ชั่วโมง | แบบจำลอง | ลักษณะของ แบบจำลองที่ นักเรียนสร้าง |
|---|------------------|---|---|
| 1 อดตอม ธาตุและสารประกอบ | 3 | แบบจำลองอดตอม ธาตุและสารประกอบ | วาดภาพ |
| 2 โครงสร้างอดตอม | 3 | แบบจำลองโครงสร้าง อดตอมของธาตุ | วาดภาพ |
| 3 การจัดเรียงอนุภาคของแข็ง ของเหลว และแก๊ส | 3 | แบบจำลองการ จัดเรียงอนุภาค ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส | ปั้นดินน้ำมัน |
| 4 พลังงานความร้อนกับการ เปลี่ยนสถานะของสาร | 3 | แบบจำลองความร้อน กับการเปลี่ยนสถานะ ของสาร | วาดภาพ |
| รวม | 12 | | |

ตาราง 5 การวางโครงจากแผนการจัดการเรียนรู้

| การสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ |
|---------------------------------|-----------------------------|
| ขั้นสร้างความสนใจ | การให้เหตุผลต่อข้อกล่าวอ้าง |
| ขั้นสำรวจและค้นหา | การให้เหตุผลต่อสมมติฐาน |
| ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป | การให้เหตุผลต่อข้อสรุป |
| ขั้นขยายความรู้ | การให้เหตุผลต่อข้อกล่าวอ้าง |
| ขั้นประเมิน | การให้เหตุผลต่อข้อกล่าวอ้าง |

เอกสารประกอบการเรียนรู้ ประกอบด้วย ใบงานการสืบเสาะหาความรู้ และแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

3. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผน ซึ่งถ้ามีข้อปรับปรุงแก้ไข ให้แก้ไขให้เรียบร้อย

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1 ท่าน โดยดูความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (IOC) และความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง อะตอมธาตุและสารประกอบ โครงสร้างอะตอม การจัดเรียงอนุภาคของแข็งของเหลว และแก๊ส และพลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร ตามการจัดการเรียนรู้รูปแบบดังกล่าว ซึ่งพบว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (IOC) มากกว่า 0.5 โดยมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 และมีค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.00 – 5.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์และสามารถนำไปใช้ได้ (แสดงดังภาคผนวก ง)

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ไปศึกษานำร่องกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูความเป็นไปได้และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริงในงานวิจัย

2.2 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถดังกล่าวก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีรายละเอียดการสร้างเครื่องมือดังนี้

1. กำหนดนิยามของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งในที่นี้ หมายถึง การแสดงออกทางความคิดของนักเรียนในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ อย่างสมเหตุสมผล โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ หลักการ หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในการยืนยันสมมติฐาน ข้อกล่าวอ้าง หรือข้อสรุปของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ วัดได้โดยใช้แบบวัดความสามารถดังกล่าวที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นสถานการณ์ให้ระบุสมมติฐาน/ข้อกล่าวอ้าง/ข้อสรุป

2. กำหนดลักษณะของแบบวัดความสามารถฯ โดยแต่ละข้อประกอบด้วยสถานการณ์ และข้อคำถามจำนวน 2 ข้อ มีลักษณะแบบเลือกตอบ 3 ตัวเลือกและเขียนอธิบายเหตุผล จำนวน 5 สถานการณ์ ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปและเป็นข้อสอบแบบคู่ขนาน 2 ฉบับ

3. ดำเนินการสร้างแบบวัดดังกล่าวจำนวน 15 สถานการณ์ และเกณฑ์การให้คะแนนแสดงดังตาราง 6

ตาราง 6 ภาพรวมแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

| สถานการณ์ | ลักษณะคำถาม | ความยาก | จำนวนข้อ (ก่อน/หลัง เรียน) |
|---------------------------------------|------------------------|---------|----------------------------------|
| 1. การตกผลึกของสาร | ถามให้ทำนาย | ยาก | 2(1/1) |
| 2. ทำไม้ไฟจึงติด | ถามให้ทำนาย | ยาก | |
| 3. การหักเหของแสง | ถามให้ทำนาย | ยาก | |
| 4. ลมบกและลมทะเล | ถามให้ทำนาย | ง่าย | 2(1/1) |
| 5. ชายผู้มีไตข้างเดียว | ถามให้ทำนาย | ง่าย | |
| 6. โทนสีกับความร้อน | ถามให้ทำนาย | ง่าย | |
| 7. การสูงขึ้นของระดับน้ำในกระบอกตวง | ถามให้ลงข้อสรุป | ปานกลาง | 2(1/1) |
| 8. การทดลองเกี่ยวกับขวดพลาสติก | ถามให้ลงข้อสรุป | ปานกลาง | |
| 9. การหลอมเหลวของเนยแข็ง | ถามให้ลงข้อสรุป | ปานกลาง | |
| 10. พฤติกรรมของแม่ไก่ | ถามให้ลงข้อสรุป | ปานกลาง | 2(1/1) |
| 11. วัสดุที่ใช้ทำแก้วน้ำ | ถามให้ลงข้อสรุป | ปานกลาง | |
| 12. พื้นผิวกับการเคลื่อนที่ของแท่งไม้ | ถามให้ลงข้อสรุป | ปานกลาง | |
| 13. ดองผักกาดกับการแพร่ของสาร | ถามให้ระบุข้อกล่าวอ้าง | ปานกลาง | 2(1/1) |
| 14. ดินเบรียวของชาวนา | ถามให้ระบุข้อกล่าวอ้าง | ปานกลาง | |
| 15. การป้องกันการเกิดสนิม | ถามให้ระบุข้อกล่าวอ้าง | ปานกลาง | |
| | | | 10 (5/5) |


ตัวอย่างสถานการณ์ ข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนน ดังภาพประกอบ 13

ข้อที่ 1 การตกผลึกของสาร

การตกผลึกเป็นวิธีหนึ่งในการทำให้บริสุทธิ์ โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นในการตกผลึกของสารประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ 1. การเกิดเมล็ดผลึก (Nucleation) 2. การโตของผลึก (Crystal Growth) ซึ่งทั้งสองขั้นตอนเกิดขึ้นได้เฉพาะในสารละลายที่อิ่มตัวยิ่งยวดเท่านั้น โดยสารที่ต้องการตกผลึกจะต้องละลายได้น้อยในตัวทำละลายที่อุณหภูมิปกติ แต่สามารถละลายได้ดีในสารละลายเดียวกันที่อุณหภูมิสูง ซึ่งผลึกของสารบริสุทธิ์ส่วนใหญ่จะมีรูปร่างลักษณะเฉพาะ เช่น รูปเข็ม รูปแท่ง เป็นต้น


1.1 จากข้อมูลเกี่ยวกับ การตกผลึก ถ้าให้นักเรียนทำการทดลองการตกผลึกโดยนำน้ำตาลที่มีปริมาณต่างกันใส่ลงไปในบีกเกอร์ขนาดเท่ากันที่มีปริมาตรเท่ากับ 3 บีกเกอร์ จากนั้นวางทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นตัวลง ดังภาพ

ใส่น้ำตาล 100 กรัม




1

ใส่น้ำตาล 500 กรัม



2

ใส่น้ำตาลจนอิ่มตัว



3

นักเรียนคิดว่าบีกเกอร์ใดจะเกิดการตกผลึกของน้ำตาลได้รวดเร็วที่สุด (ถามให้นักเรียน)

ก. บีกเกอร์ที่ 1
ข. บีกเกอร์ที่ 2
ค. บีกเกอร์ที่ 3

1.2 จงให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบในข้อ 1.1 เพราะเหตุใดจึงคิดว่าบีกเกอร์นี้จะเกิดการตกผลึกน้ำตาลได้รวดเร็วที่สุด

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 1 “การตกผลึกของสาร”

| คะแนน | แนวคำตอบ |
|----------------------------------|--|
| 1.1 ข้อสรุป | |
| 1 | - ระบุคำตอบได้ถูกต้อง คือ เลือกข้อ ค. บีกเกอร์ที่ 3 |
| 0 | - ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ หรือตอบผิด โดยเลือกข้อ ก. หรือข้อ ข. |
| 1.2 เหตุผลสนับสนุนข้อสรุป | |
| 2 | มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ถูกต้อง พร้อมทั้งแสดงความเชื่อมโยงกับหลักการ/แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น - เพราะ การตกผลึกเกิดขึ้นในสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด และบีกเกอร์ที่ 3 เป็นใบที่ใส่น้ำตาลจนอิ่มตัวในปริมาตร ดังนั้นเมื่อกลับเข้าสู่อุณหภูมิปกติ น้ำตาลในบีกเกอร์ที่ 3 จะละลายจะลดลง ทำให้เกิดส่วนที่ไม่ละลายเป็นเมล็ดผลึก และผลึกเริ่มโตจนตกผลึก - เพราะ การตกผลึกเกิดขึ้นในสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวด และบีกเกอร์ที่ 3 ใส่น้ำตาลจนอิ่มตัว ดังนั้น บีกเกอร์ที่ 3 จะเกิดการตกผลึกได้รวดเร็วที่สุด |
| 1 | มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ถูกต้อง แต่ไม่แสดงความเชื่อมโยงกับหลักการ/แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น - เพราะ การตกผลึกเกิดขึ้นเฉพาะในสารละลายที่อิ่มตัวยิ่งยวด - เพราะ ใส่น้ำตาลจนอิ่มตัว |
| 0 | ไม่มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุป หรือ แสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น - เพราะ มีสารอื่นตัว - เพราะ มีน้ำตาลเยอะที่สุด |

ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างสถานการณ์ ข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนน

4. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

5. นำแบบวัดความสามารถที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ทั่วไป ผู้เชี่ยวชาญด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความเหมาะสมของข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนต่อการนำไปใช้ พบว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (IOC) มากกว่า 0.5 โดยข้อคำถามในแบบวัดที่พัฒนาขึ้นมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 และมีค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.00 – 5.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์และสามารถนำไปใช้ได้

6. นำแบบวัดความสามารถที่ปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความยาก (P) ค่าอำนาจจำแนก (D) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดโดยความยากและอำนาจจำแนกใช้เทคนิค 33 เปอร์เซ็นต์ (สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์, 2547) พบว่าค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.43 – 0.67 และค่าความเชื่อมั่นวิเคราะห์จากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) เท่ากับ 0.92 ซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์ 0.7 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544) จึงถือว่ามีค่าความเชื่อมั่นสูง (แสดงดังภาคผนวก ง)

7. คัดเลือกข้อคำถามจำนวน 10 ข้อ โดยพิจารณาจากค่าความยากอยู่ในช่วงค่อนข้างง่ายถึงปานกลาง ($P = 0.40 - 0.65$) ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วงค่อนข้างสูงถึงสูง ($D = 0.43 - 0.67$)

8. ทำการแบ่งข้อสอบออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 5 ข้อ ในลักษณะข้อสอบคู่ขนาน เพื่อใช้ในการวัดความสามารถดังกล่าวก่อนและหลังเรียน โดย

ข้อสอบชุด A มีความยากอยู่ระหว่าง $0.45 - 0.57$ ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง $0.47 - 0.67$ และค่าความเชื่อมั่นที่วิเคราะห์โดยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.73 ซึ่งมีความเชื่อมั่นสูง

ข้อสอบชุด B มีความยากอยู่ระหว่าง $0.40 - 0.53$ ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง $0.47 - 0.60$ และค่าความเชื่อมั่นที่วิเคราะห์โดยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.77 ซึ่งมีความเชื่อมั่นสูง

ชุด A

1. ทำไม้ไฟจิ้งจิด ($P=0.75, D=0.67$)
2. วัสดุที่ใช้ทำแก้วน้ำ ($P=0.53, D=0.47$)
3. พฤติกรรมของแม่ไก่ ($P=0.45, D=0.57$)
4. การป้องกันการเกิดสนิม ($P=0.45, D=0.57$)
5. การสูงขึ้นของระดับน้ำในกระบอกตวง ($P=0.47, D=0.53$)

ชุด B

1. ดินเปรี้ยวของชาวนา ($P=0.40, D=0.60$)
2. การหักเหของแสง ($P=0.53, D=0.47$)
3. ดองผักกาดกับการแพร่ของสาร ($P=0.45, D=0.50$)
4. ฟันผิวกับการเคลื่อนที่ของแท่งไม้ ($P=0.43, D=0.53$)
5. การทดลองเกี่ยวกับขวดพลาสติก ($P=0.47, D=0.53$)

9. นำแบบวัดทั้ง 2 ชุด มาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า แบบวัดของชุด A และชุด B มีความสัมพันธ์กันในทางบวก ($r = 0.70$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.05$ จึงเป็นแบบวัดที่มีความเป็นคู่ขนาน สามารถนำไปใช้วัดก่อนและหลังเรียนทดแทนกันได้

10. นำแบบวัดให้ครูที่สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นตรวจตามเกณฑ์การให้คะแนน จำนวน 5 ท่าน โดยวิธีสุ่มแบบวัดดังกล่าว จำนวน 1 ชุด แล้วคำนวณหาความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) ของการให้คะแนนนักเรียนระดับชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินอยู่ระหว่าง 0.88 – 0.99 ซึ่งอยู่ในระดับมากกว่า .8 จึงจะถือว่าใช้ได้ (Landis & Koch, 1977)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้คำนึงถึงจริยธรรมในการวิจัยอยู่เสมอซึ่งมีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

3.1 ผู้ช่วยวิจัยซึ่งไม่ใช่ผู้สอนชี้แจงให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยและการดำเนินการวิจัยให้นักเรียนเข้าใจ จากนั้นนักเรียนและผู้ปกครองกรอกใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยตามความสมัครใจ

3.2 ผู้สอนในฐานะผู้วิจัยชี้แจงเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน และการประเมินผล

3.3 ผู้สอนเก็บคะแนนก่อนเรียน โดยนำแบบวัดความสามารถให้นักเรียนทำเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนจัดกิจกรรม

3.4 นักเรียนเรียนเรื่องสารรอบตัวใน 4 เนื้อหา ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดจำนวน 12 ชั่วโมง

3.5 ในขณะที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน บันทึกภาพในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม เก็บรวบรวมใบงานของนักเรียน และบันทึกหลังสอนจบแต่ละแผน

3.6 เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว นำแบบวัดความสามารถฉบับเดิมทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนกลุ่มเดิมอีกครั้ง

3.7 นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ทั้งจากแบบวัดความสามารถ แบบบันทึกหลังการสอน และใบงานนักเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ร่วมกับข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ ใบงานของนักเรียน แบบบันทึกหลังการสอน เพื่อตอบคำถามวิจัยที่ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง สารรอบตัว สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่ อย่างไร โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้

4.1 จุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว

1) นำข้อมูลแบบวัดก่อนเรียนและหลังเรียน ตรวจสอบให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนดไว้ จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) นำคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบด้วยสถิติการทดสอบค่าที่ (t-test for dependent) ($t = -7.44, p = .00$) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนด้วยการสืบเสาะความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียน

3) นำคะแนนของนักเรียนเป็นรายบุคคลมาเทียบกับเกณฑ์เพื่อแปลเป็นระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 7 จากนั้นหำร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับก่อนและหลังเรียน เปรียบเทียบระดับก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กราฟแท่ง

ตาราง 7 เกณฑ์การแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถ (Lawson, 2009)

| ช่วงคะแนน | ระดับความสามารถ |
|-----------|-----------------|
| 0 - 3 | ปรับปรุง |
| 4 - 7 | พอใช้ |
| 8 - 11 | ดี |
| 12 - 15 | ดีมาก |

4.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัยที่ 2 เพื่ออธิบายว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างไร

ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สอน ใบงานของนักเรียน แบบบันทึกหลังการสอน โดยวิธีวิเคราะห์แบบ Thematic analysis (Miles & Huberman, 1994) ดังนี้

1) จัดระบบข้อมูลและแยกประเภทของข้อมูล ผู้วิจัยเริ่มต้นที่การถอดข้อความจากใบงานของนักเรียน แบบบันทึกหลังการสอน โดยถอดข้อความ และจัดพิมพ์ข้อมูลในรูปแบบไฟล์ข้อมูลในคอมพิวเตอร์ที่ตั้งรหัสผ่าน และมีเพียงผู้วิจัยที่เปิดอ่านข้อมูลได้ ผู้วิจัยอ่านข้อมูลทั้งหมดและอ่านหลายๆ ครั้ง อย่างพิถีพิถัน จากการจัดกิจกรรม การตอบคำถามและการให้เหตุผลของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการสอน

2) การกำหนดรหัสข้อมูล ผู้วิจัยจำแนกข้อมูล เป็นหัวข้อย่อย ๆ โดยกำหนดรหัสข้อมูลแต่ละหัวข้อที่มีความหมายเฉพาะด้วยสัญลักษณ์หรือรหัสข้อมูลแทนการใช้นามจริงของกลุ่มตัวอย่าง

3) การให้ความหมาย ตีความของข้อมูล ผู้วิจัยเชื่อมโยง เปรียบเทียบความคิดในการให้เหตุผลของนักเรียนและการให้ความหมายที่ปรากฏอยู่ในข้อความ โดยยึดใจความที่เข้ากันได้และแสดงถึงเนื้อหาหรือความหมายเดียวกัน และมีการเชื่อมโยงให้เป็นเรื่องเป็นราวโดยอาศัยความสัมพันธ์ของหัวข้อต่าง ๆ และมีการตรวจสอบการให้เหตุผลกับข้อมูลที่มีอยู่ว่าข้อสรุปนั้นมีความถูกต้องตรงประเด็น และน่าเชื่อถือมากเพียงใด

4) การแสดงข้อมูล จัดกลุ่มข้อมูล ผู้วิจัยใช้แผนที่ความคิด แสดงความเชื่อมโยงของข้อมูลแต่ละหัวข้อย่อยที่จัดระเบียบแล้วเข้าด้วยกัน เพื่อระบุความหมายของข้อมูลที่ศึกษา

5) การนำเสนอข้อมูล การนำเสนอข้อค้นพบแยกตามหมวดหมู่และมีการแสดงข้อความหรือหลักฐานในการสนับสนุนสิ่งที่นำเสนอ และลงข้อสรุปพร้อมกัน

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 สถิติพื้นฐาน

5.1.1 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean)

การหาค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 323)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=0}^n X_i}{n}$$

| | | | |
|-------|--------------------|-----|----------------------------|
| เมื่อ | \bar{X} | แทน | คะแนนเฉลี่ย |
| | $\sum_{i=0}^n X_i$ | แทน | ผลรวมของคะแนนทั้งหมด |
| | n | แทน | จำนวนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา |

5.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2559, น.325)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

| | | | |
|-------|--------------|-----|---------------------------------|
| เมื่อ | $S.D.$ | แทน | ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน |
| | $\sum x^2$ | แทน | ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง |
| | $(\sum x)^2$ | แทน | ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง |
| | n | แทน | จำนวนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา |

5.2 สถิติที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาคุณภาพเครื่องมือ

5.2.1 ค่าความเที่ยงตรง (Validity)

การหาค่าความเที่ยงตรงของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้สูตรค่าความสอดคล้อง IOC (ไพศาล วรคำ, 2559, น.269)

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

| | | | |
|-------|----------|-----|-------------------------------------|
| เมื่อ | IOC | แทน | ดัชนีความสอดคล้อง |
| | $\sum R$ | แทน | ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด |
| | N | แทน | จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ |

5.2.2 ค่าความยาก (Difficulty)

การหาค่าความยากของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คำนวณได้จากคะแนนของนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำด้วยเทคนิค 33% ที่มีสูตรดังนี้ (Pal, 2012, p. 132)

$$P = \frac{R_H + R_L}{2}$$

| | | | |
|-------|-------|-----|----------------------------------|
| เมื่อ | P | แทน | ค่าความยาก |
| | R_H | แทน | จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง |
| | R_L | แทน | จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ |

5.2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)

การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คำนวณได้จากคะแนนของนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำด้วยเทคนิค 33% ที่มีสูตรดังนี้ (Pal, 2012, p. 303)

$$D = \frac{R_H - R_L}{n}$$

| | | | |
|-------|-------|-----|--|
| เมื่อ | D | แทน | ค่าอำนาจจำแนก |
| | R_H | แทน | จำนวนของนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง |
| | R_L | แทน | จำนวนของนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน |
| | n | แทน | จำนวนของนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน |

5.2.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability)

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient Method) (ไพศาล วรคำ, 2559, น. 288)

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right)$$

| | | | |
|-------|-------------------|-----|---------------------------------|
| เมื่อ | α | แทน | ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น |
| | K | แทน | จำนวนข้อคำถามทั้งหมด |
| | $\sum \sigma_i^2$ | แทน | ความแปรปรวนของข้อคำถามแต่ละข้อ |
| | σ_t^2 | แทน | ความแปรปรวนของข้อคำถามทั้งฉบับ |

ค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คำนวณโดยใช้สูตรคูเดอร์ ริชาร์ดสัน 20 (Kuder Richardson – 20, KR-20) ที่มีสูตรดังนี้ (Blerkom, 2017, p. 50)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[\frac{\sum_{i=0}^k p_i q_i}{s_t^2} \right]$$

| | | | |
|-------|----------|-----|------------------------------------|
| เมื่อ | r_{tt} | แทน | ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น |
| | k | แทน | จำนวนข้อคำถามทั้งหมด |
| | p | แทน | สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในข้อหนึ่ง ๆ |
| | q | แทน | สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในข้อหนึ่ง ๆ |
| | s_t^2 | แทน | ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด |

5.2.5 ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation)

การหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ วิเคราะห์ได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ที่คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 200)

$$r_{xy} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n\sum X^2) - (\sum X)^2(n\sum Y^2) - (\sum Y)^2}}$$

| | | | |
|-------|------------|-----|---------------------------------------|
| เมื่อ | r_{xy} | แทน | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน |
| | $\sum X$ | แทน | ผลรวมของคะแนนของแบบวัดฉบับที่ 1 |
| | $\sum Y$ | แทน | ผลรวมของคะแนนของแบบวัดฉบับที่ 2 |
| | $\sum XY$ | แทน | ผลรวมของผลคูณของคะแนนแบบวัด 2 ฉบับ |
| | $\sum X^2$ | แทน | ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแบบวัดฉบับ 1 |
| | $\sum Y^2$ | แทน | ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแบบวัดฉบับ 2 |
| | n | แทน | จำนวนของนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา |

5.3 สถิติอ้างอิง

5.3.1 การทดสอบค่าที (t-test for dependent)

การเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว โดยใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น.109)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{(N-1)}}}$$

| | | | |
|-------|----|-----|---------------------------------|
| เมื่อ | D | แทน | ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่ |
| | N | แทน | จำนวนคู่ |
| | df | แทน | ความเป็นอิสระมีค่าเท่ากับ N-1 |

6. การดำเนินการด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นงานวิจัยในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาซึ่งต้องมีการดำเนินการศึกษาวิจัยในมนุษย์ จึงมีความจำเป็นต้องวางแผนงานวิจัยและระมัดระวังอย่างละเอียดรอบคอบ ผู้วิจัยได้ผ่านการฝึกอบรมโครงการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เรื่อง “หลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์” (Ethical Principle to Research Involving Human Subject) และได้ดำเนินการขอการรับรองโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้วก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล หนังสือรับรองเลขที่ SWUEC/E/G-197/2564

ก่อนการเก็บข้อมูลวิจัยกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในระหว่างวันที่ 16 พฤษภาคม 2564 – 30 สิงหาคม 2564 และผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยไปยังสถานศึกษา

การวิจัยนี้ปฏิบัติตามหลักจริยธรรมการวิจัยในคนทั่วไป ตามหลัก 3 ประการ ดังนี้

6.1 หลักเคารพในบุคคล (Respect for person)

ผู้วิจัยแจกเอกสารซึ่งประกอบด้วย เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้กับนักเรียน แล้วทำการชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับโครงการวิจัยและเอกสารทั้ง 2 ฉบับ อย่างละเอียด หากนักเรียนไม่เข้าใจในหัวข้อใด สามารถสอบถามเพื่อให้ผู้วิจัยอธิบายอีกครั้งอย่างละเอียด และยังไม่บังคับให้นักเรียนลงลายมือชื่อในเอกสาร โดยนักเรียนสามารถนำเอกสารทั้ง 2 ฉบับ กลับไปทำการศึกษาอย่างละเอียดอีกครั้งที่บ้าน เพื่อปรึกษาหารือกับผู้ปกครองหรือเพื่อนสนิทเพื่อช่วยในการตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย โดยเฉพาะการทำความเข้าใจเกี่ยวกับประโยชน์และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมวิจัยที่สำคัญ ผู้วิจัยชี้แจงให้นักเรียน

ทราบว่าจะสามารถถอนตัวออกจากกรวิจัยได้ทุกเมื่อ โดยไม่มีผลต่อการประเมินผลการเรียนแต่อย่างใด และไม่นำข้อมูลส่วนนั้นมาวิเคราะห์ผลการวิจัย นอกจากนี้ ในการบันทึกข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยมีการใช้รหัสแทนชื่อและข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยผู้วิจัยพยายามรักษาความลับผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ส่วนตัวมีรหัสป้องกัน ผู้อื่นไม่สามารถเปิดได้

6.2 หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตราย (Beneficence, Non-maleficence)

ผู้วิจัยศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจนเข้าใจแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถนำมาใช้ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ผู้เข้าร่วมวิจัยนอกจากจะได้เรียนรู้เนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่กำหนดเช่นเดียวกับนักเรียนคนอื่น ๆ แล้วยังจะได้รับการพัฒนาในด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อีกด้วย

6.3 หลักยุติธรรม (Justice)

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยที่เน้นความเสมอภาคและไม่อคติต่อผู้เข้าร่วมวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนมีสิทธิ์ตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้หรือไม่อย่างเท่าเทียมกัน ที่สำคัญ ผู้วิจัยคำนึงถึงผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่อผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนอย่างเท่าเทียม และไม่โน้มเอียงให้เกิดประโยชน์ต่อกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเท่านั้น

บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้มุ่งพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเนื้อหาเรื่อง สารรอบตัว ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 2 ข้อ คือ

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว (ข้อมูลเชิงปริมาณ)

2. ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (ข้อมูลเชิงคุณภาพ)

โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว

ผู้วิจัยนำคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบด้วยสถิติการทดสอบค่าที (t-test for dependent samples) ซึ่งกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 ซึ่งได้ผลดังตาราง 8

ตาราง 8 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว ที่พัฒนาขึ้น

| ผลการทดสอบ | จำนวนนักเรียน | คะแนนเต็ม | คะแนนสูงสุด | คะแนนต่ำสุด | \bar{X} | S.D. | t | p |
|------------|---------------|-----------|-------------|-------------|-----------|------|-------|------|
| ก่อนเรียน | 80 | 15.00 | 13.00 | 3.00 | 8.79 | 2.88 | -7.44 | .00* |
| หลังเรียน | 80 | 15.00 | 15.00 | 5.00 | 10.45 | 2.16 | | |

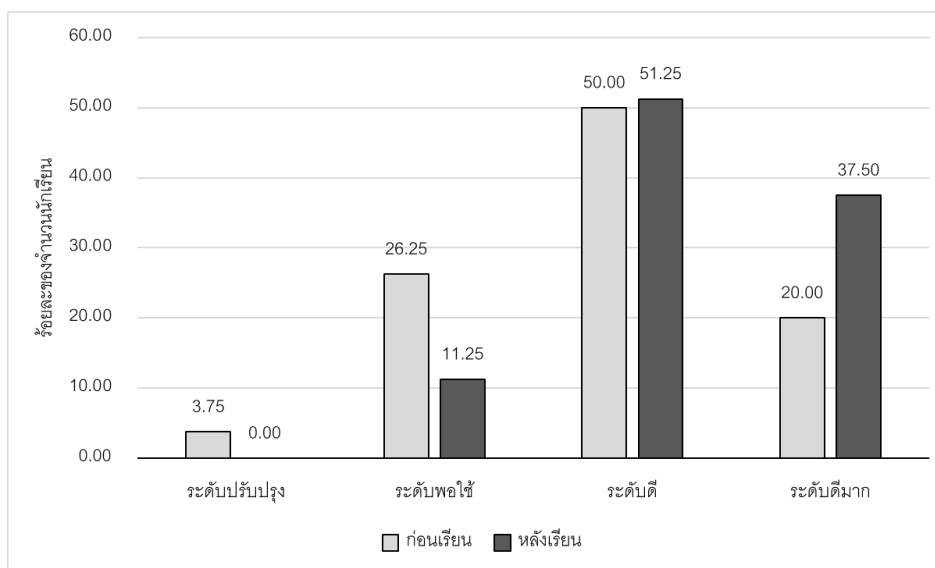
*p < .05

จากตาราง 8 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนหลังเรียน ($\bar{X} = 10.45$, S.D. = 2.16) ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่กำหนด สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X} = 8.79$, S.D. = 2.88) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = -7.44$, $p = .00$) โดยก่อนเรียนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาได้คะแนนสูงสุด 13.00 คะแนน และคะแนนต่ำสุดอยู่ที่ 3.00 คะแนน และภายหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่กำหนด นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาได้คะแนนสูงสุดเต็ม 15.00 คะแนน ส่วนคะแนนต่ำสุดขยับขึ้นมาอยู่ที่ 5.00 คะแนน แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคลไปจัดระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ ดังนี้

| | |
|--------------------------------|--|
| คะแนนรวมอยู่ในช่วง 0-3 คะแนน | มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุง |
| คะแนนรวมอยู่ในช่วง 4-7 คะแนน | มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ |
| คะแนนรวมอยู่ในช่วง 8-11 คะแนน | มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี |
| คะแนนรวมอยู่ในช่วง 12-15 คะแนน | มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก |

พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 50.00) มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี ถัดมาคือระดับพอใช้ (ร้อยละ 26.25) ระดับดีมาก (ร้อยละ 20.00) และระดับปรับปรุง (ร้อยละ 3.75) ตามลำดับ หลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 51.25) มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี ถัดมาคือระดับดีมาก (ร้อยละ 37.50) ระดับพอใช้ (ร้อยละ 11.25) และระดับปรับปรุง (ร้อยละ 0) ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 14



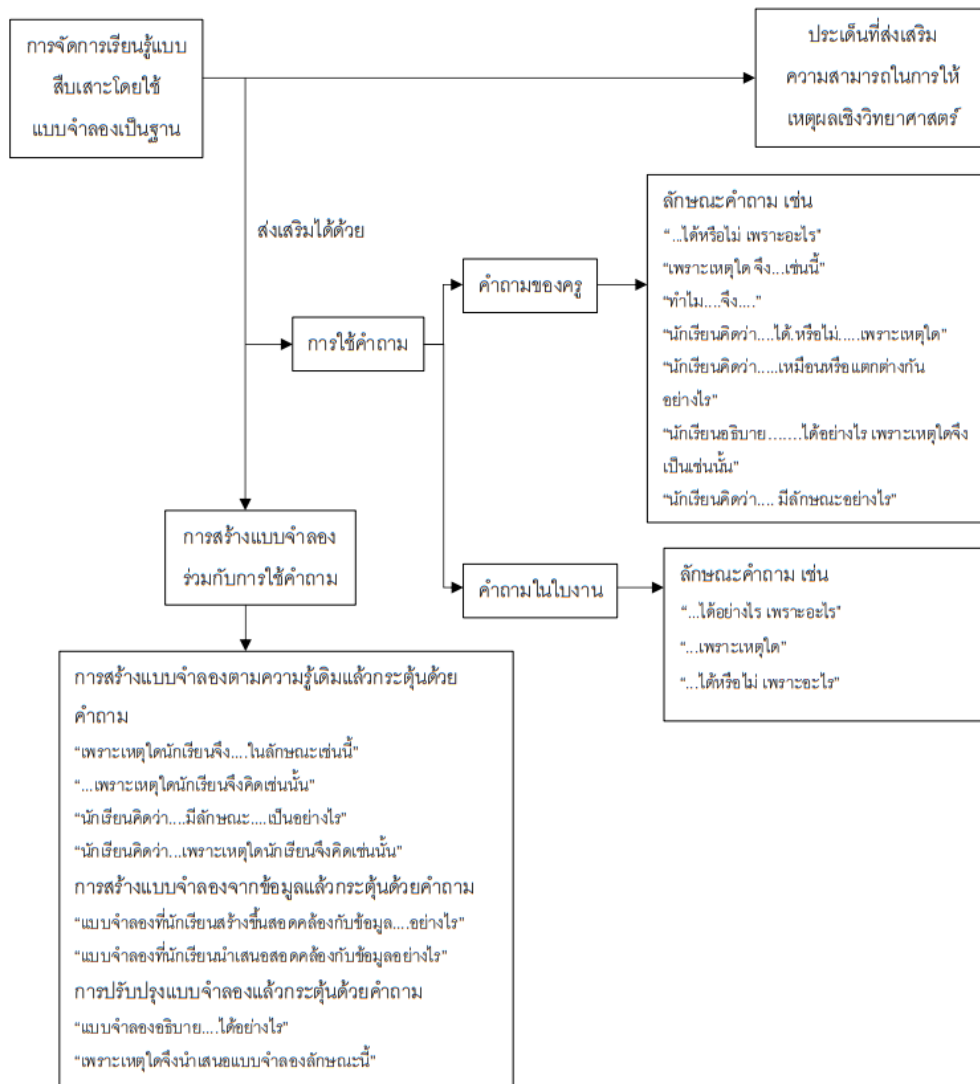
ภาพประกอบ 14 ร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 14 สังเกตได้ว่าหลังจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับปรับปรุงและระดับพอใช้มีจำนวนลดน้อยลง และไม่พบนักเรียนระดับปรับปรุง ในขณะที่ร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีและระดับดีมามีจำนวนเพิ่มมากขึ้น

เมื่อคิดจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีขึ้นไป พบว่า ก่อนเรียนคิดเป็นร้อยละ 70 หลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 88.75

2. ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์ Thematic analysis (Miles & Huberman, 1994) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้โดยการใช้คำถามกระตุ้น และการสร้างแบบจำลองร่วมกับการกระตุ้นด้วยคำถาม ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญในส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.1 การใช้คำถามกระตุ้น

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบประเด็นการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนแสดงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ 2 ประเด็น ได้แก่ การใช้คำถามของครูและการใช้คำถามในใบงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 การใช้คำถามของครู

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบประเด็นการใช้คำถามของครูเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีลักษณะคำถามได้แก่ “เพราะเหตุใดนักเรียนจึง...ในลักษณะเช่นนี้”, “นักเรียนคิดว่า...มีลักษณะ...เป็นอย่างไร เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น”, “นักเรียนคิดว่า...มีสถานะอะไร เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น”, “ปัจจัยใดทำให้...ปัจจัยดังกล่าวเกี่ยวข้องกับ...อย่างไร เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น” ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ในแผนการจัดการเรียนรู้และในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ครูได้ตั้งประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นนักเรียนแสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากความรู้เดิมและความรู้พื้นฐานในขั้นตอน 1 การสร้างความสนใจ ตัวอย่างเช่น

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อะตอม ธาตุและสารประกอบเกี่ยวข้องกันหรือไม่อย่างไร ชวนนำเข้าสู่บทเรียน ครูกระตุ้นด้วยการใช้บัตรคำเกี่ยวกับ อะตอม ธาตุและสารประกอบในชีวิตประจำวัน ได้แก่ แก๊สออกซิเจน, ฟลูออไรด์, แก๊สไนโตรเจน, อะตอม, โซเดียม, คาร์บอนไดออกไซด์, แคลเซียม เป็นต้น ให้นักเรียนจัดกลุ่มตามเกณฑ์ที่ตนเองกำหนด ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 นักเรียนจัดกลุ่มบัตรคำเกี่ยวกับ อะตอม ธาตุ และสารประกอบ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

จากนั้นครูกระตุ้นด้วยคำถาม “เพราะเหตุใดนักเรียนจึงจัดกลุ่มของบัตรคำ ในลักษณะเช่นนี้” (TN_LP1_S1) ให้นักเรียนอธิบายเหตุผล ตัวอย่างแนวคำตอบของนักเรียน เช่น

“ผมคิดว่าอะตอมน่าจะเป็นสิ่งที่เล็กมาก ๆ เพราะ สามารถมองไม่เห็นได้ ธาตุน่าจะใหญ่กว่าอะตอม เพราะ บางธาตุมองเห็นได้ และสารประกอบใหญ่ที่สุด เพราะ เกิดจากธาตุหลาย ๆ ตัวมารวมกัน” (TN_LP1_S1)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อะตอมมีลักษณะอย่างไร ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยให้นักเรียนเล่าจากประสบการณ์เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับธาตุต่าง ๆ พร้อมให้เหตุผลสนับสนุน ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 การเล่าประสบการณ์ของนักเรียนเกี่ยวกับธาตุต่าง ๆ
ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ประเด็นคำถามที่ครูใช้ คือ “นักเรียนคิดว่าภายในอะตอมมีลักษณะหน้าตาเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น” (TN_LP2_S1) ตัวอย่างแนวคำตอบนักเรียน เช่น

“ผมคิดว่าอะตอมมีขนาดเล็กมาก ๆ เพราะ อะตอมไม่สามารถมองเห็นได้ ตรงกลางมีนิวเคลียส ภายในนิวเคลียสมีโปรตอนและนิวตรอน โดยมีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบ ๆ” (TN_LP1_S1)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อนุภาคภายในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ต่างกันอย่างไร ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยด้วยการใช้รูปภาพ จากนั้นให้นักเรียนเล่าประสบการณ์ของตนเองเกี่ยวกับสถานะของสาร ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 การเล่าประสบการณ์ตามความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับสถานะของสาร ใน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ครูใช้คำถามว่า “นักเรียนคิดว่าภาพ (ได้แก่ ภาพไต้ะ ภาพหมอก ภาพน้ำในแก้ว ภาพก้อน
เมฆ เป็นต้น) ที่นักเรียนได้รับมีสถานะอะไร เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น” (TN_LP3_S1)
ตัวอย่างแนวคำตอบนักเรียน เช่น

“ได้ภาพน้ำที่อยู่ในแก้ว มีสถานะของเหลว เพราะ มีรูปร่างไม่คงที่ แต่ปริมาตรคงที่”
(TN_LP3_S1)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารอย่างไร ครู
นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการใช้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เช่น เหตุการณ์ธารน้ำแข็งโคลัมเบีย
ในรัฐอลาสกา ประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีปริมาณลดลง ดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 การเล่าประสบการณ์ตามความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับความร้อนมีผลต่อการ
เปลี่ยนแปลงสถานะของสาร ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ครูถามให้นักเรียนอธิบายและให้เหตุผลโดยใช้คำถาม “ปัจจัยใดทำให้ปริมาณน้ำแข็งลดลง ปัจจัยดังกล่าวเกี่ยวข้องกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะอย่างไร เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น” (TN_LP4_S1)

“หนูคิดว่า ความร้อน เพราะ ความร้อน ทำให้น้ำแข็ง เปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว” (TN_LP4_S1)

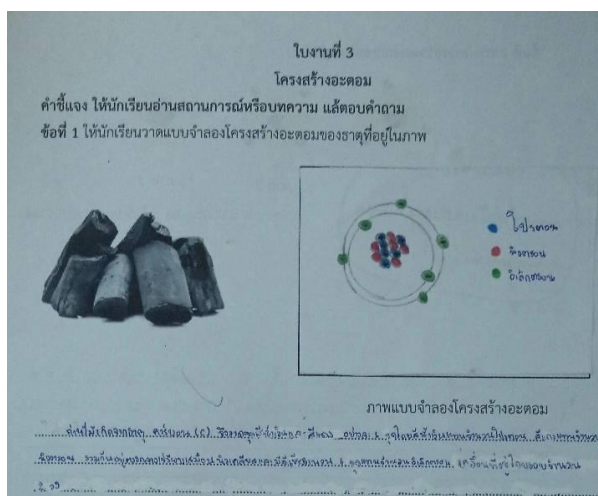
จะเห็นได้ว่า คำถามที่ครูใช้มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดที่เน้นให้นักเรียนระบุสิ่งที่คิดระบุกลุ่ม แล้วอธิบายว่าทำไมหรือเพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น ส่งผลให้นักเรียนพยายามหาหลักการหรือแนวคิดมาตอบ

2.1.2 การใช้คำถามในใบงาน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลคำถามที่ใช้ในใบงาน พบว่า คำถามได้แก่ “จากภาพ...เกี่ยวข้องกับ...อย่างไร”, “จากภาพ...เกี่ยวข้องกับ...อย่างไร เพราะเหตุใด”, “...นักเรียนคิดว่า...อยู่ในสถานะใด จงให้เหตุผลประกอบ”, “นักเรียนคิดว่าเหตุการณ์...เกี่ยวข้องกับ...อย่างไร จงให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบ” สามารถกระตุ้นการให้เหตุผลของนักเรียนได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ในการจัดการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ประเมิน ของทุกแผน ครูได้ยกตัวอย่างภาพที่เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันให้นักเรียนแต่ละคนอธิบาย พร้อมให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (TN_LP_S5) เพื่อประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล ตัวอย่างเช่น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อะตอม ธาตุและสารประกอบเกี่ยวข้องกับหรือไม่อย่างไร มีประเด็นคำถาม “จากภาพควันจากท่อไอเสียรถยนต์นี้ เกี่ยวข้องกับอะตอม ธาตุ และสารประกอบในชีวิตประจำวัน ได้อย่างไร” (W3_LP1) ซึ่งตัวอย่างคำตอบของนักเรียน (ภาพประกอบ 20) มีดังนี้



ภาพประกอบ 21 ตัวอย่างการอธิบายและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมของธาตุที่พบในชีวิตประจำวัน ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2

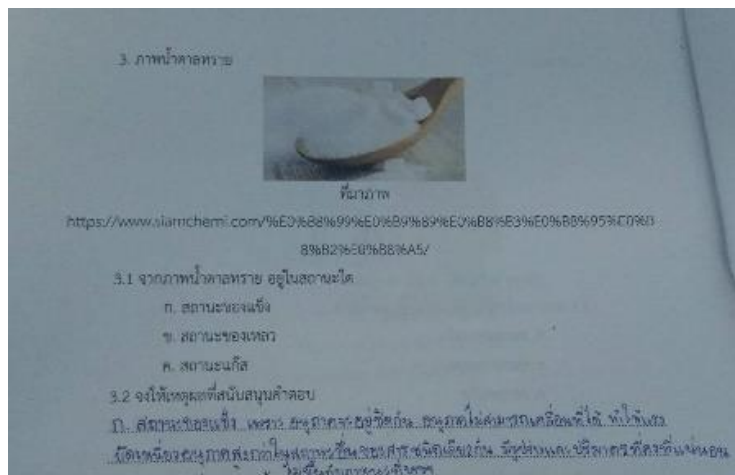
“ถ่านไม่เกิดจากธาตุคาร์บอน (C) จึงวาดจุดสีน้ำเงินและสีแดงอย่างละ 6 จุด โดยสีน้ำเงินแทนจำนวนโปรตอน สีแดงแทนจำนวนนิวตรอน รวมกันอยู่ตรงกลางเปรียบเสมือนนิวเคลียสและมีสีเขียวจำนวน 6 จุด แทนจำนวนอิเล็กตรอน เคลื่อนที่อยู่โดยรอบจำนวน 2 วง” (W3_LP2)(sd18)

“ถ่าน มีอะตอมของธาตุคาร์บอน (C) เพราะ ประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน เคลื่อนที่อยู่โดยรอบ” (W3_LP2)(sd26)

“อะตอมมีนิวเคลียส ประกอบด้วยโปรตอน มีนิวตรอนวิ่งรอบ” (W3_LP2)(sd12)

“อะตอมของเคมี ภายในนิวเคลียสประกอบด้วยโปรตอนละ 2 นิวตรอน มีอิเล็กตรอนที่โปรตอน” (W3_LP2)(sd16)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อนุภาคภายในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ต่างกันอย่างไร มีประเด็นคำถามว่า “จากโจทย์ที่กำหนด นักเรียนคิดว่าภาพน้ำตาลทรายอยู่ในสถานะใด จงให้เหตุผลประกอบ” (W3_LP3) ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน (ภาพประกอบ 22) มีดังนี้



ภาพประกอบ 22 ตัวอย่างการอธิบายและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับอนุภาคของแข็งของเหลว และแก๊สที่พบในชีวิตประจำวัน ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 3

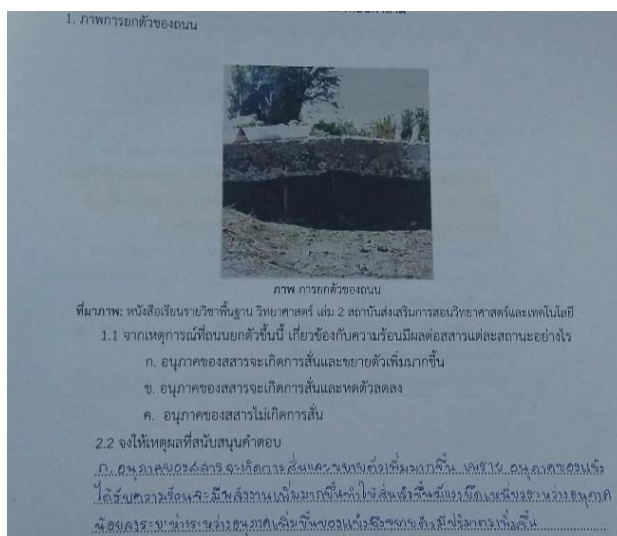
“ตอบ ก. สถานะของแข็ง เพราะ อนุภาคจะอยู่ชิดกัน อนุภาคไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวอนุภาคสูงกว่าในสถานะอื่นของสารชนิดเดียวกัน มีรูปร่างและปริมาตรที่คงที่แน่นอน ไม่ขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ” (W3_LP3)(sd34)

“ตอบ ก. สถานะของแข็ง เพราะ อนุภาคจะอยู่ชิดกัน อนุภาคไม่สามารถเคลื่อนที่ได้” (W3_LP3)(sd16)(sd25)

“ตอบ ก. สถานะของแข็ง เพราะ สามารถจับได้” (W3_LP3)(sd30)

“ตอบ ก สถานะของแข็ง เพราะ อนุภาคอยู่ชิด ไม่สามารถทำแรง....มีรูปร่างคงที่” (W3_LP3)(sd11)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารอย่างไร มีประเด็นคำถาม “จากโจทย์ที่กำหนด นักเรียนคิดว่าเหตุการณ์ที่ถนนยกตัวขึ้นนี้ เกี่ยวข้องกับความร้อนมีผลต่อสารแต่ละสถานะอย่างไร จงให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบ”(W3_LP4) ซึ่งตัวอย่างคำตอบของนักเรียน (ภาพประกอบ 23) เช่น



ภาพประกอบ 23 ตัวอย่างการอธิบายและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารที่พบในชีวิตประจำวัน ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 4

“ตอบ ก. อุณหภูมิของสสารจะเกิดการสั่นและเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น เพราะ อุณหภูมิของของแข็งได้รับความร้อนจะมีพลังงานเพิ่มขึ้นทำให้สั่นเร็วขึ้นมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยลงระยะห่างระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้นของแข็งจึงขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มขึ้น” (W3_LP4)(sd41)

“ตอบ ก. อุณหภูมิของสสารจะเกิดการสั่นและเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น เพราะ อุณหภูมิของของแข็งได้รับความร้อนจะมีพลังงานเพิ่มขึ้นทำให้สั่น” (W3_LP4)(sd35)

“ตอบ ก. อุณหภูมิของสสารจะเกิดการสั่นและเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น เพราะ เป็นอุณหภูมิของของแข็ง” (W3_LP4)(sd39)

“ตอบ ก. อุณหภูมิของสสารจะเกิดการสั่นและเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น เพราะ อุณหภูมิของแข็งได้รับความร้อน มีพลังงานเพิ่มขึ้น” (W3_LP4)(sd23)

จะเห็นว่าคำถามที่ใช้ได้แก่ “จากภาพ....เกี่ยวข้องกับ....อย่างไร”, “จากภาพ....เกี่ยวข้องกับ....อย่างไร เพราะเหตุใด”, “....นักเรียนคิดว่า....อยู่ในสถานะใด จงให้เหตุผลประกอบ”, “นักเรียนคิดว่าเหตุการณ์....เกี่ยวข้องกับ....อย่างไร จงให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบ” ในใบงาน ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนนำองค์ความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาใช้อธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน ช่วยให้นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์พร้อมให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยเชื่อมโยงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์

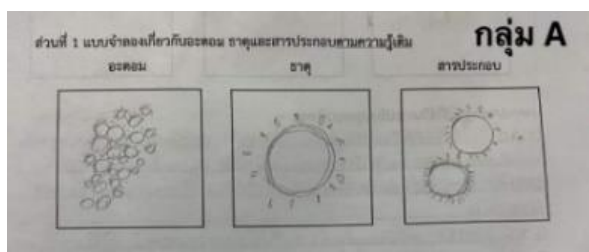
2.2 การสร้างแบบจำลองร่วมกับการกระตุ้นด้วยคำถาม

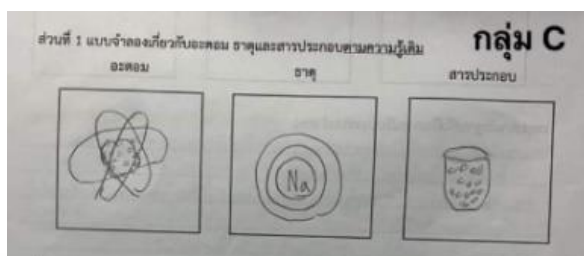
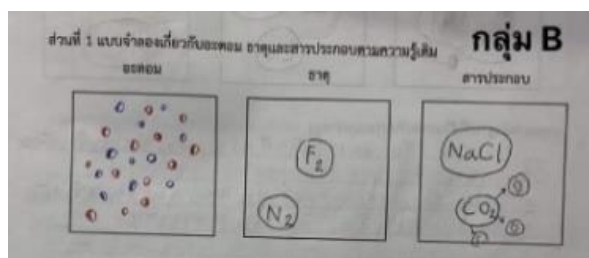
การให้นักเรียนได้สร้างและปรับปรุงแบบจำลองพร้อมกับการกระตุ้นด้วยคำถาม พบว่า ทำให้นักเรียนได้แสดงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยสามารถแยกได้เป็น 4 ประเด็น ได้แก่ การแสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการสร้างแบบจำลองตามความรู้เดิม การแสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการสร้างแบบจำลองจากข้อมูลหลักฐานที่ได้จากการสืบค้น การแสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการปรับปรุงแบบจำลองหลังจากได้ข้อสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันทั้งชั้นและการแสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการปรับปรุงแบบจำลองหลังจากการโต้แย้ง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การแสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการสร้างแบบจำลองตามความรู้เดิม

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองชั่วคราว ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองจากความรู้และประสบการณ์เดิมของตนเอง ในขั้นตอนที่ 1 โดยนักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน แบบละความสามารถ กล่าวคือ มีทั้งนักเรียนเก่ง กลาง อ่อน และนักเรียนบกพร่องทางการเรียนรู้อยู่ในกลุ่มเดียวกันแล้วสร้างแบบจำลองร่วมกับการกระตุ้นด้วยคำถาม คือ เพราะเหตุใดนักเรียนจึงสร้างแบบจำลองเช่นนั้น ตัวอย่างเช่น

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อะตอม ธาตุและสารประกอบเกี่ยวข้องกับหรือไม่ว่างไร ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างแบบจำลองอะตอม ธาตุและสารประกอบของกลุ่มตามความรู้เดิมของตนเอง (W1_LP1) ดังภาพประกอบ 24





ภาพประกอบ 24 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบตามความรู้เดิม การจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1

เมื่อนักเรียนสร้างแบบจำลองตามความรู้เดิมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ครูถามเกี่ยวกับแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม (W1_LP1_S1) (TN_LP1_S1) ตัวอย่างเช่น

ครู “เพราะเหตุใดนักเรียนจึงวาดรูปแบบจำลองอะตอม ธาตุ และสารประกอบในลักษณะดังรูป”

นักเรียนกลุ่ม A “... เพราะ อะตอม คือ หน่วยที่เล็กที่สุดของสาร และมีสิ่งที่เล็กกว่าเกาะอยู่รอบ ๆ จึงวาดรูปเป็นวงกลมเล็ก ๆ และมีจุดรอบ ๆ ส่วนธาตุ คือ สารที่ไม่มีอะไรเจือปน มีลักษณะคล้ายกับอะตอม จึงวาดรูปเป็นวงกลมขนาดใหญ่ มีจุดรอบ ๆ อยู่อันเดียว และสารประกอบ คือ สารกับสาร รวมเป็นสารประกอบ จึงวาดรูปเป็นวงกลมของธาตุ 2 ตัวมาอยู่ด้วยกัน”

นักเรียนกลุ่ม B “... เพราะ อะตอม คือ หน่วยที่เล็กที่สุดของสาร มี

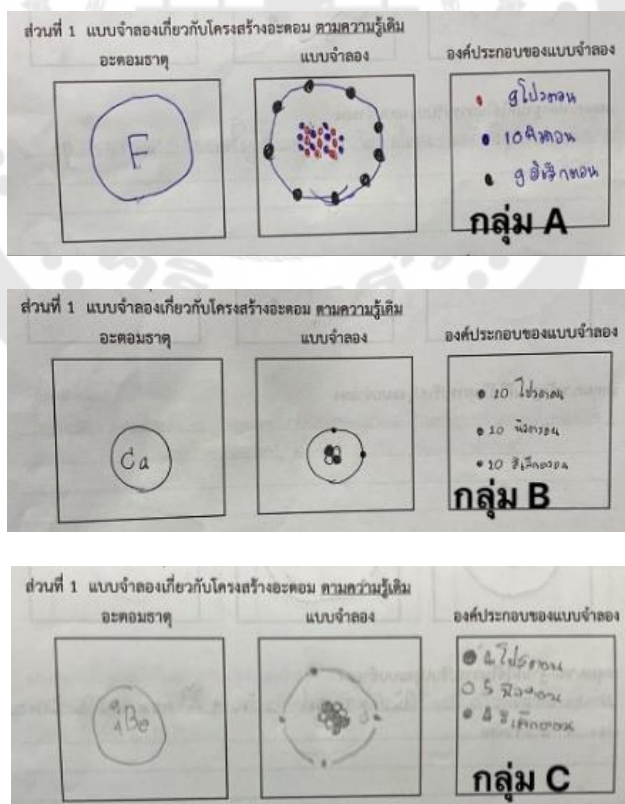
ขนาดเล็กมาก ๆ มีมากกว่า 1 ชนิด ส่วนธาตุ คือ สารที่มีแค่ 1 ชนิด รวมกันอยู่ และสารประกอบ คือ สารหลาย ๆ ชนิดรวมกันซึ่งแยกจากกันได้”

นักเรียนกลุ่ม C

“... เพราะ อะตอม คือ เล็กที่สุด มีวงแหวนวิ่งอยู่รอบ ๆ ส่วนธาตุ คือ สารชนิดเดียวที่ใหญ่ขึ้นและมีวงแหวนล้อมรอบ และสารประกอบ คือ สารหลาย ๆ ชนิดรวมกันอยู่ในภาชนะ”

จะเห็นว่าแต่ละกลุ่มให้เหตุผลในการสนับสนุนการสร้างแบบจำลองของกลุ่มตนเอง โดยพยายามเชื่อมโยงกับหลักการหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตอบคำถาม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อะตอมมีลักษณะอย่างไร ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างแบบจำลองโครงสร้างอะตอมของกลุ่มตามความรู้เดิม (W1_LP2) ดังภาพประกอบ 25



ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม ตามความรู้เดิมในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2

เมื่อนักเรียนสร้างแบบจำลองตามความรู้เดิมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ครูถามเกี่ยวกับแบบจำลอง
ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม (TN_LP2_S1) ตัวอย่างเช่น

ครู “เพราะเหตุใดนักเรียนจึงวาดรูปแบบจำลองโครงสร้าง
อะตอม ดังรูป”

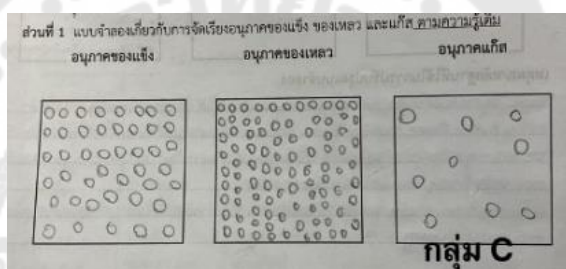
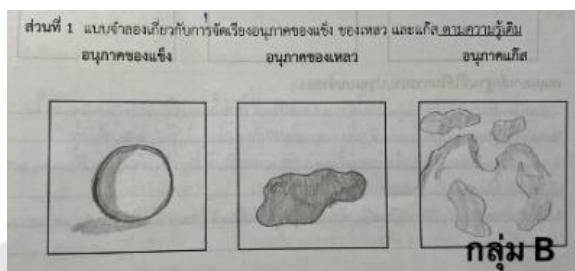
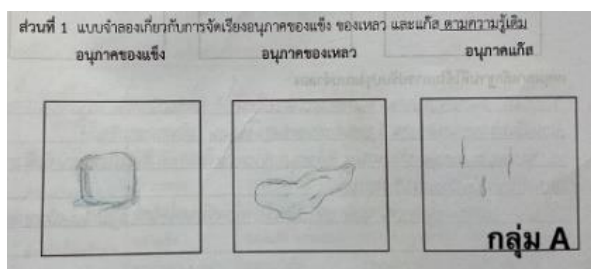
นักเรียนกลุ่ม A “...เพราะ อะตอมธาตุของกลุ่มผม คือ ฟลูออรีน (F) ซึ่ง
แบบจำลองที่กลุ่มผมวาดขึ้นนั้น มีลักษณะเป็นวงกลมสีแดงและ
สีน้ำเงิน แทนจำนวนโปรตอนและจำนวนนิวตรอนรวมกันอยู่ตรง
กลางและมีสีน้ำเงินวงนอกแทนจำนวนอิเล็กตรอน จึงสร้าง
แบบจำลองในลักษณะนี้ขึ้น”

นักเรียนกลุ่ม B “...เพราะ ธาตุแคลเซียมตามแบบจำลองที่กลุ่มหนูวาด
มีลักษณะเป็นวงกลมสีน้ำเงินและสีขาวรวมกันอยู่ตรงกลางแทน
จำนวนของโปรตอนและนิวตรอนและมีวงกลมสีน้ำเงินวงเล็ก ๆ
อยู่รอบ ๆ แทนจำนวนของอิเล็กตรอน”

นักเรียนกลุ่ม C “... เพราะ แบบจำลองธาตุเบิลลิเลียมที่วาดขึ้นด้วย
ดินสอโดยวงกลมที่ระบายสีเข้มและสีขาวรวมอยู่ตรงกลางแทน
จำนวนโปรตอนและนิวตรอน มีวงกลมเล็ก ๆ สีเข้มแทนจำนวน
อิเล็กตรอน”

จะเห็นว่าแต่ละกลุ่มให้เหตุผลในการสนับสนุนการสร้างแบบจำลองของกลุ่มตนเอง โดย
พยายามเชื่อมโยงกับหลักการหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตอบคำถาม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อนุภาคภายในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ต่างกันอย่างไร
โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างแบบจำลองอนุภาคภายในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ตาม
ความรู้เดิม (W1_LP3) ดังภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับอนุภาคภายในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ตามความรู้เดิม ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 3

เมื่อนักเรียนสร้างแบบจำลองตามความรู้เดิมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ครูถามเกี่ยวกับแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม (TN_LP3_S1) ตัวอย่างเช่น

ครู “เพราะเหตุใดนักเรียนจึงวาดรูปแบบจำลองอนุภาคภายในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ดังรูป”

นักเรียนกลุ่ม A “... เพราะ ถ้าอยู่ในสถานะของแข็ง ก็เกิดการแข็งตัว กลายเป็นน้ำแข็ง ถ้าอยู่ในสถานะของเหลวก็จะกลายเป็นน้ำ และถ้าอยู่ในสถานะแก๊สก็จะกลายเป็นไอน้ำ”

นักเรียนกลุ่ม B “... เพราะ อนุภาคยึดติดกันแน่น ของเหลวจะมีลักษณะ

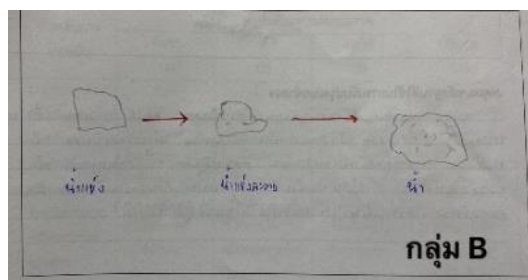
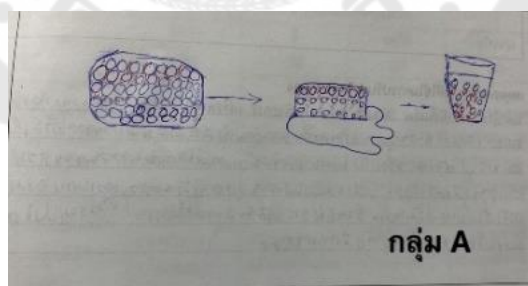
รูปร่างไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ เพราะอนุภาคจะอยู่ห่าง ๆ กัน ส่วนสถานะแก๊สจะมีรูปร่างและปริมาตรไม่คงที่ เพราะอนุภาคจะอยู่ห่างกันมาก ๆ ”

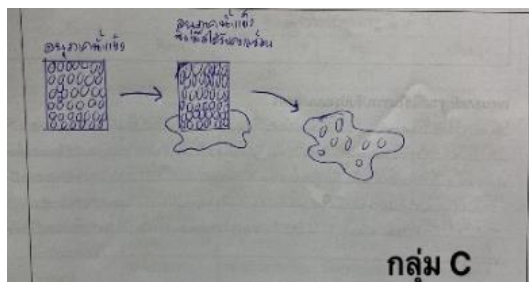
นักเรียนกลุ่ม C

“... เพราะมีแรงยึดเหนี่ยวกันมาก และอนุภาคของเหลวจะอยู่ห่างกัน เปลี่ยนรูปร่างไปตามภาชนะที่บรรจุ เพราะ มีแรงยึดเหนี่ยวน้อยกว่าของแข็ง ส่วนสถานะแก๊สอนุภาคจะอยู่ห่างกันมาก ๆ เพราะมีแรงยึดเหนี่ยวน้อยมาก”

จะเห็นว่าแต่ละกลุ่มให้เหตุผลในการสนับสนุนการสร้างแบบจำลองของกลุ่มตนเอง โดยพยายามเชื่อมโยงกับหลักการหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการตอบคำถาม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารอย่างไร ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารตามความรู้เดิม (W1_LP4) ดังภาพประกอบ 27





ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารตามความรู้เดิม ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 4

เมื่อนักเรียนสร้างแบบจำลองตามความรู้เดิมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ครูถามเกี่ยวกับแบบจำลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม (TN_LP4_S1) ตัวอย่างเช่น

ครู “เพราะเหตุใดนักเรียนจึงวาดรูปแบบจำลองความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสาร ดังรูป”

นักเรียนกลุ่ม A “...เพราะ เมื่อสารเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลวและจากของเหลวกลายเป็นแก๊ส จะต้องใช้พลังงานความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง”

นักเรียนกลุ่ม B “...เพราะ เมื่อสถานะของแข็งเปลี่ยนเป็นสถานะของเหลว และสถานะของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส จะต้องอาศัยความร้อนในการทำปฏิกิริยา”

นักเรียนกลุ่ม C “...เพราะ เมื่อสารทั้งสามสถานะมีการเปลี่ยนสถานะ จะต้องอาศัยพลังงานความร้อนทำให้อนุภาคของสารสั่นจนเกิดการเปลี่ยนสถานะใหม่ขึ้น”

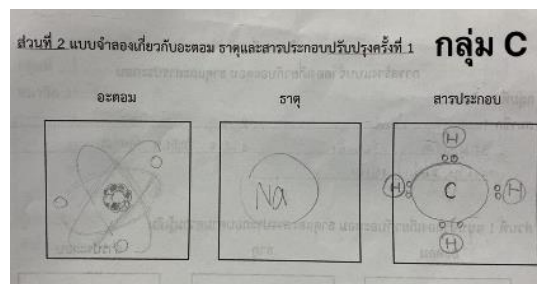
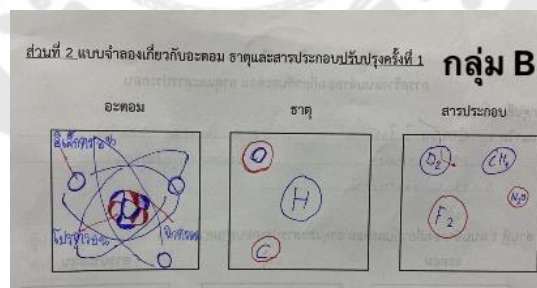
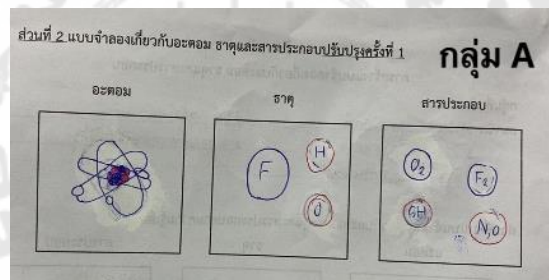
จะเห็นว่าเมื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองตามความคิดแล้วกระตุ้นด้วยคำถามว่า “เพราะเหตุใดจึงวาดรูปแบบจำลอง....ดังรูป” ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มพยายามแสดงเหตุผลสนับสนุนต่อข้อกล่าวอ้างในการสร้างแบบจำลองของกลุ่มตนเองโดยมีการเชื่อมโยงกับหลักการทางวิทยาศาสตร์เท่าที่ตนเองรู้มา

2.2.2 การแสดงผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการสร้างแบบจำลองจากข้อมูลหลักฐานที่ได้จากการสืบค้น

การให้นักเรียนสร้างแบบจำลองจากหลักฐานที่ได้จากการสืบค้นร่วมกับการกระตุ้นด้วยคำถาม ได้แก่ “แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมหรือไม่อย่างไร”, “แบบจำลองที่นักเรียนนำเสนอสอดคล้องกับข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมหรือไม่ อย่างไร”, “แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสอดคล้องกับข้อมูล...อย่างไร”, “แบบจำลองอธิบาย...ได้อย่างไร” ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ตัวอย่างเช่น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อะตอม ธาตุและสารประกอบเกี่ยวข้องกันหรือไม่อย่างไร

เมื่อนักเรียนศึกษาจากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ ม.1 เล่ม 1 และคลิปการทดลองแยกน้ำด้วยไฟฟ้าในขั้นที่ 2 สืบค้นและค้นหา จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น พร้อมให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ แสดงดังตัวอย่างภาพประกอบ 28



ภาพประกอบ 28 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลในการจัดการเรียนรู้
ครั้งที่ 1

- ครู “แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสอดคล้องกับ
ข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมหรือไม่ อย่างไร” (TN_LP1_S3)
- นักเรียนกลุ่ม A “ผมสร้างแบบจำลองอะตอมโดยวาดวงกลมตรงกลาง 2
สี และมีวงกลมเล็ก ๆ อีกอันเคลื่อนที่โดยรอบ เพราะ
อะตอม มีอนุภาคขนาดเล็กที่สุดของสาร ภายใน
ประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอนรวมอยู่ตรงกลาง มี
อิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบ ๆ หนูสร้างแบบจำลองธาตุ โดย
วาดวงกลมออกเป็น 2 สีพร้อมเขียนตัวอักษรธาตุนั้น ๆ
เพราะ จากการทดลองแยกน้ำด้วยไฟฟ้า ธาตุที่ได้ไม่
สามารถแยกออกไปได้อีก ดังนั้นจึงธาตุเป็นสารบริสุทธิ์
ประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานของเลขอะตอม”ผมสร้าง
แบบจำลองสารประกอบ โดยวาดคล้ายกับแบบจำลอง
ของธาตุ แบ่งออกเป็นวงกลม 2 สี ภายใน เขียน
ตัวอักษรธาตุที่มากกว่า 1 ชนิด เพราะ จากการทดลอง
พบว่า น้ำเป็นสารประกอบเกิดจากธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป
มารวมกัน ดังนั้น สารประกอบ เป็นสารเคมีที่เกิดจาก
ธาตุตั้งแต่สองตัวขึ้นไปมารวมกัน”
- นักเรียนกลุ่ม B “ผมสร้างแบบจำลองอะตอม โดยวาดวงกลมสี
แดงและสีน้ำเงินอยู่ตรงกลาง เปรียบเสมือนโปรตอน
และนิวตรอน และมีวงกลมสีขาววิ่งอยู่รอบ ๆ
เปรียบเสมือนอิเล็กตรอน เพราะ อะตอม มีขนาดเล็ก
ภายในประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอนเป็น
นิวเคลียสอยู่ตรงกลาง โดยมีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่โดยรอบ
นิวเคลียส สร้างแบบจำลองธาตุ โดยวาดเป็นวงกลมสี

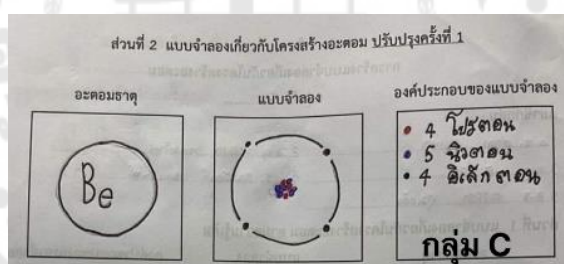
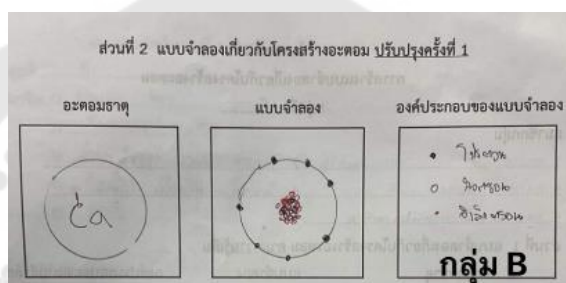
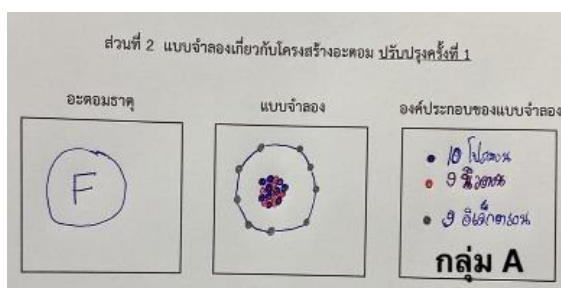
น้ำเงินและเขียนสัญลักษณ์ธาตุ F ส่วนวงกลมสีแดงเขียนสัญลักษณ์ธาตุ H และ O เพราะ ธาตุ คือสารบริสุทธิ์ที่มีขนาดใหญ่กว่าอะตอมและมีเพียงชนิดเดียว หนูสร้างแบบจำลองสารประกอบโดยวาดเป็นวงกลมสีแดงและสีน้ำเงิน ซึ่งภายในวงเขียนสัญลักษณ์ธาตุที่มีตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมกัน เพราะ สารประกอบเกิดจากธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดมารวมตัวกันโดยอาศัยปฏิกิริยาเคมี”

นักเรียนกลุ่ม C

“หนูสร้างแบบจำลองอะตอมโดยวาดด้วยดินสอเป็นวงกลมที่ระบายทึบกับไม่ระบายอยู่ตรงกลางเป็นนิวเคลียส และมีอิวกวงโคจรอยู่รอบ ๆ เพราะอะตอมประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอนรวมอยู่ตรงกลางเป็นนิวเคลียส และมีอิเล็กตรอนโคจรอยู่รอบ ๆ หนูสร้างแบบจำลองธาตุโดยวาดเป็นวงกลมแล้วเขียนตัวอักษร Na เป็นสัญลักษณ์ธาตุโซเดียม เพราะ ธาตุเป็นสารบริสุทธิ์จะมีเพียงสารชนิดเดียวเท่านั้น ผมสร้างแบบจำลองสารประกอบโดยวาดเป็นวงกลมของคาร์บอน (C) อยู่ตรงกลางและมีไฮโดรเจน (H) จับยึดอยู่กับคาร์บอน เพราะ จากการทดลองการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า น้ำเกิดจากธาตุ 2 ชนิด จัดเป็นสารประกอบ ซึ่งสารประกอบ คือ สารที่เกิดจากธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมตัวกัน โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีและมีอัตราส่วนผสมที่คงที่เสมอ สารชนิดใหม่นี้จะมีสมบัติแตกต่างจากสมบัติของธาตุที่เป็นองค์ประกอบเดิม”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อะตอมมีลักษณะอย่างไร นักเรียนค้นหาคำตอบเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมจากการศึกษาคลิปวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอมและการอ่านจากหนังสือเรียนอิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมในชั้นที่ 2 สํารวจและค้นหา จากนั้นในชั้นที่ 3

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างแบบจำลองจากข้อมูลหลักฐานที่ได้ ดังภาพประกอบ 29 (W1_LP2) แล้วนำเสนอแบบจำลองพร้อมให้เหตุผลประกอบ



ภาพประกอบ 29 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2

ครู “แบบจำลองที่นักเรียนนำเสนอสอดคล้องกับข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมหรือไม่ อย่างไร”

นักเรียนกลุ่ม A “ได้ทำการสร้างแบบจำลองอะตอมของธาตุฟลูออรีน โดยวาดวงกลมตรงกลาง 2 สี คือสีน้ำเงินและสีแดงอยู่ตรงกลางและมีวงกลมเล็ก ๆ สีดำอีกอันเคลื่อนที่โดยรอบ เพราะ วงกลมสีน้ำเงินแทนจำนวนของโปรตอน วงกลมสีแดงแทนจำนวนของนิวตรอนและ

วงกลมสีดำแทนจำนวนของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่อยู่ โดยรอบจิ้งเขียนเส้น 1 วง พร้อมระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอนของธาตุฟลูออรีนไว้ในช่อง องค์ประกอบของแบบจำลอง”

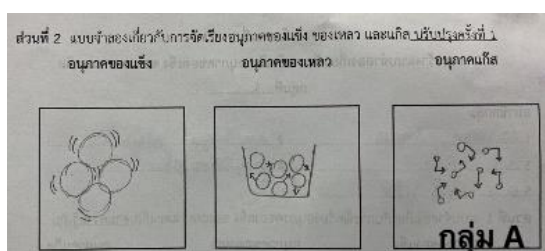
นักเรียนกลุ่ม B

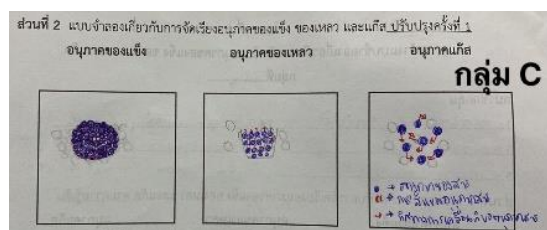
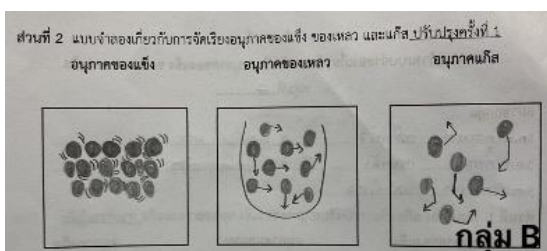
“ผมสร้างแบบจำลองอะตอมของธาตุแคลเซียม โดยวาดวงกลมสีแดงและสีดำด้วยดินสออยู่ตรงกลาง เพราะ เปรียบเสมือนโปรตอนและนิวตรอน และมีวงกลมสีน้ำเงินอยู่รอบ ๆ เพราะเปรียบเสมือนอิเล็กตรอน แต่สีของสัญลักษณ์องค์ประกอบต่าง ๆ ยังไม่ตรงกับแบบจำลองที่วาด”

นักเรียนกลุ่ม C

“หนูสร้างแบบจำลองอะตอมของธาตุเบิลลิเลียม โดยวาดวงกลมสีแดงและสีน้ำเงินอยู่ตรงกลาง เพราะ จำนวนโปรตอนและนิวตรอนที่ระบุไว้ในองค์ประกอบ และวาดวงกลมสีดำ เพราะ จำนวนของอิเล็กตรอนที่โคจรอยู่รอบ ๆ”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อนุภาคภายในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ต่างกันอย่างไร เมื่อนักเรียนศึกษาจากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ เล่มที่ 1 สสวท. หรือหนังสืออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับอนุภาคของแข็ง ของเหลวและแก๊ส และวิดีโอ Animation สถานะกับการจัดเรียงอนุภาคของสารและหนังสือเรียนอิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับอนุภาคของสารในแต่ละสถานะ ในขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา จากนั้นในขั้นที่ 3 นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของแข็ง ของเหลว และแก๊สจากข้อมูลหลักฐานที่ได้รวบรวมมา ดังภาพประกอบ 30





ภาพประกอบ 30 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 3

จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ พร้อมให้เหตุผลประกอบ (TN_LP3_S3) ตัวอย่างเช่น

ครู “แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลการจัดเรียงอนุภาคของสารทั้ง 3 สถานะอย่างไร”

นักเรียนกลุ่ม A “ได้ทำการสร้างแบบจำลองอะตอมของอนุภาคของสารในแต่ละสถานะ ดังนี้

1) สถานะของแข็งวาดวงกลมอยู่ชิดกันและขีดเส้นแทนสัญลักษณ์การสั่นของอนุภาค เพราะ อนุภาคของของแข็งจะมีลักษณะอยู่ชิดกัน โดยอนุภาคไม่เคลื่อนที่ได้ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวอนุภาคสูง มีรูปร่างและปริมาตรคงที่แน่นอน ไม่ขึ้นกับภาชนะที่บรรจุแต่มีการสั่นของอนุภาคอยู่ตลอดเวลา

2) สถานะของเหลววาดเป็นวงกลมแทนอนุภาคอยู่ในภาชนะที่บรรจุและเขียนสัญลักษณ์ลูกศรแทนการเคลื่อนที่ของอนุภาค เพราะ อนุภาคของของเหลว อยู่ห่างกันเล็กน้อย ทำให้อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้ รูปร่างไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ แต่

ปริมาตรไม่ขึ้นกับภาชนะและมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา
ภายในภาชนะที่บรรจุไว้

3) สถานะแก๊สवादเป็นวงกลมขนาดเล็ก ๆ อยู่ห่างกัน
มากและเขียนสัญลักษณ์ลูกศรแทนการเคลื่อนที่ของ
อนุภาค เพราะ อนุภาคแก๊สจะอยู่ห่างกัน แรงแยัดเหนี่ยว
มีค่าน้อย ทำให้เคลื่อนที่ได้มาก มีปริมาตรและรูปร่าง
ตามภาชนะที่บรรจุ และมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา
เช่นกัน” (TN_LP3_S3)

นักเรียนกลุ่ม B

“ผมสร้างแบบจำลองอะตอมของอนุภาคของสารใน
แต่ละสถานะ ดังนี้

1) ของแข็ง วาดเป็นวงกลมของอนุภาคอยู่ชิดติดกันและ
เขียนสัญลักษณ์แทนการสั่นของอนุภาค เพราะ อนุภาค
ของแข็งจะชิดติดกัน อนุภาคไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ทำ
ให้แรงแยัดเหนี่ยวของอนุภาคสูงกว่าสถานะอื่น มีรูปร่าง
และปริมาตรคงที่

2) ของเหลว วาดเป็นวงกลมของอนุภาคอยู่ห่างกัน
เล็กน้อยและเขียนลูกศรแทนการเคลื่อนที่ภายในภาชนะ
ที่บรรจุ เพราะ ของเหลวมีอนุภาคอยู่ห่างกันเล็กน้อย
ทำให้อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้ มีรูปร่างไม่แน่นอน
เปลี่ยนไปตามภาชนะที่บรรจุ

3) แก๊ส วาดเป็นวงกลมของอนุภาคอยู่ห่างกันมากและ
เขียนลูกศรแทนการเคลื่อนที่ เพราะ แก๊สมีอนุภาคอยู่
ห่างกันมาก แรงแยัดเหนี่ยวมีค่าน้อย ทำให้เคลื่อนที่
ได้มาก มีปริมาตรและรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ”

(TN_LP3_S3)

นักเรียนกลุ่ม C

“หนูสร้างแบบจำลองอะตอมของอนุภาคของสารใน แต่ละสถานะ ดังนี้

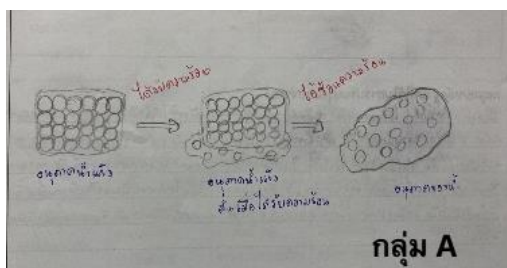
1) ของแข็ง อนุภาคเป็นวงกลมเรียงชิดกันแน่น มีขีดสีแดงแทนการสั่นของอนุภาค เพราะ เมื่ออนุภาคเรียงชิดกันแน่นทำให้ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนได้ จึงมีแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่าในสถานะอื่นของสารชนิดเดียวกันมีรูปร่างและปริมาตรคงที่แน่นอน

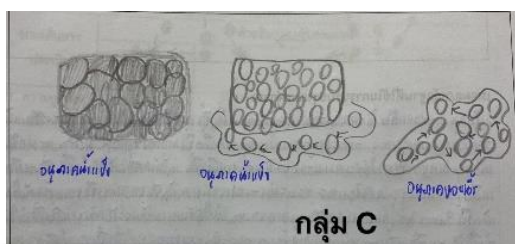
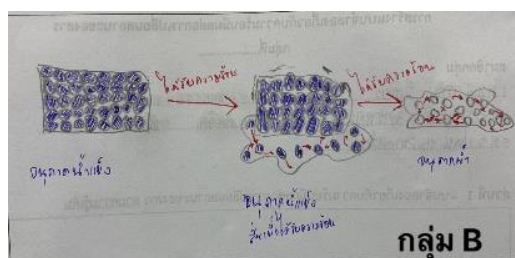
2) ของเหลว อนุภาคเป็นวงกลมอยู่ในภาชนะ มีลูกศรสีแดงแทนการเคลื่อนที่ เพราะ อนุภาคของเหลวอยู่ห่างกันเล็กน้อย ทำให้อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้ดีกว่าสถานะของแข็ง เมื่ออยู่ในภาชนะจะมีการเปลี่ยนแปลงไปทำตามภาชนะที่บรรจุแต่ปริมาตรคงที่

3) แก๊ส อนุภาคเป็นวงกลมอยู่ห่าง ๆ กัน มีลูกศรสีแดงแทนการเคลื่อนที่ เพราะ อนุภาคแก๊สอยู่ห่างกันมากกว่าของแข็งและของเหลว จึงมีแรงยึดเหนี่ยวน้อย ทำให้เคลื่อนที่ได้มาก ส่วนปริมาตรและรูปร่างขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ” (TN_LP3_S3)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารอย่างไร

นักเรียนทดลองเกี่ยวกับความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารในขั้นที่ 2 สสำรวจและค้นหา จากนั้นในขั้นที่ 3 นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคของแข็ง ของเหลว และแก๊สจากข้อมูลหลักฐานที่ได้รวบรวมมา แสดงดังตัวอย่างดังภาพประกอบ 31





ภาพประกอบ 31 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 4

นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลอง พร้อมให้เหตุผลประกอบ (TN_LP4_S3) ตัวอย่างเช่น

ครู

“แบบจำลองอธิบายความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารได้อย่างไร”

นักเรียนกลุ่ม A

“ได้ทำการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำแข็งโดยเพิ่มเติมข้อความเมื่อน้ำแข็งได้รับความร้อน เพราะ อนุภาคของสารจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ จะต้องได้รับพลังงานความร้อนจากสิ่งแวดล้อมก่อน”

นักเรียนกลุ่ม B

“ผมสร้างแบบจำลองโดยเพิ่มเติมข้อความและวาดวงกลมที่เมื่อน้ำแข็งได้รับความร้อน เพราะ แสดงอนุภาคของสารในสถานะของแข็ง ของเหลวและแก๊ส และวาดลูกศรแทนการเคลื่อนที่ของอนุภาคเมื่อได้รับความร้อน”

นักเรียนกลุ่ม C

“หนูสร้างแบบจำลองอะตอมโดยวาดสัญลักษณ์เพิ่มเติม เช่น ขีดและวาดลูกศร เพราะ แทนการสั่นของอนุภาคในสถานะของแข็งเมื่อได้รับความร้อน”

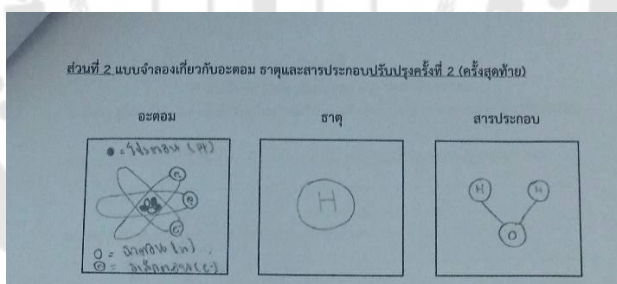
ร้อนและเป็นสัญลักษณ์การเคลื่อนที่ของอนุภาคใน
สถานะของเหลวและแก๊ส”

จะเห็นว่า การให้นักเรียนสร้างแบบจำลองจากข้อมูลที่ได้สืบค้นมาแล้วกระตุ้นด้วยคำถาม
ทำให้นักเรียนมีเหตุผลของการสร้างแบบจำลองโดยอ้างอิงถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่
ค่อยมีกลุ่มใดเชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการสืบค้น

2.2.3 การแสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการปรับปรุงแบบจำลอง

2.2.3.1 หลังจากได้ข้อสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันทั้งชั้น

การให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองร่วมกับการกระตุ้นด้วยคำถาม ได้แก่ “เพราะเหตุใดจึง
ปรับปรุงแบบจำลองในลักษณะนี้”, “แบบจำลองที่ปรับปรุงสามารถอธิบาย...ได้อย่างไร เพราะ
อะไร” สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ตัวอย่างเช่น
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อะตอม ธาตุและสารประกอบเกี่ยวข้องกันหรือไม่อย่างไร
นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแบบจำลองเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบ หลังจากได้ข้อสรุป
องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องแล้ว (W1_LP1_S3) ตัวอย่างเช่น

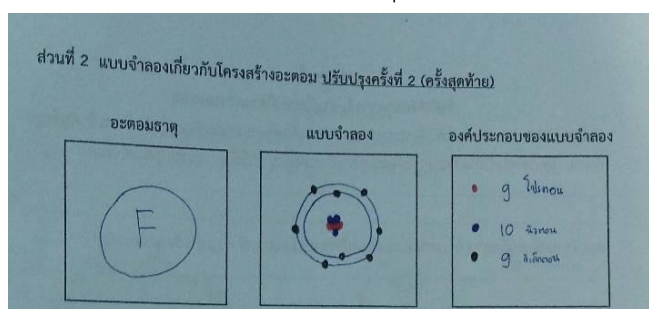


ภาพประกอบ 32 ตัวอย่างการปรับปรุงแบบจำลองที่ได้มาจากการสรุปของห้อง ในการจัดการเรียนรู้
ครั้งที่ 1

จากภาพประกอบ 32 นักเรียนวาดแบบจำลองอะตอม โดยวาดเป็นวงกลมที่ระบายทึบกับ
ไม่ระบายอยู่ตรงกลางเป็นนิวเคลียส และมีอิเล็กตรอนโคจรอยู่รอบ ๆ แบบจำลองธาตุ โดยวาดเป็น
วงกลมเขียนสัญลักษณ์ธาตุ H และแบบจำลองสารประกอบ ซึ่งวาดคล้ายกับแบบจำลองของธาตุ
แต่แบ่งออกเป็นวงกลม 2 สี ภายใน เขียนตัวอักษรธาตุที่มากกว่า 1 ชนิด โดยนักเรียนได้ปรับปรุง
แบบจำลองแตกต่างไปจากเดิมที่สร้าง เพราะ จากองค์ความรู้ที่สรุปร่วมกัน อะตอม มีอนุภาค
ขนาดเล็กที่สุด เป็นองค์ประกอบภายในของธาตุและสารประกอบ ธาตุ มีองค์ประกอบเพียงชนิด

เดี่ยว และสารประกอบ มีองค์ประกอบของธาตุมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไปมารวมตัวกันในอัตราส่วนคงที่ (TN_LP1_S3)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อะตอมมีลักษณะอย่างไร ครูกำหนดให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม ที่ได้มาจากข้อสรุปของห้อง (W1_LP2_S3) ตัวอย่างเช่น



ภาพประกอบ 33 ตัวอย่างการปรับปรุงแบบจำลองที่ได้มาจากข้อสรุปของห้องในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2

จากภาพประกอบ 33 นักเรียนวาดแบบจำลองอะตอมของธาตุฟลูออรีน โดยวาดวงกลมตรงกลาง 2 สี คือสีน้ำเงินและสีแดงอยู่ตรงกลางและมีวงกลมเล็ก ๆ สีดำอีกอันเคลื่อนที่โดยรอบ โดยนักเรียนได้ปรับปรุงแบบจำลองแตกต่างไปจากเดิมที่สร้าง เพราะ จากองค์ความรู้ที่สรุปร่วมกัน โครงสร้างภายในอะตอมของธาตุประกอบด้วย โปรตอน (proton) นิวตรอน (neutron) และอิเล็กตรอน (electron) ซึ่งโปรตอนมีประจุเป็นบวก นิวตรอนเป็นกลางทางไฟฟ้า ส่วนอิเล็กตรอนมีประจุเป็นลบ โดยโปรตอนและนิวตรอนอยู่รวมกันตรงกลางของอะตอม อิเล็กตรอนอยู่ในที่ว่างรอบ ๆ แต่ละธาตุมีจำนวนโปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอนแตกต่างกัน แต่จำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนแต่ละธาตุจะเท่ากัน (TN_LP2_S3)

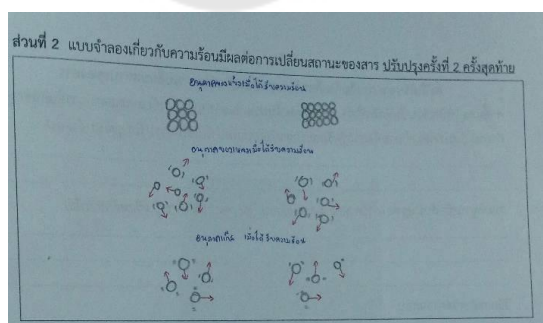
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อนุภาคภายในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ต่างกันอย่างไร นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองที่เป็นสามมิติของแต่ละกลุ่มที่ได้มาจากข้อสรุปของห้อง (W1_LP3_S3) ตัวอย่างเช่น



ภาพประกอบ 34 ตัวอย่างการปรับปรุงแบบจำลองที่ได้มาจากข้อสรุปของห้อง ในการจัดการเรียนรู้ ครั้งที่ 3

จากภาพประกอบ 34 นักเรียนสร้างแบบจำลองอนุภาคของแข็ง โดยปั้นดินน้ำมันเป็นวงกลมของอนุภาคอยู่ชิดติดกันและเขียนสัญลักษณ์แทนการสั่นของอนุภาค อนุภาคของเหลว ปั้นดินน้ำมันเป็นวงกลมของอนุภาคอยู่ห่างกันเล็กน้อยและเขียนลูกศรแทนการเคลื่อนที่ภายในภาชนะและอนุภาคแก๊ส ปั้นดินน้ำมันเป็นวงกลมของอนุภาคอยู่ห่างกันมากและเขียนลูกศรแทนการเคลื่อนที่ โดยนักเรียนได้ปรับปรุงแบบจำลองแตกต่างไปจากเดิมที่สร้าง เพราะ จากองค์ความรู้ที่สรุปร่วมกัน ของแข็ง อนุภาคจะอยู่ชิดกัน อนุภาคไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวอนุภาคสูงกว่าในสถานะอื่นของสารชนิดเดียวกัน มีรูปร่างและปริมาตรที่คงที่แน่นอน ไม่ขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ ของเหลว อนุภาคอยู่ห่างกันเล็กน้อย ทำให้อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้ รูปร่างไม่แน่นอน เปลี่ยนตามภาชนะที่บรรจุ แต่ปริมาตรไม่ขึ้นกับภาชนะ แก๊ส อนุภาคจะอยู่ห่างกัน แรงยึดเหนี่ยวมีค่าน้อย ทำให้เคลื่อนที่ได้มาก มีปริมาตรและรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ (TN_LP3_S3)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารอย่างไร นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแบบจำลองตามความรู้ที่ได้จากข้อสรุปของห้อง (W1_LP4_S3) ตัวอย่างเช่น



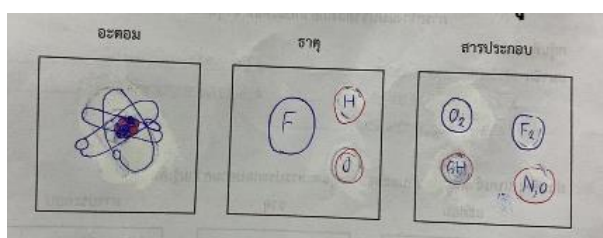
ภาพประกอบ 35 ตัวอย่างการปรับปรุงแบบจำลองที่ได้มาจากข้อสรุปของห้อง ในการจัดการเรียนรู้ ครั้งที่ 4

จากภาพประกอบ 35 นักเรียนวาดแบบจำลองอนุภาคของของแข็งเป็นวงกลมเรียงชิดติดกันและเขียนสัญลักษณ์แทนการสั่นของอนุภาคสาร วาดวงกลมห่างกันเล็กน้อยแทนอนุภาคของของเหลวและวาดสัญลักษณ์ขีดและวาดลูกศรแทนการสั่นและเคลื่อนที่ของอนุภาค และวาดวงกลมห่างกันมากแทนอนุภาคของแก๊สและวาดสัญลักษณ์ขีดและวาดลูกศรแทนการสั่นและเคลื่อนที่ของอนุภาคเมื่อได้รับความร้อน โดยนักเรียนได้ปรับปรุงแบบจำลองแตกต่างไปจากเดิมที่สร้าง เพราะ จากองค์ความรู้ที่สรุปร่วมกัน เมื่ออนุภาคของแก๊สได้รับความร้อน จะมีพลังงานเพิ่มขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็ว มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยลง ระยะห่างระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้น แก๊สจึงขยายตัวมีปริมาตรมากขึ้น เมื่ออนุภาคของของเหลวได้รับความร้อนจะมีพลังงานเพิ่มขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยลง ระยะห่างระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้น ของเหลวจึงขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม และเมื่ออนุภาคของของแข็งได้รับความร้อนจะมีพลังงานเพิ่มขึ้นทำให้สั่นเร็วขึ้นมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยลง ระยะห่างระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้นของแข็งจึงขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มขึ้น (TN_LP4_S3)

2.2.3.2 หลังจากการโต้แย้ง

การให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองหลังจากการโต้แย้งร่วมกับการกระตุ้นด้วยคำถาม ได้แก่ “เพราะเหตุใดจึงปรับปรุงแบบจำลองในลักษณะนี้”, “เพราะเหตุใดจึงนำเสนอแบบจำลองในลักษณะนี้”, “แบบจำลองนี้อธิบาย....ได้อย่างไร” สามารถช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ตัวอย่างเช่น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อะตอม ธาตุและสารประกอบเกี่ยวข้องกันหรือไม่อย่างไร นักเรียนแต่ละกลุ่ม นำเสนอแบบจำลองอะตอม ธาตุและสารประกอบที่สร้างขึ้นจากข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล ดังภาพประกอบ 36



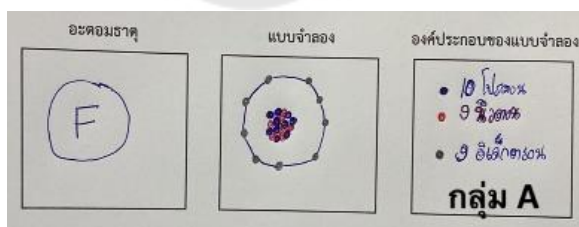
ภาพประกอบ 36 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1

นักเรียนกลุ่มอื่นสร้างข้อโต้แย้ง ด้วยคำถาม (TN_LP1_S3) ตัวอย่างเช่น

เพื่อนถาม “เพราะเหตุใดจึงปรับปรุงแบบจำลองในลักษณะนี้”
(TN_LP1_S3)

กลุ่มที่นำเสนอตอบ “...เพราะ อะตอม มีขนาดเล็ก ภายในประกอบด้วย โปรตอนและนิวตรอนเป็นนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง โดยมี อิเล็กตรอนวิ่งอยู่โดยรอบนิวเคลียส แบบจำลองธาตุ ได้ วัตเป็นวงกลมสีน้ำเงินและเขียนสัญลักษณ์ธาตุ F ส่วน วงกลมสีแดงเขียนสัญลักษณ์ธาตุ H และ O เพราะ จาก การทดลองแยกน้ำด้วยไฟฟ้า ธาตุที่ได้ไม่สามารถแยก ออกไปอีก ดังนั้นจึงธาตุเป็นสารบริสุทธิ์ประกอบด้วย อนุภาคมูลฐานของเลขอะตอม และแบบจำลอง สารประกอบ ได้วัตเป็นวงกลมสีแดงและสีน้ำเงิน ซึ่ง ภายในวงเขียนสัญลักษณ์ธาตุที่มีตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมา รวมกัน เพราะ สารประกอบเกิดจากธาตุตั้งแต่ 2 ชนิด มารวมตัวกันโดยอาศัยปฏิกิริยาเคมี”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อะตอมมีลักษณะอย่างไร นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ แบบจำลองโครงสร้างอะตอมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล ดัง ภาพประกอบ 37

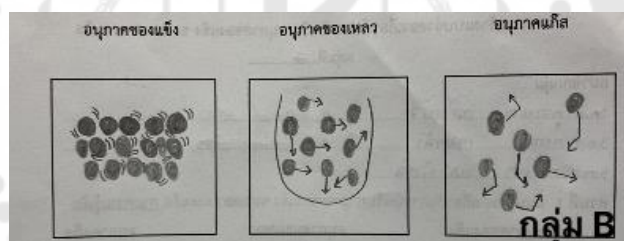


ภาพประกอบ 37 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1

นักเรียนกลุ่มอื่นสร้างข้อโต้แย้ง ด้วยคำถาม (TN_LP2_S3) ตัวอย่างเช่น

เพื่อนถาม “เพราะเหตุใดจึงนำเสนอแบบจำลองลักษณะนี้”
 กลุ่มที่นำเสนอตอบ “...เพราะ วงกลมสีน้ำเงินแทนจำนวนของโปรตอน วงกลมสีแดงแทนจำนวนของนิวตรอนและวงกลมสีดำแทนจำนวนของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่อยู่โดยรอบจึงเขียนเส้น 1 วง พร้อมระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอนของธาตุฟลูออรีนไว้ในช่ององค์ประกอบของแบบจำลอง”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อนุภาคภายในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ต่างกันอย่างไร นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองอนุภาคภายในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ที่สร้างขึ้นจากข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล ดังภาพประกอบ 38



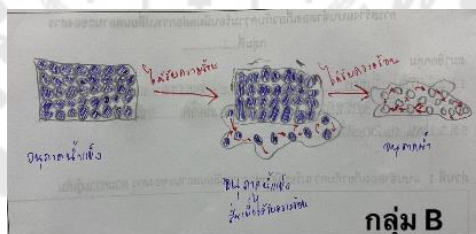
ภาพประกอบ 38 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1

นักเรียนกลุ่มอื่นสร้างข้อโต้แย้ง ด้วยคำถาม (TN_LP2_S3) ตัวอย่างเช่น

เพื่อนถาม “แบบจำลองอธิบายการจัดเรียงอนุภาคของสารทั้ง 3 สถานะได้อย่างไร”
 กลุ่มที่นำเสนอตอบ “เพราะ อนุภาคของของแข็งจะมีลักษณะอยู่ชิดกัน โดยอนุภาคไม่เคลื่อนที่ได้ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวอนุภาคสูง มีรูปร่างและปริมาตรคงที่แน่นอน ไม่ขึ้นกับภาชนะที่บรรจุ แต่มีการสั่นของอนุภาคอยู่ตลอดเวลา 2) สถานะของเหลววาดเป็นวงกลมแทนอนุภาคอยู่ในภาชนะที่

บรรจุและเขียนสัญลักษณ์ลูกศรแทนการเคลื่อนที่ของอนุภาค เพราะ อนุภาคของของเหลว อยู่ห่างกันเล็กน้อย ทำให้อนุภาคสามารถเคลื่อนที่ได้ รูปร่างไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ แต่ปริมาตรไม่ขึ้นกับภาชนะและมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาภายในภาชนะที่บรรจุไว้ 3) สถานะแก๊สวาดเป็นวงกลมขนาดเล็ก ๆ อยู่ห่างกันมากและเขียนสัญลักษณ์ลูกศรแทนการเคลื่อนที่ของอนุภาค เพราะ อนุภาคแก๊สจะอยู่ห่างกัน แรงยึดเหนี่ยวมีค่าน้อย ทำให้เคลื่อนที่ได้มาก มีปริมาตรและรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ และมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาเช่นกัน”

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารอย่างไร นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารที่สร้างขึ้นจากข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการสืบค้นข้อมูล ดังภาพประกอบ 39



ภาพประกอบ 39 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1

นักเรียนกลุ่มอื่นสร้างข้อโต้แย้ง ด้วยคำถาม (TN_LP2_S3) ตัวอย่างเช่น

เพื่อนถาม “แบบจำลองที่นำเสนออธิบายความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนสถานะของสารได้อย่างไร”

กลุ่มที่นำเสนอตอบ “เพราะ อนุภาคของแข็งได้รับความร้อนจะมีพลังงานเพิ่มขึ้นทำให้สั่นเร็วขึ้น ทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคน้อยลงระยะห่างระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้นของแข็ง

จึงขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มขึ้นจะมีพลังงานเพิ่มขึ้น
 อนุภาคของของเหลวได้รับความร้อนจะมีพลังงาน
 เพิ่มขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง
 อนุภาคน้อยลง ระยะห่างระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้น
 ของเหลวจึงขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มขึ้นและอนุภาคแก๊ส
 จะขยายตัวมีปริมาตรมากขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็ว มี
 ระยะห่างระหว่างอนุภาคเพิ่มขึ้นจึงทำให้แรงยึดเหนี่ยว
 ระหว่างอนุภาคน้อยลง”

จะเห็นว่าทำให้ให้นักเรียนได้ปรับปรุงแบบจำลองร่วมกับกระตุ้นด้วยคำถาม ได้แก่ “เพราะเหตุใดจึงปรับปรุงแบบจำลองในลักษณะนี้”, “เพราะเหตุใดจึงนำเสนอแบบจำลองในลักษณะนี้”, “แบบจำลองนี้อธิบาย...ได้อย่างไร” สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

โดยสรุปในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว ให้นักเรียนได้ฝึกฝนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ ได้แก่ การกระตุ้นด้วยคำถาม การสร้างแบบจำลองร่วมกับการกระตุ้นด้วยคำถาม

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่พบมีทั้งนักเรียนที่สามารถให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีการใช้แนวคิดหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนร่วมด้วย แต่ก็จะเห็นว่านักเรียนบางคนยังไม่สามารถเชื่อมโยงหลักการ แนวคิดมาใช้ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีการสรุปภาพรวมการดำเนินการวิจัย ข้อค้นพบที่ได้จากการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย ข้อจำกัดของการวิจัย และข้อเสนอแนะของการวิจัยสำหรับการนำไปใช้และการวิจัยครั้งต่อไป ดังต่อไปนี้

การสรุปภาพรวมการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว
2. เพื่ออธิบายว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสระบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 80 คน ที่ได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยเป็นชั้นเรียนที่มีนักเรียนที่บกพร่องทางการเรียนรู้เรียนร่วมอยู่ด้วย

เครื่องมือที่ใช้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ และ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงผสมผสาน (Mixed-methods research) โดยใช้แบบแผนแบบรองรับภายใน (Embedded design) รูปแบบการทดลองระยะเดียว วิธีการเชิงปริมาณเป็นหลัก (รัตนะ บัวสนธ์, 2554, น. 99) เพื่อตอบคำถามวิจัยในประเด็นที่ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง สารรอบตัว สามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้หรือไม่อย่างไร

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 1 โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบวัดความสามารถ ร่วมกับข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ ใบบงานของนักเรียน แบบบันทึกหลังการสอน เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน และตอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยข้อที่ 2 โดยการวิเคราะห์ข้อมูล จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้อยู่ ไปงานของนักเรียน แบบบันทึกหลังการสอน โดยวิธีวิเคราะห์ แบบ Thematic analysis เพื่ออธิบายว่าการจัดการเรียนรู้อย่างกล่าวสามารถส่งเสริมความสามารถ ในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร

ข้อค้นพบที่ได้จากการวิจัย

ข้อค้นพบที่ได้จากการวิจัย มีดังนี้

1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบที่กำหนดมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. การจัดการเรียนรู้อย่างกล่าวสามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้โดย

2.1 การกระตุ้นด้วยคำถาม เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนพยายามหาแนวคิดมาสนับสนุนคำตอบของตนเองทั้งจากการตอบคำถามของครูและคำถามในใบงาน

2.2 การสร้างแบบจำลองร่วมกับการกระตุ้นด้วยคำถาม เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนหาข้อมูล หลักฐาน แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนในการสร้างแบบจำลองทั้งในช่วงการสร้างแบบจำลองชั่วคราว การสร้างแบบจำลอง การปรับปรุงแบบจำลอง

อภิปรายผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้อย่างกล่าวสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ถนัฐมน สุชัยรัตน์, 2559; สุทธิชาติ เปรมมงคล, 2558)

ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้นักเรียนที่มีความสามารถดังกล่าวอยู่ในระดับปรับปรุงและระดับพอใช้มีจำนวนลดน้อยลง และไม่พบนักเรียนระดับปรับปรุง ในขณะที่ร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในระดับดีและระดับดีมากมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จะมีนักเรียนเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่พัฒนาระดับความสามารถไประดับดีมากได้ เนื่องจากความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกัน ส่งผลให้การให้เหตุผลของนักเรียนแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัฒนิตา มีลา และ ร่มเกล้า อาจเดช (2560, น. 12) พบว่า หลังเรียนด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนักเรียนยังคงมีความยากลำบากใน

ด้านองค์ประกอบการให้เหตุผล โดยนักเรียนส่วนใหญ่ สามารถพัฒนาไปสู่ระดับ 2 แต่มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลไปสู่ระดับสูง

จากข้อมูลเชิงคุณภาพ พบปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่ การใช้คำถามและการสร้างแบบจำลองร่วมกับการใช้คำถาม ดังนี้

1. การใช้คำถาม

การตั้งคำถามที่ดีจะทำให้ผู้เรียนมีการสืบค้นหลักฐานเพื่อนำมาสู่ข้อสรุปที่เหมาะสมและถูกต้องต่อไป Walker and Sampson (2013, p. 565) การใช้คำถามในลักษณะคำถามปลายเปิดสามารถกระตุ้นนักเรียนให้แสดงเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมในการสนับสนุนข้อสรุปโดยแสดงความเชื่อมโยงกับหลักฐานเชิงประจักษ์ หลักการ หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับ Blosser and Gray (2000) ที่กล่าวว่า คำถามปลายเปิด (open question) เป็นคำถามที่มีคำตอบที่ถูกต้องได้หลายคำตอบ ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้เดิมอันเป็นเหตุเป็นผลในการสร้างสมมติฐานหรือสร้างคำตอบขึ้นมาได้ ความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกัน ทำให้การให้เหตุผลแตกต่างกันไปด้วย กล่าวคือ ความรู้เดิมเป็นสิ่งที่มียุติพลต่อการให้เหตุผลของนักเรียน (Metz, 2000) หากนักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง นักเรียนก็จะสามารถให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่สอดคล้องกับคำถามได้

2. การสร้างแบบจำลองร่วมกับการใช้คำถาม

การสร้างแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลองทำให้ นักเรียนรู้จักเลือกข้อมูลหรือหลักฐานที่มีความเหมาะสมมาอธิบายด้วยเหตุผลในการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองเพื่อใช้ในการตอบคำถามหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ด้วยเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Arslan and Ogan (2018) ที่พบว่า การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนในเชิงประจักษ์และยังเสริมสร้างความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการอธิบายซึ่งประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล (พัณนิดา มีลา และ ร่มเกล้า อาจเดช, 2560, น. 12)

ข้อจำกัดของการวิจัย

จากการวิจัยการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบข้อจำกัดของการวิจัยดังนี้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นที่ 4 และชั้นที่ 5 พบว่า ผู้สอนใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนเพียงอย่างเดียว แต่ยังขาดการประเมินแนวคำตอบและให้ข้อมูลป้อนกลับในทันที เพื่อให้ นักเรียนรู้จุดที่ควรปรับปรุง เช่น ยังขาดการให้เหตุผลในการสนับสนุนด้วยหลักการ เป็นต้น นอกจากนี้ผู้สอนไม่ได้ตรวจการนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายปรากฏการณ์และสะท้อนผล เพื่อให้ นักเรียนพัฒนาหรือปรับปรุงการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดีเท่าที่ควร

2. ความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน เมื่อทำการประเมินนักเรียนรายบุคคลพบว่า นักเรียนปกติส่วนใหญ่สามารถลงข้อสรุปจากสถานการณ์ได้แต่ไม่สามารถใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการอธิบายสถานการณ์เหล่านั้นได้อย่างถูกต้อง

ข้อเสนอแนะของการวิจัย

5.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

เนื่องจากในการวิจัยนี้พบว่า นักเรียนมีระดับพัฒนาการความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อยู่ในระดับดี แต่ยังไม่สามารถพัฒนาไปได้ถึงระดับดีมากอาจเนื่องมาจากหลาย ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถดังกล่าว เช่น รูปแบบการสอนของผู้สอน รูปแบบการอบรมเลี้ยงดู ระดับความรู้เดิมหรือสมรรถภาพพื้นฐานทางสมอง ซึ่งล้วนแต่เป็นปัจจัยที่ต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากผู้ปกครองและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการนำผลการวิจัยไปใช้ผู้สอนควร จะต้องกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในประเด็นคำถาม หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา ให้เห็นถึงความสำคัญของการสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงแก้ไข แบบจำลอง และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่หลากหลาย เพื่อเป็นแนวทางในการสำรวจ ตรวจสอบ และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการสนับสนุนหรือ คัดค้านข้อกล่าวอ้างหรือ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และนอกจากนั้นผู้สอนควรคำนึงถึงระดับความรู้พื้นฐานหรือ ประสบการณ์เดิมของนักเรียนว่าเป็นอย่างไร และคำนึงถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม สำหรับห้องเรียนที่มีนักเรียนกลุ่มที่บกพร่องทางการเรียนรู้อยู่ร่วมกับนักเรียนปกติ เพื่อจะได้ ปรับเปลี่ยนคำถามในการกระตุ้นนักเรียนตลอดจนปรับกิจกรรมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม และลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละประเภทต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากการวิจัยทำการศึกษาเฉพาะเนื้อหา สรรรอบตัว แต่ยังมีเนื้อหาเรื่อง บรรยากาศ ที่เน้นแบบจำลอง ซึ่งสามารถส่งเสริมการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป ควรพัฒนาความสามารถดังกล่าวของนักเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดในเนื้อหาข้างต้น

การวิจัยครั้งต่อไปควรเน้นที่ข้อจำกัดที่กล่าวไป คือ การให้ข้อมูลป้อนกลับหรือการคำนึงถึงการประเมินระหว่างเรียน (formative assessment) เพื่อปรับปรุงการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดความสำเร็จให้ได้ ดังนั้นงานวิจัยครั้งต่อไปน่าจะเป็นการศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีดังกล่าวที่เน้น การประเมินระหว่างเรียน (formative assessment) ด้วย



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *สภาวะการศึกษาไทย ปี 2559/2560: แนวทางการปฏิรูปการศึกษาไทยเพื่อก้าวสู่ยุค 4.0*. กรุงเทพฯ: สำนักงานกระทรวงศึกษาธิการ.
- กฤตกร สภาสันติกุล. (2559). ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 11(1), 219-237.
- กาญจนา มหาดี, และชาติรี ฝ่ายคำตา. (2553). การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการสอนแบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด. *วารสารสงขานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 16(5), 795-809.
- เกรียงไกร อภัยวงศ์. (2548). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ ค.ม. การศึกษาวิทยาศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2542). *ประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จุฬาลักษณ์ ยิ้มดี. (2557). ผลของการเรียนการสอนโดยใช้ขั้นตอนการเรียนรู้แบบอนุมานเบื้องต้นที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 9(4), 309-323.
- ณัฐมน สุชัยรัตน์. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 15(1), 106-113.
- ณัฐวรรณ ศิริธร. (2562). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*, 39(1), 130-141.
- ทศพล สุวรรณพุ่ม. (2562). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

- ที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ทศนา แคมมณี. (2545). *กระบวนการเรียนรู้ความหมายแนวทางการพัฒนาและปัญหาข้อใจ*. สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ, กรุงเทพฯ.
- นภาพร จุ้ยอินทร์. (2559). ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ได้รับการสอนแบบพีโออี. *วารสารบัณฑิตวิจัย*, 7(2), 155-166.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พัฒนิดา มีลา, และ ร่มเกล้า อาจเดช. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 19(3), 1-15.
- พิษณุ ศุภศาสตร์วงศ์. (2563). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่องเคมีไฟฟ้าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับภาพเคลื่อนไหว*. (วิทยานิพนธ์ กศ.ม. การศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ไพศาล วรคำ. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 8). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ภคพร อิศระ. (2557). ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 10(2), 249-260.
- ภคพร อิศระ. (2557). ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค. (วิทยานิพนธ์ ค.ม. การศึกษาวิทยาศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ภัทรวรรณ ไชยมงคล. (2560). *การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ซับซ้อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง*. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 8(1), 27-40.

- รัตน์ะ บัวสนธ์. (2552). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา*. กรุงเทพฯ: คำสมัย.
- ลือชา ลดาชาติ, และลฎาภา สุทธภูล. (2556). *การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2564 จาก*
<http://www.inquiringmind.in.th/archives/1929>.
- วิจารณ์ พานิช. (2556). *สนุกกับการเรียนในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). *การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมสำหรับการวิจัย*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: บุญศิริการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้รูปแบบ 5Es*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์การอ่าน และวิทยาศาสตร์ : บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.1-ม.3)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนโครงการ PISA 2015*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2556). *มาตรฐานห้องสมุดโรงเรียน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2556*. กรุงเทพฯ: กลุ่มพัฒนาและส่งเสริมวิทยบริการ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.
- สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์. (2555). *ผลของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ต่อตัวแทนความคิด เรื่อง ปรัชญาการณดาราศาสตร์พื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. วิทยาศาสตร์ศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สิรินธร สินจินดาวงศ์. (2547). *วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบ. วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 4(1), 21-33*.
- สุทธิชาติ เปรมกมล. (2558). *ผลของการใช้การสืบสอบแบบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนระดับชั้น*

- มัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์ ค.ม. หลักสูตรและการสอน). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ
- สุวรรณค์ โค้วตระกูล. (2559). *จิตวิทยาการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวรรณลักษณะ เกิดมณี. (2558). ผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ที่มีต่อความเข้าใจในทศน์และ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสาร ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, 18(2), 114-123.
- อารยา ประโชติ. (2551). *การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่แทนการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ เทคนิค fading scaffold เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน*. (ปริญญาโท กศ.ด. วิทยาศาสตร์ศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- Baumfalk, B., Bhattacharya, D., Vo, T., Forbes, C., Zangori, L., & Schwarz, C. (2019). Impact of model-based science curriculum and instruction on elementary students' explanations for the hydrosphere. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(5), 570-597.
- Blosser, R. S., & Gray, K. M. (2000). Extraction of violacein from chromobacterium violaceum provides a new quantitative bioassay for N-acyl homoserine lactone autoinducers. *Journal of microbiological methods*, 40(1), 47-55.
- Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science education*, 95(4), 639-669.
- Brown, N. J., Furtak, E. M., Timms, M., Nagashima, S. O., & Wilson, M. (2010). The evidence-based reasoning framework: Assessing scientific reasoning. *Educational Assessment*, 15(3-4), 123-141.
- Campbell, T. (2011). Model based inquiry in the high school physics classroom: An exploratory study of implementation and outcomes. *Journal of Science Education and Technology*, 20(3), 258-269.
- Campbell, T., Gray, R., & Fazio, X. (2019). Representing scientific activity: Affordances and constraints of central design and enactment features of a model-based inquiry unit. *School Science and Mathematics*, 119(8), 475-486.
- Campbell, T., Oh, P. S., Maughn, M., Kiriazis, N., & Zuwallack, R. (2015). A review of

- modeling pedagogies: Pedagogical functions, discursive acts, and technology in modeling instruction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(1), 159-176.
- 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.
- Choi, A., Notebaert, A., Diaz, J., & Hand, B. (2010). Examining arguments generated by year 5, 7, and 10 students in science classrooms. *Research in Science Education*, 40(2), 149-169.
- Davis, C. A., Williams, Q. L., & Drake, C. T. (2010). Mathematics Ability and Science Reasoning as Predictors of Science Achievement among African-American Students at a Historical Black College or University. *Journal of mathematical sciences & mathematics education*, 5(2), 28-41.
- Fanetti, T. M. (2011). *The effect of problem-solving video games on the science reasoning skills of college students*. USA: University of Missouri-Saint Louis.
- Friedler, Y., Nachmias, R., & Linn, M. C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(2). 173-192.
- Geddis, A. N. (1991). Improving the quality of science classroom discourse on controversial issues. *Science Education*, 75(2), 169-183.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.
- Goot, M. V. (1986). Piaget and religion. *Contemporary Psychology: A Journal of Reviews*, 31(12), 1010-1010.
- Gray, R.-K. (2018). Talking modelling: examining secondary science teachers' modelling-related talk during a model-based inquiry unit. *International Journal of Science Education*, 40(11), 1345-1366.
- Hausman, D. M., & Welch, B. (2010). Debate: To nudge or not to nudge. *Journal of Political Philosophy*, 18(1), 123-136.

- Hestenes, D. (2006). Notes for a modeling theory. In *Proceedings of the 2006 GIREP conference: Modeling in physics and physics education* (Vol. 31, p. 27). Amsterdam: University of Amsterdam.
- Kuhn, D. (1993). Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Scientific Thinking. *Science education*, 77(3), 319-337.
- Kwon, Y. J., & Lawson, A. E. (2000). Linking brain growth with the development of scientific reasoning ability and conceptual change during adolescence. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 37(1), 44-62.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics*, 33(2), 363-374.
- Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Research in Science Teaching*, 22(7), 569-617.
- Lawson, J., & Penner, S. (1985). Note on the Lawson-Penner limit. *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 21(2), 174-174.
- Lawson, A. E. (2010). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education*, 94(2), 336-364.
- Lee, C. Q., & She, H. C. (2010). Facilitating students' conceptual change and scientific reasoning involving the unit of combustion. *Research in Science Education*, 40(4), 479-504.
- Liu, S., Varma, K., & Roehrig, G. (2014). Climate literacy and scientific reasoning. *Future Earth Advancing Civic Understanding of the Anthropocene*, 31-40.
- Martin, M. O., Mullis, I. V., Foy, P., & Stanco, G. M. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Science*. USA: TIMSS & PIRLS international study center.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 45(1), 53-78.

- Metz, H. (2000). *The geometry of ecological interactions: simplifying spatial complexity*. UK: Cambridge University Press.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage Publications, Inc.
- Neilson, D., Campbell, T., & Allred, B. (2010). Model-based inquiry in physics: A buoyant force module. *The Science Teacher*, 77(8), 38.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2013). *PISA 2012 Results: Ready to Learn: Students' Engagement, Drive and Self-Beliefs (Volume III): Preliminary Version*. Paris: OECD.
- OECD. (2018). Further evidence on the trade-energy consumption nexus in OECD countries. *Energy policy*, 117, 160-165.
- Ogan-Bekiroglu, F., & Arslan Buyruk, A. (2018). Examination of pre-service physics teachers' epistemologies of scientific models and their model formation during model-based inquiry process. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. The Education University of Hong Kong.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., & Davis, E. A. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- Walker, J. P., & Sampson, V. (2013). Learning to argue and arguing to learn: Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate chemistry students learn how to construct arguments and engage in argumentation during a laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 561-596.
- Wang, I. K., Liu, C.-H., & Yen, T.-H. (2018). Renal function is associated with 1-month and 1-year mortality in patients with ischemic stroke. *Atherosclerosis*, 269, 288-293.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science education*, 92(5), 941-967.
- Wu, M. H., Shih, M. H., Hsu, W. B., Dubey, N. K., Lee, W. F., Lin, T. Y., ... & Wong, C. H.

- (2018). Correction: Evaluation of a novel biodegradable thermosensitive keto-hydrogel for improving postoperative pain in a rat model. *PLOS one*, 13(11), e0203372.
- Xiang, L., & Passmore, C. (2015). A framework for model-based inquiry through agent-based programming. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2), 311-329.
- Zeineddin, A., & Abd-El-Khalick, F. (2010). Scientific reasoning and epistemological commitments: Coordination of theory and evidence among college science students. *Journal of research in science teaching*, 47(9), 1064-1093.
- Zimmerman, C. (2005). Scientific Reasoning and Epistemological Commitments: Coordination of Theory and Evidence among College Science Student. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9), 1064-1093. doi: 1010.1002/tea.2036.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ



รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารรอบตัว ด้วย
การจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

| | |
|---|--|
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลธิดา นุกุลธรรม | สาขาวิชาการศึกษาคณะ ศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| อาจารย์ ดร.วชิรศรณัฏ แสงสุวรรณ | สาขาวิทยาศาสตร์ (เคมี) ภาควิชา หลักสูตรการสอนและการเรียนรู้ คณะ ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| อาจารย์ มยุรี บุญเพ็ง | โรงเรียนโคกกระท้อนกิตติวุฒิมิวิทยา |

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจพิจารณาแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิง
วิทยาศาสตร์

| | |
|--|---|
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลธิดา นุกุลธรรม | สาขาวิชาการศึกษาคณะ ศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง | ภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| อาจารย์ ดร.สิทธิศักดิ์ จินดาวงศ์ | โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย |



ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

**แบบประเมินแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
(ฉบับก่อนเรียน)**

คำชี้แจง

1. การทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้ไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน แต่จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาคุณภาพแบบวัดนี้ ดังนั้นขอให้นักเรียนทำแบบวัดอย่างเต็มความสามารถ อ่านทุกข้อคำถามอย่างละเอียดรอบคอบ แล้วตอบคำถามให้ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ และตอบให้ครบทุกข้อ
2. ห้ามนำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกนอกห้องสอบ
3. ไม่อนุญาตให้ผู้เข้าสอบออกจากห้องสอบก่อนหมดเวลาสอบ

คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ

1. แบบวัดฉบับนี้มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบและแบบเขียนตอบ 5 สถานการณ์ โดยเป็นข้อคำถามหรือสถานการณ์ 1 ข้อ แบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ และตอนที่ 2 เป็นข้อสอบแบบเขียนตอบแสดงเหตุผล ซึ่งมีเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้
 - ข้อที่ 1 : การตกผลึกของสาร
 - ข้อที่ 2 : สมบถและลมทะเล
 - ข้อที่ 3 : การสูงขึ้นของระดับน้ำในกระบอกตวง
 - ข้อที่ 4 : พฤติกรรมของแม่ไก่
 - ข้อที่ 5 : ดองผักกาดกับการแพร่ของสาร
2. แบบวัดฉบับนี้มีระยะเวลาในการทำ 30 นาที
3. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาทเลือกข้อที่ถูกที่สุดลงในตัวเลือกตอนที่ 1 และเขียนอธิบายเหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบตอนที่ 1 โดยแต่ละข้อจะมีคะแนนเต็ม 2 คะแนนในแต่ละสถานการณ์

ชื่อ - นามสกุล.....

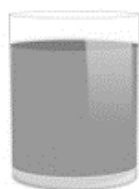
ชั้น.....เลขที่.....

ข้อที่ 1 การตกผลึกของสาร

การตกผลึกเป็นวิธีหนึ่งในการทำสารให้บริสุทธิ์ โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นในการตกผลึกของสาร ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ 1. การเกิดเมล็ดผลึก (Nucleation) 2. การโตของผลึก (Crystal Growth) ซึ่งทั้งสองขั้นตอนเกิดได้เฉพาะในสารละลายที่อิ่มตัวยิ่งยวดเท่านั้น โดยสารที่ต้องการตกผลึกจะต้องละลายได้น้อยในตัวทำละลายที่อุณหภูมิปกติ แต่สามารถละลายได้ดีในสารละลายเดียวกันที่อุณหภูมิสูง ซึ่งผลึกของสารบริสุทธิ์ส่วนใหญ่จะมีรูปร่างสี่เหลี่ยมที่เฉพาะ เช่น รูปเข็ม รูปแท่ง เป็นต้น

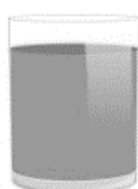
1.1 จากข้อมูลเกี่ยวกับการตกผลึก ถ้านักเรียนทำการทดลองการตกผลึกโดยนำน้ำตาลที่มีปริมาณต่างกันใส่ลงในบีกเกอร์ขนาดเท่ากันที่มีน้ำร้อนปริมาตรเท่ากันทั้ง 3 บีกเกอร์ จากนั้นวางทิ้งไว้ให้สารละลายเย็นตัวลง ดังภาพ

ใส่น้ำตาล 100 กรัม



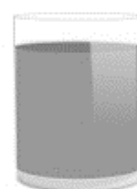
1

ใส่น้ำตาล 500 กรัม



2

ใส่น้ำตาลจนอิ่มตัว



3

นักเรียนคิดว่าบีกเกอร์ใบใดจะเกิดการตกผลึกของน้ำตาลได้รวดเร็วที่สุด (ถามให้ทำนาย)

- ก. บีกเกอร์ใบที่ 1
- ข. บีกเกอร์ใบที่ 2
- ค. บีกเกอร์ใบที่ 3

1.2 จงให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบในข้อ 1.1 เพราะเหตุใดจึงคิดว่าบีกเกอร์นั้นจะเกิดการตกผลึกน้ำตาลได้รวดเร็วที่สุด

.....

.....

**แบบประเมินแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
(ฉบับหลังเรียน)**

คำชี้แจง

1. การทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้ไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน แต่จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาคุณภาพแบบวัดนี้ ดังนั้นขอให้นักเรียนทำแบบวัดอย่างเต็มความสามารถ อ่านทุกข้อคำถามอย่างละเอียดรอบคอบ แล้วตอบคำถามให้ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ และตอบให้ครบทุกข้อ

2. ห้ามนำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกนอกห้องสอบ
3. ไม่อนุญาตให้ผู้เข้าสอบออกจากห้องสอบก่อนหมดเวลาสอบ

คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ

1. แบบวัดฉบับนี้มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบและแบบเขียนตอบ 5 สถานการณ์ โดยเป็นข้อคำถามหรือสถานการณ์ 1 ข้อ แบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ และตอนที่ 2 เป็นข้อสอบแบบเขียนตอบแสดงเหตุผล ซึ่งมีเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ข้อที่ 1 : ทำไม่ไฟจึงติด

ข้อที่ 2 : ชายผู้มีไตข้างเดียว

ข้อที่ 3 : การทดลองเกี่ยวกับขวดพลาสติก

ข้อที่ 4 : วัสดุที่ใช้ทำแก้วน้ำ

ข้อที่ 5 : ดินเปรี้ยวของชาวนา

2. แบบวัดฉบับนี้มีระยะเวลาในการทำ 30 นาที

3. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาทเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดลงในตัวเลือกตอนที่ 1 และเขียนอธิบายเหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบตอนที่ 1 โดยแต่ละข้อจะมีคะแนนเต็ม 2 คะแนนในแต่ละสถานการณ์

ชื่อ - นามสกุล.....

ชั้น.....เลขที่.....

ข้อที่ 2 ชายผู้มีไตข้างเดียว (สสวท., 2558)

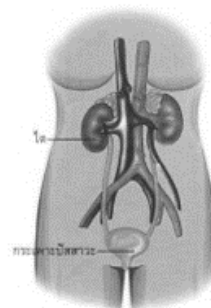
ไตเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่กรองของเสียเพื่อขับออกจากร่างกายในรูปแบบปัสสาวะ

ร่างกายของคนเรามีไตสองข้าง อยู่บริเวณใกล้กระดูกสันหลังด้านหลัง ได้กระดูกชายโครง การสูญเสียไตข้างใดข้างหนึ่งจึงยังคงสามารถดำรงชีวิตได้อย่างเป็นปกติ

การมีไตหนึ่งข้างเนื่องจากการผ่าตัดออก (เช่น เพื่อบริจาคอวัยวะหรือด้วยเหตุอื่นใด) ไม่มีผลต่อการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

หมายเหตุ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม หมายถึง ลักษณะที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปยังลูกหลาน

ที่มาภาพ <http://www.bwc.ac.th/e-learning/virachai02/diges.htm>



2.1 ชายคนหนึ่งถูกตัดไตออกหนึ่งข้างตั้งแต่วัยเด็กเนื่องจากไตไม่ทำงาน ขณะนี้เขามีลูกชายหนึ่งคน เมื่อแรกเกิดลูกชายของเขาจะมีไตกี่ข้าง (ถามให้ทำนาย)

ก. 2 ข้าง

ข. 1 ข้าง

ค. ไม่มีไต

2.2 จงให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 5.1 เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รหัสวิชา ว 21101

รายวิชา วิทยาศาสตร์ 1 ภาคเรียนที่ 1

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 สารรอบตัว

เรื่อง อะตอม ธาตุ และสารประกอบ เกี่ยวข้องกันหรือไม่ อย่างไร

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวลาที่ใช้ 3 คาบ

ผู้สอน นายธิตินันต์ ร่วมชาติสกุล

1. มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐานว 2.1 เข้าใจสมบัติของสารองค์ประกอบของสารความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารการเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ว 2.1 ม.1/7 อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และสารประกอบ โดยใช้แบบจำลองและสารสนเทศ

2. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

สารบริสุทธิ์แบ่งออกเป็นธาตุและสารประกอบ ธาตุประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กที่สุดที่ยังแสดงสมบัติของธาตุนั้นเรียกว่า อะตอม ธาตุแต่ละชนิดประกอบด้วยอะตอมเพียงชนิดเดียวและไม่สามารถแยกกลายเป็นสารอื่นได้ด้วยวิธีทางเคมี ธาตุเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ธาตุ สารประกอบเกิดจากอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปรวมตัวกันทางเคมีในอัตราส่วนคงที่ มีสมบัติแตกต่างจากธาตุที่เป็นองค์ประกอบ สามารถแยกเป็นธาตุได้ด้วยวิธีทางเคมี ธาตุและสารประกอบสามารถเขียนแทนได้ด้วยสูตรเคมี

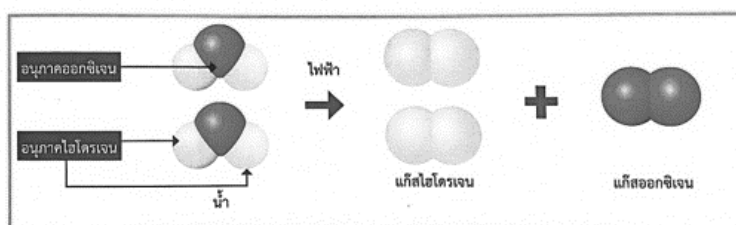
3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และสารประกอบพร้อมให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบการสร้างแบบจำลอง (P)
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ สารประกอบ โดยใช้แบบจำลองและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (K)
3. ได้แย้งเกี่ยวกับหลักฐานที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง (P)
4. ทำงานเป็นกลุ่ม (A)
5. รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)

4. สารการเรียนรู้

ความสัมพันธ์ของอะตอม ธาตุและสารประกอบ

สารบริสุทธิ์บางชนิดสามารถแยกสลายเป็นองค์ประกอบมากกว่า 1 ชนิดที่มีสมบัติต่างจากเดิมเมื่อได้รับพลังงานที่เหมาะสม เช่น เมื่อแยกน้ำ ซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์ด้วยไฟฟ้าจะได้แก๊สออกซิเจนและแก๊สไฮโดรเจนอัตราส่วนคงที่ แสดงว่าน้ำมีองค์ประกอบ 2 ชนิดมารวมตัวกัน (ดังภาพ 1)



ภาพ 1 น้ำมีองค์ประกอบเป็นอนุภาค 2 ชนิดแตกต่างกันเมื่อแยกน้ำด้วยไฟฟ้าจะทำให้อนุภาคไฮโดรเจนและอนุภาคออกซิเจนแยกออกจากกันและรวมกันเป็นแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจน

ที่มาภาพ: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ เล่ม 1 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ดังนั้น สารบริสุทธิ์ที่สามารถแยกสลายเป็นองค์ประกอบมากกว่า 1 ชนิด เรียกว่าสารประกอบ (compound) ส่วนสารบริสุทธิ์บางชนิดที่ไม่สามารถแยกสลายให้สารใหม่โดยวิธีทางเคมีได้เพราะมีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว เช่น ออกซิเจนและไฮโดรเจน เรียกว่า ธาตุ (element)

สารประกอบเป็นสารบริสุทธิ์ที่มีองค์ประกอบเป็นธาตุอย่างน้อย 2 ชนิดรวมตัวกันด้วยอัตราส่วนคงที่ สารประกอบแต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างจากสมบัติของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ เช่น น้ำเป็นสารประกอบที่เป็นของเหลวใสไม่มีสี มีองค์ประกอบเป็นออกซิเจนและไฮโดรเจน โดยทั่วไปธาตุออกซิเจนที่อยู่รวมกันโดยไม่มีธาตุอื่นอยู่ด้วยมีสมบัติเป็นแก๊สไม่มีสี ช่วยให้ไฟติด ส่วนธาตุไฮโดรเจนมีสมบัติเป็นแก๊สไม่มีสีและติดไฟได้ สารประกอบดังกล่าวมีอัตราส่วนของธาตุที่เป็นองค์ประกอบคงที่ เช่น น้ำมีอัตราส่วนระหว่างออกซิเจนและไฮโดรเจน 1: 2 สารประกอบที่พบในชีวิตประจำวันอีกชนิดหนึ่ง คือ เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ประกอบด้วยโซเดียมและคลอรีนในอัตราส่วน 1: 1 โดยโซเดียมคลอไรด์เป็นของแข็งสีขาวรับประทานได้ ส่วนธาตุโซเดียมเป็นของแข็งที่มีสีเงินวาว ส่วนธาตุคลอรีนเป็นแก๊สสีเหลืองอ่อนแฉะมีพิษ (ดังภาพ 2) ตัวอย่างสารประกอบอื่น ๆ แสดงดังตาราง 1



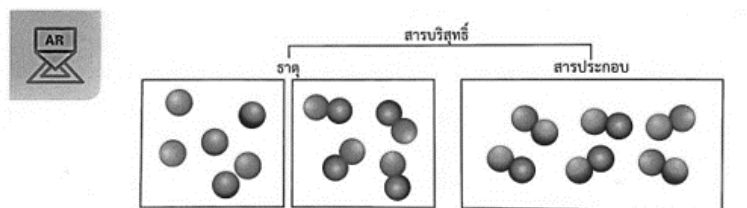
ภาพ 2 สารประกอบเกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ (ภาพซ้าย) มีองค์ประกอบ 2 ชนิดซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันคือโซเดียม (ภาพกลาง) และคลอรีน (ภาพขวา)

ที่มาภาพ: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ เล่ม 1 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ตาราง 1 ตัวอย่างสารประกอบและธาตุที่เป็นองค์ประกอบ

| ชื่อสาร | ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ | อัตราส่วนจำนวนอะตอมขององค์ประกอบ |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| น้ำ | ไฮโดรเจน และออกซิเจน | 2 : 1 |
| แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ | คาร์บอน และออกซิเจน | 1 : 2 |
| แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ | ไนโตรเจน และออกซิเจน | 1 : 2 |
| กลูโคส | คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน | 6 : 12 : 6 |
| เกลือแกง หรือโซเดียมคลอไรด์ | โซเดียม และคลอรีน | 1 : 1 |
| มีเทน | คาร์บอน และไฮโดรเจน | 1 : 4 |
| แอมโมเนีย | ไนโตรเจน และไฮโดรเจน | 1 : 3 |

ธาตุทุกชนิดเป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กเรียกว่าอะตอม (atom) อะตอมคือหน่วยที่เล็กที่สุดของธาตุอะตอมของธาตุ แต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน (ดังภาพ 3) ในธรรมชาติธาตุอาจอยู่เป็นอะตอมเดี่ยว เช่น ทอง หรืออาจมีอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันหลาย ๆ อะตอมอยู่รวมกัน เช่น แก๊สออกซิเจน ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจน 2 อะตอม แก๊สไฮโดรเจนประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม



ภาพ 3 สารบริสุทธิ์แบ่งได้เป็นธาตุและสารประกอบธาตุประกอบด้วยอะตอมเพียงชนิดเดียวโดยธาตุอาจอยู่เป็นอะตอมเดี่ยวหรือมีตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไปอยู่รวมกันส่วนสารประกอบประกอบด้วยอะตอมต่างชนิดกันอยู่รวมกัน

ที่มาภาพ: หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ เล่ม 1 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ประวัติของตารางธาตุและสัญลักษณ์ของตารางธาตุ

ตารางธาตุถูกศึกษา ค้นคว้า และจัดทำขึ้นเป็นครั้งแรก โดยนักเคมี ชาวรัสเซีย ดมีตรี อีวาโนวิช เมนเดเลเยฟ (Dmitri Ivanovich Mendeleev) ในปี 1869 ผ่านการจัดเรียงธาตุแต่ละตัวตามโครงสร้างภายในอะตอม ซึ่งการจัดทำตารางธาตุดังกล่าว ดมีตรีสามารถคาดการณ์ถึงธาตุ หรือคุณสมบัติของธาตุตัวต่อไป ที่ยังไม่ถูกค้นพบได้อีกด้วย เช่น แกลเลียม (Gallium) ซึ่ง ดมีตรีคาดเดาค่าคุณสมบัติของธาตุชนิดนี้ไว้ตั้งแต่ในปี 1871 ก่อนแกลเลียมถูกค้นพบภายหลังในอีก 4 ปีต่อมา (ในปี 1875) ขณะนั้นตารางธาตุได้รับการยอมรับและถูกตีพิมพ์อย่างแพร่หลาย แต่บนตารางธาตุมีธาตุปรากฏอยู่เพียง 69 ชนิด ก่อนได้รับการค้นพบธาตุชนิดใหม่ภายหลัง ทำให้ตารางธาตุได้รับการพัฒนาและปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ปัจจุบัน มีธาตุมากถึง 118 ธาตุ ตั้งแต่ธาตุที่ 1 (ไฮโดรเจน) ถึงธาตุที่ 118 (ออกาเนสซอน)

ธาตุทั้งหมด 98 พบได้ในธรรมชาติ อีก 16 ธาตุที่เหลือ นับตั้งแต่ ธาตุที่ 99 (ไอน์สไตเนียม) จนถึงธาตุที่ 118 (ออกาเนสซอน) ถูกสังเคราะห์ขึ้นในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น ในบรรดาธาตุ 98 ตัวที่พบในธรรมชาตินี้ มีธาตุ 84 ตัวที่เป็นธาตุดึกดำบรรพ์ และที่เหลืออีก 14 ธาตุปรากฏในโซ่ของการสลายตัวของธาตุดึกดำบรรพ์เหล่านั้น ยังไม่มีใครพบธาตุที่หนักกว่าไอน์สไตเนียม (ธาตุที่ 99) ในรูปธาตุบริสุทธิ์ ในปริมาณที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

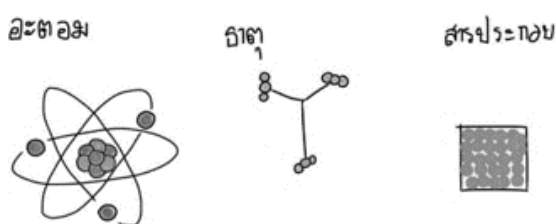
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ (การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน)

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

(15 นาที)

- 1) ครูแสดงบัตรคำ เกี่ยวกับ อะตอม ธาตุและสารประกอบที่พบในชีวิตประจำวัน (เช่น แก๊ส ออกซิเจน, แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, แก๊สไนโตรเจน, อะตอม, โซเดียมคลอไรด์, ฟลูออไรด์, แคลเซียม เป็นต้น)
- 2) นักเรียนเลือกบัตรคำที่ตัวเองสนใจหรือรู้จักคนละ 1 คำ จากนั้นอธิบายเกี่ยวกับบัตรคำที่นักเรียนหยิบได้
- 3) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5 คน โดยลดความสามารถของนักเรียน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันจัดกลุ่มบัตรคำ โดยกำหนดเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม ตามที่สนใจและให้เหตุผลว่า เพราะเหตุใดจึงใช้เกณฑ์ดังกล่าว (ตามสถานะ, ตามลักษณะรูปร่าง)
- 4) ครูระบุเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม ดังนี้ กลุ่มอะตอม, กลุ่มธาตุและกลุ่มสารประกอบ นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันแบ่งกลุ่ม นำเสนอ พร้อมคำอธิบายหรือเหตุผลว่าทำไมจึงคิดเช่นนั้น
- 5) นักเรียนสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบ โดยวาดภาพระบายสีในใบงานที่ 1 แบบจำลองอะตอม ธาตุและสารประกอบ

ตัวอย่างเช่น



- 6) ครูถามกระตุ้นความคิดของนักเรียนว่า จากแบบจำลองนักเรียนสร้างมีประเด็นอะไรที่อยากรู้เพิ่มเติมหรือประเด็นที่สงสัยและอยากหาคำตอบเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบ (สารประกอบมีขนาดใหญ่กว่าอะตอมและธาตุ จริงหรือไม่?, อะตอมมีขนาดเล็กกว่าธาตุและสารประกอบ จริงหรือไม่?, อะตอมเล็กที่สุดหรือไม่?, ธาตุเกิดจากอะตอมเพียงชนิดเดียวหรือไม่?)

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

(35 นาที)

- 7) นักเรียนตั้งสมมติฐานต่อประเด็นคำถาม (เช่น สารประกอบมีจำนวนอะตอมมากกว่าธาตุ, อะตอมมีขนาดเล็กที่สุด, ธาตุเกิดจากอะตอมเพียงชนิดเดียว, สารประกอบเกิดจากธาตุต่างชนิดกัน)
- 8) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอวิธีการตรวจสอบสมมติฐานหรือวิธีการเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานข้างต้น พร้อมให้เหตุผล (เช่น ศึกษาจากหนังสือเรียน, ศึกษาจากวิดีโอ, การทดลองหรือการทำกิจกรรม)
- 9) ครูให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอการทดลองแยกน้ำด้วยไฟฟ้า
<https://www.youtube.com/watch?v=rmjPKvWA09g> จากนั้นครูถามคำถามจากคลิปวิดีโอการทดลอง (จากการทดลองแยกน้ำด้วยไฟฟ้า พบว่า ได้แก๊ส 2 ชนิด คือ ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน นักเรียนคิดว่า จะแยกสารนั้นต่อไปได้อีกหรือไม่?, สารบริสุทธิ์ที่สามารถแยกสลายเป็นองค์ประกอบมากกว่า 1 ชนิด เรียกว่า สารประกอบหรือไม่)
- 10) นักเรียนลงมือปฏิบัติสืบค้นและศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่นักเรียนตั้งไว้เกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบ (เช่น วิดีโอเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบ และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์หรือTextbook ที่มีภาพสารประกอบ ธาตุและอะตอม)
ตัวอย่างแหล่งสืบค้น
 หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ม.1 เล่ม 1 สสวท. หน้า 38 – 48
 หนังสืออิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับอะตอม ธาตุ และสารประกอบ
<https://proj14.ipst.ac.th/m1/m1-sci-book1/sci-m1b1-012/>
 วิดีทัศน์ ธาตุและสารประกอบ อะไร คือ ส่วนที่เล็กที่สุดของธาตุ?
<https://www.youtube.com/watch?v=Qc2n1noGzzY>
- 11) นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกสิ่งที่ได้จากการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ และลงข้อสรุปผลจากการสืบค้นข้อมูล ลงในใบงานที่ 2 บันทึกการสืบค้นเกี่ยวกับอะตอม ธาตุ และสารประกอบ

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

(50 นาที)

- 12) นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุป แล้วนำเสนอข้อค้นพบและหลักฐาน
- 13) นักเรียนร่วมกิจกรรมการโต้แย้ง “แบบจำลองไหน ที่ใช่ ใช้อธิบายความสัมพันธ์ของอะตอม ธาตุ และสารประกอบ” โดยแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองที่ปรับปรุง พร้อมแสดงหลักฐาน และให้เหตุผลในการปรับปรุงแบบจำลองในครั้งนี้

ตัวอย่างเช่น

| | | | | | |
|--------------|------|-----------|--------------|------|-----------|
| อะตอม | ธาตุ | สารประกอบ | อะตอม | ธาตุ | สารประกอบ |
| | | | | | |
| แบบจำลองเดิม | | | แบบจำลองใหม่ | | |

หลักฐาน จากการสืบค้น พบว่า อะตอม มีอนุภาคขนาดเล็กที่สุด เป็นองค์ประกอบภายในของธาตุและสารประกอบ ธาตุ มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว สารประกอบ มีองค์ประกอบของธาตุมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไปมารวมตัวกันในอัตราส่วนคงที่

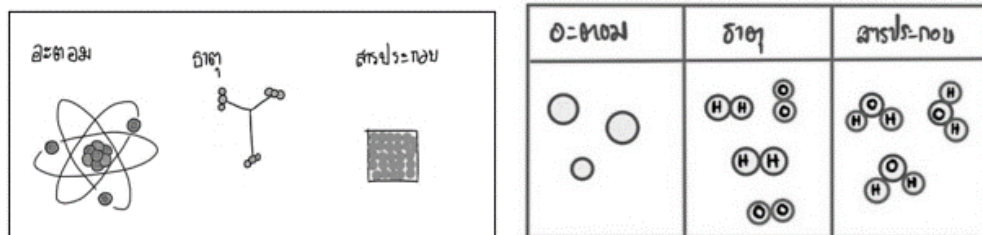
- 14) นักเรียนกลุ่มอื่นสร้างข้อโต้แย้ง ด้วยคำถามให้สอดคล้องกันในแต่ละกลุ่ม (เช่น แบบจำลองที่นำเสนอสอดคล้องกับข้อมูลที่นักเรียนรวบรวมหรือไม่ อย่างไร, แบบจำลองที่นำเสนอเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร) จากนั้นนักเรียนทั้งชั้นลงข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของอะตอม ธาตุและสารประกอบ
- 15) นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองของแต่ละกลุ่มได้มาจากข้อสรุปของห้อง

ตัวอย่างเช่น

| | | |
|-------|------|-----------|
| | | |
| อะตอม | ธาตุ | สารประกอบ |

- 16) ครูนำเสนอแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น หรือแบบจำลองในหนังสือเรียนและให้นักเรียนอภิปรายเปรียบเทียบ แบบจำลองอะตอม ธาตุและสารประกอบ เหมือนกันและแตกต่างกันอย่างไร แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเหมือนหรือแตกต่างจากแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นไว้หรือไม่ อย่างไร จนได้ข้อสรุปว่า อะตอม มีอนุภาคขนาดเล็กที่สุด เป็นองค์ประกอบภายในของธาตุและสารประกอบ ธาตุ มีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว และ สารประกอบ มีองค์ประกอบของธาตุมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไปมารวมตัวกันในอัตราส่วนคงที่
- 17) นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตัวเองครั้งสุดท้าย พร้อมให้เหตุผล

ตัวอย่างเช่น



แบบจำลองครั้งแรก

แบบจำลองครั้งสุดท้าย

เหตุผล: อะตอม เป็นภาพแบบจำลองแทนอนุภาคขนาดเล็ก ๆ มีอิเล็กตรอนล้อมรอบ มีขนาดเล็กที่สุด เป็นองค์ประกอบภายในของธาตุและสารประกอบ ดังนั้น ธาตุ เป็นภาพแบบจำลองแทนอนุภาคที่มีลักษณะเหมือนกัน สีเหมือนกัน เพราะมีองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว และมีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้นภาพสารประกอบ เป็นภาพแบบจำลองแทนอนุภาคคนละสีประกอบกัน เพราะมีองค์ประกอบมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป ในอัตราส่วนคงที่

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

(10 นาที)

- 18) ครูกระตุ้นด้วยคำถามว่านักเรียนสงสัยหรือไม่ว่าธาตุมีมากน้อยเพียงใด จากนั้นนักเรียนดูคลิปลงรูปเกี่ยวกับประวัติของธาตุและสัญลักษณ์ของธาตุ

<https://www.youtube.com/watch?v=E3WOp195euE>

- 19) ครูถามคำถามนักเรียนว่า “สารประกอบบางอันมีชื่อยาว เราจะมีวิธีการเขียนแบบสั้นๆ ได้อย่างไร
- 20) ครูอธิบายการเขียนสูตรเคมีของสารประกอบ พร้อมยกตัวอย่าง ดังนี้

| ชื่อสาร | สูตรเคมี |
|----------|------------------|
| น้ำ | H ₂ O |
| เกลือแกง | NaCl |



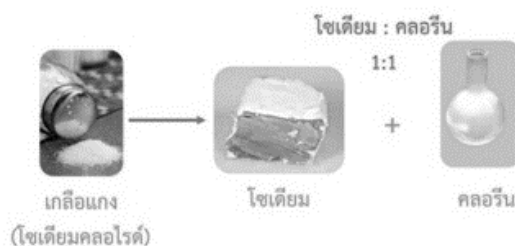
เขียนสูตรเคมีของสาร H₂O
อัตราส่วน 1:2

ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)

(20 นาที)

21) คุรยกตัวอย่างภาพที่เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายความสัมพันธ์ของสารที่อยู่ในภาพกลุ่มละ 1 เหตุการณ์ พร้อมนำเสนอโดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นในการอธิบาย ดังนี้

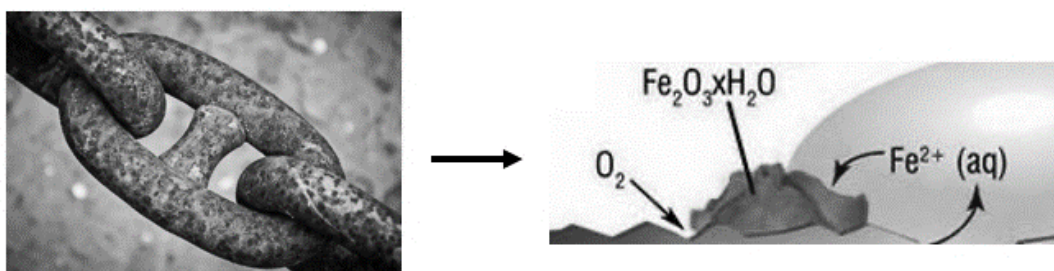
1. ภาพการใช้เกลือถนอมอาหาร



ที่มาภาพ <https://www.scb.co.th/th/personal-banking/stories/tips-for-you/food-preservation.html>

แนวคำตอบ เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นสารประกอบที่เกิดจากธาตุโซเดียม (Na) 1 อะตอม และ คลอรีน (Cl) 1 อะตอม รวมตัวกัน

2. ภาพการเกิดสนิมเหล็ก



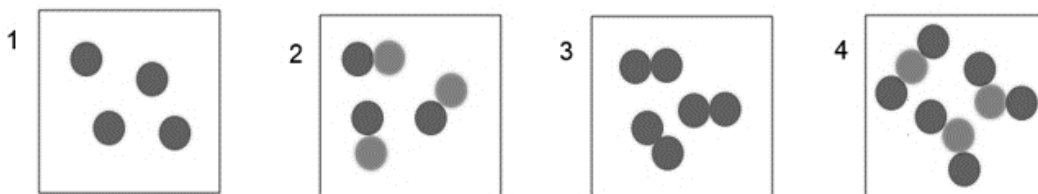
ที่มาภาพ <https://www.chi.co.th/article/article-2117/>

แนวคำตอบ สนิมเหล็ก ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) เกิดจาก เหล็ก (Fe^{2+}) จับตัวกับไอน้ำ (H_2O) ในอากาศ (O_2) ดังนั้น สนิมเหล็กเป็นสารประกอบที่เกิดจากธาตุ เหล็ก (Fe) 2 อะตอม, ออกซิเจน (O) 4 อะตอม, ไฮโดรเจน (H) 2 อะตอม รวมตัวกัน

ขั้นประเมิน (Evaluation)

(20 นาที)

22) ครูให้นักเรียนเลือกตอบ ว่าภาพใดเป็นองค์ประกอบของธาตุและภาพใดเป็นองค์ประกอบของสารประกอบ พร้อมให้เหตุผลประกอบ



แนวคำตอบ

แนวคำตอบ 1,3 เพราะ มีอะตอมที่เป็นองค์ประกอบเพียงชนิดเดียว

2,4 เพราะ มีอะตอมที่เป็นองค์ประกอบมากกว่า 1 ชนิด

23) ครูยกตัวอย่างภาพน้ำตาลทราย, ภาพควันท่อไอเสียรถยนต์, ให้นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ของสารที่อยู่ในใบงานที่ 3 อะตอม ธาตุ สารประกอบในชีวิตประจำวัน

6. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) ม.1 เล่ม 1 หน้า 39 - 48
- 2) ใบงานที่ 1 แบบจำลองอะตอม ธาตุและสารประกอบ
- 3) ใบงานที่ 2 บันทึกการสืบค้นเกี่ยวกับอะตอม ธาตุ และสารประกอบ
- 4) ใบงานที่ 3 อะตอม ธาตุ สารประกอบในชีวิตประจำวัน
- 5) ภาพสารตัวอย่าง
- 6) วิดีทัศน์ การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า <https://www.youtube.com/watch?v=rmjPKvWA09g>
- 7) วิดีทัศน์ ประวัติความเป็นมาของธาตุและสัญลักษณ์ของธาตุ

7. การวัดและประเมินผล

| รายการวัด | วิธีวัด | เครื่องมือ | เกณฑ์การประเมิน |
|---|--|--|---|
| 1. สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุและสารประกอบพร้อมให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบการสร้างแบบจำลอง | - ตรวจใบงานที่ 1 เรื่องการสร้างแบบจำลอง - การนำเสนอแบบจำลองภาพวาดและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ | - แบบประเมินการสร้างแบบจำลองและการนำเสนอ | ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่าน |
| 2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุสารประกอบ โดยใช้แบบจำลองและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ | - ตรวจใบงานที่ 2 เรื่องอะตอม ธาตุสารประกอบในชีวิตประจำวัน | - แบบประเมินใบงานที่ 2 เรื่อง อะตอม ธาตุสารประกอบในชีวิตประจำวัน | ได้คะแนนร้อยละ 70 ขึ้นไปถือว่าผ่าน |
| 3. ได้แย้งเกี่ยวกับหลักฐานที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลอง | - กิจกรรมการโต้แย้ง | - แบบประเมินการโต้แย้ง | ระดับดีขึ้นไป ถือว่าผ่าน |
| 4. ทำงานเป็นกลุ่ม | - สังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมกลุ่ม | - แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม (ภาคผนวก) | ระดับคุณภาพพอใช้ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ |
| 5. รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย | - การส่งงานตรงเวลา | แบบประเมินความรับผิดชอบ (ภาคผนวก) | ระดับพอใช้ขึ้นไปถือว่าผ่าน |

8. บันทึกผลหลังการสอน

8.1 ผลที่เกิดกับผู้เรียน

8.2 ผลการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้น

8.2.1 ขั้นสร้างความสนใจ

8.2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา

8.2.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

8.2.4 ขั้นขยายความรู้

8.2.5 ขั้นประเมิน

8.3 ปัญหา/อุปสรรค

8.4 แนวทางการแก้ไข

ใบงานที่ 1

การสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบ

กลุ่มที่.....

สมาชิก 1.....

2.....

3.....

4.....

5.....

ส่วนที่ 1 แบบจำลองเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบตามความรู้เดิม

อะตอม

ธาตุ

สารประกอบ



คำอธิบาย

.....

.....

.....

.....

ส่วนที่ 2 แบบจำลองเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบปรับปรุงครั้งที่ 1

อะตอม

ธาตุ

สารประกอบ

เหตุผล/หลักฐานที่ใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง

.....

.....

.....

ส่วนที่ 2 แบบจำลองเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบปรับปรุงครั้งที่ 2 (ครั้งสุดท้าย)

อะตอม

ธาตุ

สารประกอบ

เหตุผล/หลักฐานที่ใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง

.....

.....

.....

แบบประเมินใบงานที่ 1 การสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบ
กลุ่มที่

สมาชิก1)

2)

3)

4)

5)

ผู้ประเมิน

คำชี้แจง ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคุณภาพ

| ประเด็นการประเมิน | คำอธิบายระดับคุณภาพ | | | |
|--|---|---|---|--|
| | ดีมาก (4) | ดี (3) | พอใช้ (2) | ควรปรับปรุง (1) |
| 1. ความถูกต้องด้านเนื้อหา แบบจำลองสำหรับใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และสารประกอบ | <input type="checkbox"/> 1) แสดงอะตอม ธาตุ และสารประกอบได้ถูกต้องตามหลักการ 2) ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และสารประกอบได้ชัดเจน | <input type="checkbox"/> 1) แสดงอะตอม ธาตุ และสารประกอบได้ 2) ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และสารประกอบได้บางส่วน | <input type="checkbox"/> 1) แสดงอะตอม ธาตุ และสารประกอบได้ 2) ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และสารประกอบไม่ได้ | <input type="checkbox"/> 1) ไม่สามารถแสดงอะตอม ธาตุ และสารประกอบได้ 2) ไม่สามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอะตอม ธาตุ และสารประกอบได้ |
| 2. การให้เหตุผลประกอบการสร้างแบบจำลอง | <input type="checkbox"/> ใช้หลักฐาน ข้อมูล และหลักการร่วมกันในการสร้างแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล (ให้เหตุผลประกอบ) | <input type="checkbox"/> ใช้หลักฐาน หรือหลักการในการสร้างแบบจำลองได้ถูกต้อง สมเหตุสมผล | <input type="checkbox"/> ใช้หลักฐาน หรือหลักการในการสร้างแบบจำลองได้ แต่ไม่สมเหตุสมผล | <input type="checkbox"/> สร้างแบบจำลองโดยไม่อิงหลักฐาน หรือ หลักการ |

การแปลความหมายระดับ

7 - 8 หมายถึง ดีมาก 5 - 6 หมายถึง ดี 3 - 4 หมายถึง พอใช้ 1 - 2 หมายถึง ควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมิน ระดับดีขึ้นไป ถือว่า ผ่าน

ใบงานที่ 2

การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับอะตอม ธาตุ และสารประกอบ

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่ได้จากการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ และลงข้อสรุปผลจากการสืบค้นข้อมูล

คำถาม (ใส่ประเด็นคำถามที่อยากรู้หรืออยากหาคำตอบเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง)

.....

.....

สมมติฐาน/ข้อสันนิษฐาน (การคาดคะเนล่วงหน้าจากประสบการณ์ ความรู้ หรือหลักการที่มี)

.....

.....

วิธีการสำรวจตรวจสอบ

.....

.....

.....

.....

ผลการสืบค้น/สำรวจ (ออกแบบตารางการบันทึกผลตามความเหมาะสม)

สรุป

.....

.....

.....

แนวคำตอบ

ใบงานที่ 2 สิ่งที่ได้รับจากการสืบค้นเกี่ยวกับอะตอม ธาตุ และสารประกอบ

คำถาม (ใส่ประเด็นคำถามที่อยากรู้หรืออยากหาคำตอบเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง)

- อะตอมมีขนาดเล็กกว่าธาตุและสารประกอบ จริงหรือไม่?

- อะตอมเล็กที่สุดหรือไม่?

- ธาตุเกิดจากอะตอมเพียงชนิดเดียวหรือไม่?

- ธาตุมีขนาดใหญ่กว่าอะตอมจริงหรือไม่?

- สารประกอบมีขนาดใหญ่กว่าอะตอมและธาตุ จริงหรือไม่?

- สารประกอบเกิดจากธาตุมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไปหรือไม่?

สมมติฐาน/ข้อสันนิษฐาน (การคาดคะเนล่วงหน้าจากประสบการณ์หรือความรู้หรือหลักการที่มี)

- ขนาดของอะตอมเล็กกว่าธาตุและสารประกอบ

- อะตอมมีขนาดเล็กที่สุด

- ธาตุเกิดจากอะตอมเพียงชนิดเดียว

- ธาตุมีขนาดใหญ่กว่าอะตอม

- สารประกอบมีขนาดใหญ่กว่าอะตอมและธาตุ

- สารประกอบเกิดจากธาตุมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป



วิธีการสำรวจตรวจสอบ

สืบค้นจาก

- หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) ม.1 เล่ม 1 หน้า 39 – 48
- วิดีทัศน์ การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า <https://www.youtube.com/watch?v=rmjPKvWA09g>

ผลการสืบค้นสำรวจ (ออกแบบตารางการบันทึกผลตามความเหมาะสม)

| แหล่งข้อมูล | ผล |
|--|--|
| หนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) ม.1 เล่ม 1 | อะตอม เป็นอนุภาคขนาดเล็ก ๆ มีอิเล็กตรอนล้อมรอบ มีขนาดเล็กที่สุด เป็นองค์ประกอบภายในของธาตุและสารประกอบ ธาตุ เป็นอนุภาคที่มีลักษณะเหมือนกัน สีเหมือนกัน เพราะมีองค์ประกอบเพียง |
| | ชนิดเดียว และมีขนาดใหญ่กว่าสารประกอบ เป็นอนุภาคคนละสี ประกอบกัน เพราะมีองค์ประกอบมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป ในอัตราส่วนคงที่ |
| วีดิทัศน์ การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า | - น้ำประกอบด้วยธาตุ 2 ชนิด คือ ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน - น้ำเป็นสารประกอบ น้ำเมื่อแยกด้วยไฟฟ้าได้เป็นแก๊สไฮโดรเจนซึ่งเป็นธาตุ และแก๊สออกซิเจน |

สรุป

ธาตุ คือ สารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยธาตุหรือสารชนิดเดียว ไม่สามารถแยกหรือสลายออกเป็นสารอื่นได้ อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุเรียกว่า อะตอม ซึ่งประกอบด้วยอิเล็กตรอนวิ่งวนรอบนิวเคลียสที่ประกอบด้วยโปรตอน และ นิวตรอน และสารประกอบ เป็นสารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมกัน ด้วยแรงยึดเหนี่ยวทางเคมี เกิดเป็นสารชนิดใหม่ เรียกว่าสารประกอบ

ใบงานที่ 3

อะตอม ธาตุ สารประกอบในชีวิตประจำวัน

คำชี้แจง ให้นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ของสารต่อไปนี้ให้ถูกต้อง ครบถ้วน

ข้อที่ 1 น้ำตาลทราย



ที่มาภาพ

<https://www.siamchemi.com/%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B8%A5/>

เกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 1 "น้ำตาลทราย"

| คะแนน | แนวคำตอบ |
|-------|---|
| 2 | มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ถูกต้อง พร้อมทั้งแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ ว่า - เป็นสารประกอบ เพราะ น้ำตาลทรายหรือซูโครส ($C_{12}H_{22}O$) เป็นสารประกอบที่เกิดจากธาตุ คาร์บอน (C) 12 อะตอม, ไฮโดรเจน (H) 12 อะตอม, ออกซิเจน (O) 1 อะตอม รวมตัวกัน |
| 1 | มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ถูกต้อง แต่ไม่แสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ เช่น - เป็นสารประกอบ เพราะ มีธาตุมากกว่า 1 ชนิด - เป็นสารประกอบ เพราะ มีธาตุคาร์บอนและออกซิเจน |
| 0 | ไม่มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุป หรือ แสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง |

ข้อที่ 2 คว้นจากท่อไอเสียรถยนต์



ที่มาภาพ

<https://www.cartrack.co.th/%E0%B8%A3%E0%B8%96%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B3>

เกณฑ์การให้คะแนนข้อที่ 2 "คว้นจากท่อไอเสียรถยนต์"

| คะแนน | แนวคำตอบ |
|-------|---|
| 2 | มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ถูกต้อง พร้อมทั้งแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ ว่า <ul style="list-style-type: none"> - เป็นสารประกอบ เพราะ คว้นจากท่อไอเสียรถยนต์เกิดจากคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) เป็นสารประกอบที่เกิดจากธาตุ คาร์บอน (C) 1 อะตอม, ออกซิเจน (O) 1 อะตอม และมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นสารประกอบที่เกิดจากธาตุ คาร์บอน (C) 1 อะตอม, , ออกซิเจน (O) 2 อะตอม รวมตัวกัน นอกจากนี้ยังมี ธาตุคาร์บอน (C) เป็นเขม่าคว้น |
| 1 | มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ถูกต้อง แต่ไม่แสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ เช่น <ul style="list-style-type: none"> - เป็นสารประกอบ เพราะ มีธาตุมากกว่า 1 ชนิด - เป็นสารประกอบ เพราะ มีธาตุคาร์บอนและออกซิเจน |
| 0 | ไม่มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุป หรือ แสดงเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง |



ภาคผนวก ค
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จากการประเมินแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านของความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนต่อการนำไปใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้าน การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ท่าน มีผลการประเมินดังนี้

ตาราง 9 แสดงผลการประเมินหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

| ข้อ | รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | IOC | ผลการพิจารณา |
|-----|-----------------------------------|----------------------------|---------|---------|------|--------------|
| | | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| 1 | การตกผลึกของสาร | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 2 | ทำไม้ไฟจึงติด | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 3 | การหักเหของแสง | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 4 | ลมบกและลมทะเล | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 5 | ชายผู้มีไตข้างเดียว | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 6 | โทษเกี่ยวกับความร้อน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 7 | การสูงขึ้นของระดับน้ำในกระบอกตวง | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 8 | การทดลองเกี่ยวกับขวดพลาสติก | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 9 | การหลอมเหลวของเนยแข็ง | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 10 | พฤติกรรมของแม่ไก่ | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 11 | วัสดุที่ใช้ทำแก้วน้ำ | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 12 | พื้นผิวกับการเคลื่อนที่ของแท่งไม้ | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 13 | ดองผักกาดกับการแพร่ของสาร | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 14 | ดินเปรี้ยวของชาวนา | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |
| 15 | การป้องกัน การเกิดสนิม | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่านเกณฑ์ |

ตาราง 10 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนต่อการนำไปใช้ของแบบ
วัดฯ

| ข้อ | รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | IOC | ผลการพิจารณา |
|-----|-----------------------------------|----------------------------|---------|---------|-----|--------------|
| | | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| 1 | การตกผลึกของสาร | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 2 | ทำไม่ไฟจึงติด | 5 | 5 | 4 | 4.6 | มาก |
| 3 | การหักเหของแสง | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 4 | ลมบกและลมทะเล | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 5 | ชายผู้มีไตข้างเดียว | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 6 | โทษสีกับความร้อน | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 7 | การสูงขึ้นของระดับน้ำในกระบอกตวง | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 8 | การทดลองเกี่ยวกับขวดพลาสติก | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 9 | การหลอมเหลวของเนยแข็ง | 4 | 5 | 5 | 4.6 | มาก |
| 10 | พฤติกรรมของแม่ไก่ | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 11 | วัสดุที่ใช้ทำแก้วน้ำ | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 12 | พื้นผิวกับการเคลื่อนที่ของแท่งไม้ | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 13 | ดองผักกาดกับการแพร่ของสาร | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 14 | ดินเปรี้ยวของชาวนา | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |
| 15 | การป้องกันการเกิดสนิม | 5 | 5 | 5 | 5 | มากที่สุด |

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารรอบตัว ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้
โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จากการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ในด้านของความสอดคล้องของรูปแบบดังกล่าว กับนิยามความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความเหมาะสมของความเหมาะสม ของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 ท่าน มีผลการประเมินดังนี้

ตาราง 11 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐานกับนิยามความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | IOC | ผลการพิจารณา |
|---|----------------------------|---------|---------|------|--------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| แผนที่ 1 | | | | | |
| 1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ (มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อ/แหล่งเรียนรู้) มีความ สอดคล้อง กัน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 2. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 3. กิจกรรมและคำถามในขั้นที่ 1 มีความ สอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดย ใช้แบบจำลองเป็นฐาน | 0 | +1 | +1 | 0.67 | ผ่าน |
| 4. กิจกรรมและคำถามในขั้นที่ 2 มีความ สอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดย ใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 5. กิจกรรมและคำถามในขั้นที่ 3 มีความ สอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดย ใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |

ตาราง 11 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | IOC | ผลการพิจารณา |
|---|----------------------------|---------|---------|------|--------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| 6. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 4 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 7. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 5 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | 0 | +1 | 0.67 | ผ่าน |
| 8. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 9. ความถูกต้องของแนวคิด/องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| แผนที่ 2 | | | | | |
| 1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ (มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อ/แหล่งเรียนรู้) มีความสอดคล้องกัน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 2. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |

ตาราง 11 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | IOC | ผลการพิจารณา |
|---|----------------------------|---------|---------|------|--------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| 3. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 1 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 4. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 2 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | 0 | +1 | +1 | 0.67 | ผ่าน |
| 5. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 3 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | 0 | +1 | 0.67 | ผ่าน |
| 6. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 4 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 7. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 5 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 8. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 9. ความถูกต้องของแนวคิด/องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |

ตาราง 11 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | IOC | ผลการพิจารณา |
|---|----------------------------|---------|---------|------|--------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| แผนที่ 3 | | | | | |
| 1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ (มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อ/แหล่งเรียนรู้) มีความสอดคล้องกัน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 2. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | 0 | 0.67 | ผ่าน |
| 3. กิจกรรมและคำถามในขั้นที่ 1 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 4. กิจกรรมและคำถามในขั้นที่ 2 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 5. กิจกรรมและคำถามในขั้นที่ 3 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 6. กิจกรรมและคำถามในขั้นที่ 4 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |

ตาราง 11 (ต่อ)

| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | IOC | ผลการพิจารณา |
|---|----------------------------|---------|---------|------|--------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| 7. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 5 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 8. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 9. ความถูกต้องของแนวคิด/องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| แผนที่ 4 | | | | | |
| 1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ (มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อ/แหล่งเรียนรู้) มีความสอดคล้องกัน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 2. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | 0 | 0.67 | ผ่าน |
| 3. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 1 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 4. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 2 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |

ตาราง 11 (ต่อ)

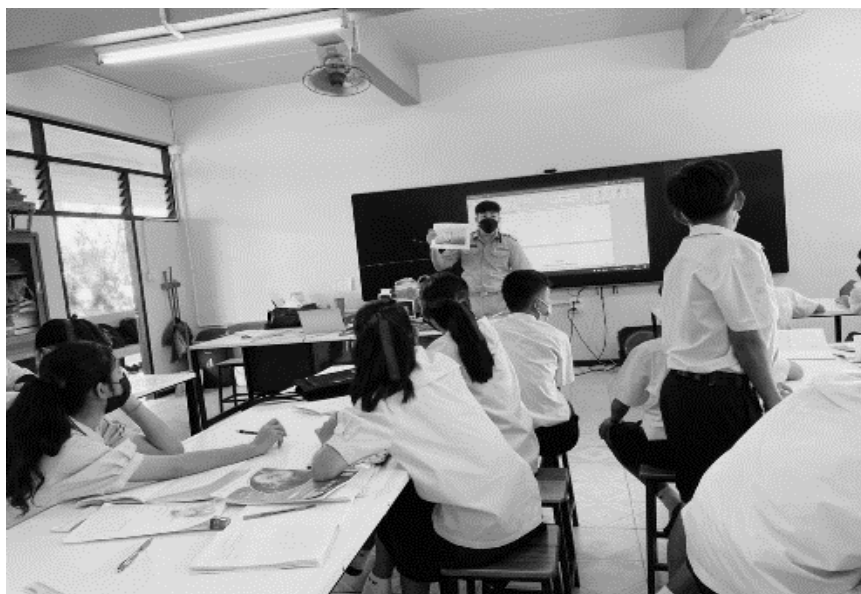
| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | IOC | ผลการพิจารณา |
|---|----------------------------|---------|---------|------|--------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| 5. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 3 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 6. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 4 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 7. กิจกรรมและคำถามในชั้นที่ 5 มีความสอดคล้องกับรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 8. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |
| 9. ความถูกต้องของแนวคิด/องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ | +1 | +1 | +1 | 1.00 | ผ่าน |

ตาราง 12 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้

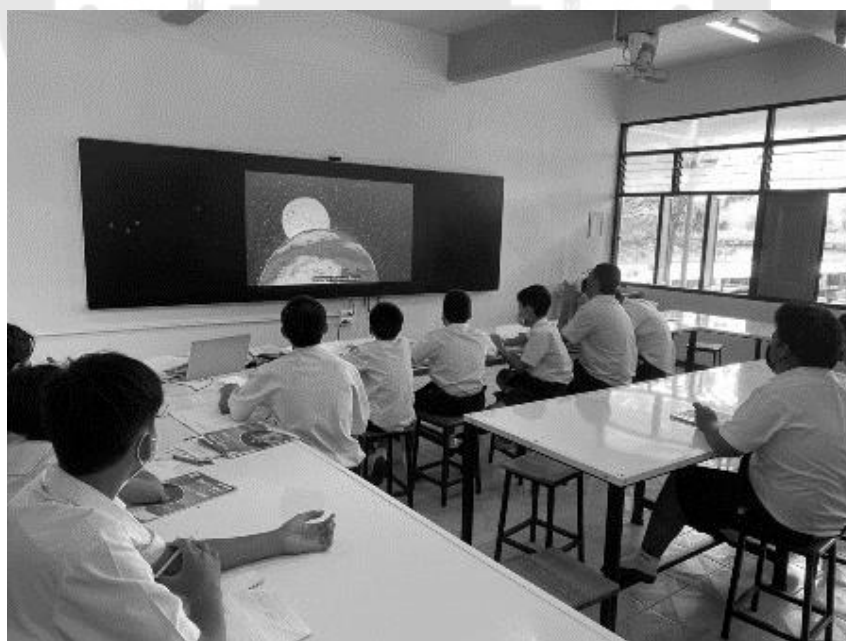
| รายการประเมิน | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | IOC | ผลการพิจารณา |
|---|----------------------------|---------|---------|------|--------------|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | |
| แผนที่ 1 | | | | | |
| 1. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ | 4 | 4 | 5 | 4.33 | มาก |
| 2. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ | 5 | 4 | 5 | 4.66 | มาก |
| 3. ความเหมาะสมของคำถามในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | 4 | 5 | 4 | 4.33 | มาก |
| 4. ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ | 4 | 5 | 5 | 4.66 | มาก |
| 5. ความเหมาะสมของภาษา | 5 | 4 | 5 | 4.66 | มาก |
| แผนที่ 2 | | | | | |
| 1. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ | 5 | 5 | 5 | 5.00 | มากที่สุด |
| 2. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ | 4 | 5 | 4 | 4.33 | มาก |
| 3. ความเหมาะสมของคำถามในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | 4 | 4 | 4 | 4.00 | มาก |
| 4. ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ | 4 | 5 | 4 | 4.33 | มาก |
| 5. ความเหมาะสมของภาษา | 5 | 4 | 5 | 4.66 | มาก |
| แผนที่ 3 | | | | | |
| 1. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ | 5 | 5 | 5 | 5.00 | มากที่สุด |
| 2. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ | 4 | 5 | 5 | 4.66 | มาก |
| 3. ความเหมาะสมของคำถามในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | 4 | 5 | 5 | 4.66 | มาก |
| 4. ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ | 4 | 4 | 5 | 4.33 | มาก |
| 5. ความเหมาะสมของภาษา | 5 | 5 | 4 | 4.66 | มาก |
| แผนที่ 4 | | | | | |
| 1. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ | 5 | 5 | 5 | 5.00 | มากที่สุด |
| 2. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ | 4 | 4 | 4 | 4.00 | มาก |
| 3. ความเหมาะสมของคำถามในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | 5 | 5 | 5 | 5.00 | มากที่สุด |
| 4. ความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ | 4 | 4 | 5 | 4.33 | มาก |
| 5. ความเหมาะสมของภาษา | 5 | 4 | 5 | 4.66 | มาก |

ภาคผนวก ง
ประมวลภาพกิจกรรมการเรียนการสอน





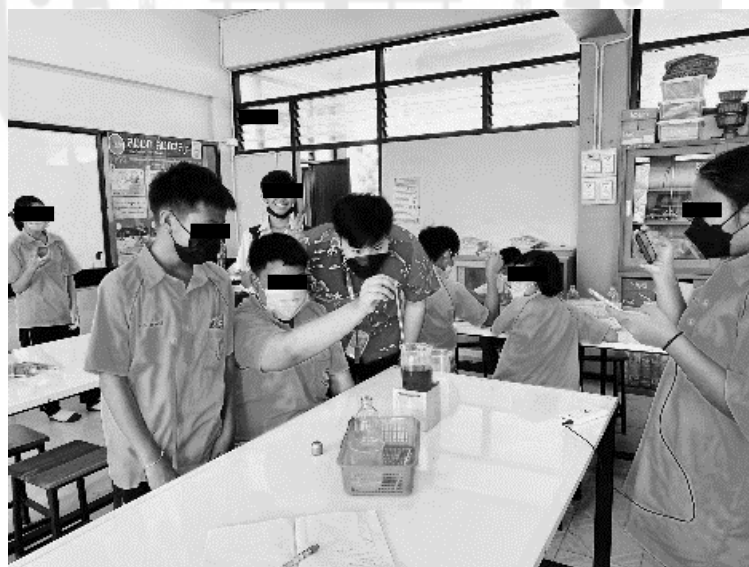
ภาพประกอบ 40 ตัวอย่างการเล่าประสบการณ์ตามความรู้เดิมของนักเรียน



ภาพประกอบ 41 ตัวอย่างนักเรียนลงมือปฏิบัติสืบค้นและศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน



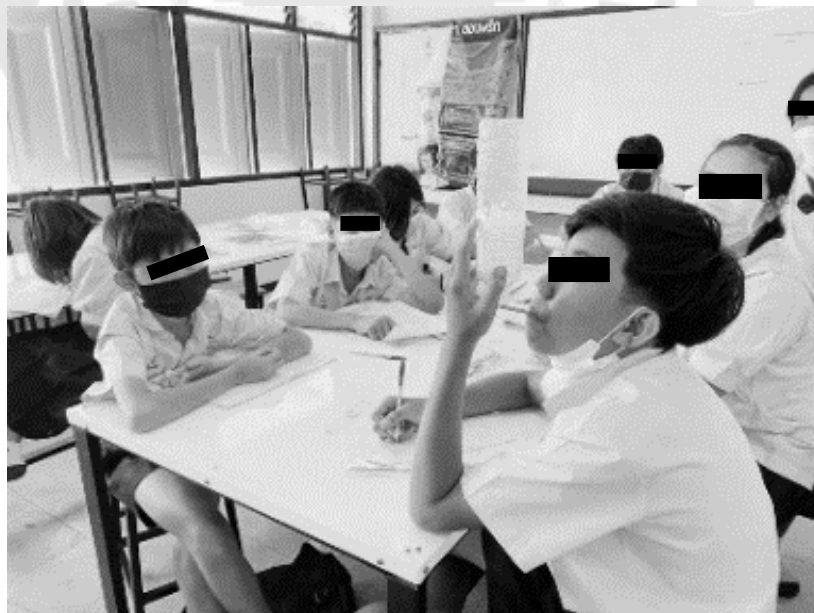
ภาพประกอบ 42 ตัวอย่างการทดลองเนื้อของแข็งได้รับความร้อน



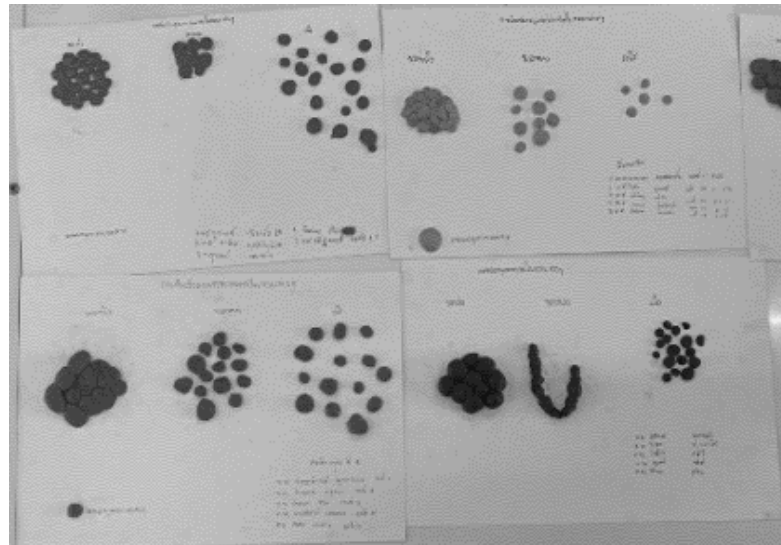
ภาพประกอบ 43 ตัวอย่างการทดลองเนื้อของเหลวได้รับความร้อน



ภาพประกอบ 44 ตัวอย่างการทดลองเมื่อแก๊สได้รับความร้อน



ภาพประกอบ 45 ตัวอย่างการทดลองเรื่อง อนุภาคของแข็ง ของเหลว และแก๊ส พร้อมบันทึกผลการทดลอง



ภาพประกอบ 46 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลอง



ภาพประกอบ 47 ตัวอย่างนักเรียนนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น



ภาคผนวก จ
ใบรับรองโครงการวิจัย



หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและไบนินยอม

หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 197/2564E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจาก คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและ ข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นาย ธิติสันต์ ร่วมชาติสกุล

สังกัด: คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารที่รับรอง: 1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

| | |
|---|--|
| 1. แบบเสนอโครงการวิจัย | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 13 พฤษภาคม 2564 |
| 2. โครงร่างการวิจัย | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 13 พฤษภาคม 2564 |
| 3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 13 พฤษภาคม 2564 |
| 4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย | ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 13 พฤษภาคม 2564 |

(ลงชื่อ).....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิตรกุล)

กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-197/2564

วันที่ให้การรับรอง : 13/05/2564

วันหมดอายุใบรับรอง : 13/05/2565



ที่ อว 8718/

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

20 พฤษภาคม 2564

เรื่อง ขอแจ้งผลการพิจารณาโครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G- 197/2564E

เรียน นาย จิตสันต์ ร่วมชาติสกุล

สิ่งที่ส่งมาด้วย ใบรับรองโครงการวิจัย SWUEC/E/G-197/2564

ตามที่ท่านได้ส่งโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G 197/2564E เพื่อรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ นั้น

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าว บัดนี้ คณะกรรมการฯ ให้การรับรองโครงการวิจัยดังกล่าวแล้วเมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2564 รายละเอียดดังนี้

Certificate Number SWUEC/E/G-197/2564

Date of Approval 13 พฤษภาคม 2564 (อายุใบรับรองโครงการวิจัย 12 เดือน)

Date of Expiration 13 พฤษภาคม 2565

Continuing Review ทุก 12 เดือน (ครบกำหนดส่งรายงานครั้งแรก วันที่ 13 พฤษภาคม 2565)

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ขอความกรุณาให้ผู้วิจัยส่งรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยและต่ออายุการรับรองก่อนกำหนดวันหมดอายุ 30 วัน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีดำเนินการมาตรฐาน (SOPs version 2.0) ของคณะกรรมการฯ ทั้งนี้รายละเอียดของเอกสารที่ให้การรับรองตามที่ปรากฏใน Certificate of Approval (Certificate Number SWUEC/E/G-197/2564) ที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(แพทย์หญิงสุทธิพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
โทรศัพท์ 0-2649-5000 ต่อ 12430
โทรสาร 0-2259-1822

ประวัติผู้เขียน

| | |
|-------------------|---|
| ชื่อ-สกุล | นายธิดิสนต์ ร่วมชาติสกุล |
| วัน เดือน ปี เกิด | 23 มิถุนายน 2535 |
| สถานที่เกิด | จังหวัดสระบุรี |
| วุฒิการศึกษา | ปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) เอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 22/1 หมู่ 8 ตำบลท่าช้าง อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี 18160 |

