ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

น.ส.ปรารถนา เสือกลั่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF LEARNING USING HISTORICAL APPROACH ON SCIENTIFIC REASONING ABILITIES AND CHEMISTRY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Prathana Suaklun

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
FACULTY OF EDUCATION
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	น.ส.ปรารถนา เสือกลั่น
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปรารถนา เสือกลั่น : ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (EFFECTS OF LEARNING USING HISTORICAL APPROACH ON SCIENTIFIC REASONING ABILITIES AND CHEMISTRY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน ดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนใช้วิธีการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเที่ยง 0.89 การวิจัยระยะที่ 2 เป็นการทดลองเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ และ (2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์กับเกณฑ์ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยคือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ (1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเที่ยง 0.89 และ(2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.95 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงมาตรฐาน สถิติทดสอบที (t-test) และกำหนดเกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีโดยใช้คะแนนจุดตัด (Cut-off score) ซึ่งพิจารณาจากสัมประสิทธิ์ฟี (Phi coefficient)

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ร้อยละ 27.34 นักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนบางส่วนสามารถระบุตัวแปรอิสระได้ถูกต้องแต่ยังตั้งคำถามเชิงสาเหตุและตั้งสมมติฐานได้แบบไม่สมบูรณ์ ในขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนน้อยระบุตัวแปรอิสระไม่ได้ ตั้งคำถามเชิงสาเหตุแบบไม่สมบูรณ์ และตั้งสมมติฐานด้วยประโยคคำถาม

2. หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2562	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6183347227 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORD: Scientific reasoning, Chemistry learning achievement, Historical approach

Prathana Suaklun : EFFECTS OF LEARNING USING HISTORICAL APPROACH ON SCIENTIFIC REASONING ABILITIES AND CHEMISTRY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. Advisor: PARINDA LIMPANONT PROMRATANA, Ed.D.

This research was an experimental research focusing on students' scientific reasoning ability and effects of learning using historical approach on students' scientific reasoning ability and their chemistry learning achievement. The first phase was qualitative data collection with the purpose to study the students' scientific reasoning ability. The instrument was the scientific reasoning test with reliability of 0.89. The second phase was a pre-experimental research with the purposes to (1) compare the scores of students' scientific reasoning ability between before and after learning through historical approach and (2) compare the scores of students' chemistry learning achievement after learning through historical approach with the criteria. The participants were thirty of 10^{th} grade – students from a private school in Bangrak District, Bangkok who were studying in the first semester of academic year 2020. The research instruments were (1) the scientific reasoning test with reliability of 0.89, and (2) the chemistry achievement test with reliability of 0.95. The collected data were analyzed by arithmetic mean, standard deviation, t-test and Cut-off score criteria which was determined by phi coefficient

The research findings were found that:

1. Students' average score of scientific reasoning ability was 27.34 percent. Student who has the scientific reasoning at "Somewhat complex" level can identify the independent variable. However, they still made incomplete causal questions and hypotheses. Student who has the scientific reasoning at "Least complex" level can not identify the independent variable and also made incomplete causal questions and used questions as hypotheses.

2. After learning through historical approach students' average score of scientific reasoning ability was higher than the score made before learning at .05 level of significance.

3. After learning through historical approach students' average score of chemistry learning achievement was higher than the criterion score at .05 level of significance.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Science Education	Student's Signature .....
Academic Year:	2019	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เนื่องจากอาจารย์ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้มอบความเมตตา ความรู้ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างมาก ตลอดจนการให้กำลังใจและข้อคิดในการใช้ชีวิตขณะที่ทำวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ผู้วิจัยได้รับความปรารถนาดีที่อาจารย์มอบให้ตลอดการเรียนในระดับบัณฑิตศึกษา จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบ ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยที่ให้โอกาสผู้วิจัยในการลาศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา และให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณคุณครูสุพัตรา จันทรโฆษิต หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คุณครูวศวิศว์ ปุณณสุขขีรมณ์ คุณครูไพรินทร์ กาญจนบุตร คุณครูสุวรรณา อัมพรดนัย คุณครูรักษพร แก้วบุญเรือน และคุณครูชนันท์ เกียรติสิริสาสน์ ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณนักเรียนที่เป็นตัวอย่างในงานวิจัยนี้ที่ตั้งใจเรียนและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวเป็นอย่างสูงในการดูแล ให้กำลังใจ และการสนับสนุนในทุก ๆ ด้านของผู้วิจัยตลอดมา รวมทั้งขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่เป็นกำลังใจในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์

ปรารถนา เสือกลั่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1. คำถามวิจัย 7

2. วัตถุประสงค์การวิจัย 8

3. สมมติฐานการวิจัย 9

4. ขอบเขตการวิจัย 9

5. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 11

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 14

1.1 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 14

1.2 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 17

1.3 แบบแผนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 18

1.4 องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 20

1.5 แนวทางการประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 30

1.6 แนวทางการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 36

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี 37
2.2 แนวทางในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 38
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ 39
3.1 ความหมายของแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ 40
3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ 41
3.3 รูปแบบในการบูรณาการวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ 45
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 46
4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 47
4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ 50
5. กรอบแนวคิดการวิจัย 52
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 53
1. รูปแบบการวิจัย 53
2. กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย 54
2.1 การเลือกโรงเรียน 55
2.2 การเลือกห้องเรียน 55
2.3 การเลือกกลุ่มเป้าหมาย 55
3. การพิทักษ์สิทธิ์และรักษาความลับของตัวอย่างวิจัย 57
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 58
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวมรวมข้อมูล 81
6. การวิเคราะห์ข้อมูล 86
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 91
ระยะที่ 1 ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 92

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่ 2 ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี 104
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 111
สรุปผลวิจัย 111
อภิปรายผล 113
ข้อเสนอแนะ 122
บรรณานุกรม 124
ภาคผนวก 131
รายการภาคผนวก 132
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 133
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 134
ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 181
ประวัติผู้เขียน 195

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ความสามารถในการคิดจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ 14

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนและองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของ Lawson 23

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผล และขั้นตอนในการตรวจสอบสมมติฐานของ Erlina 25

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความสามารถด้านการให้เหตุผลที่เป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 25

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบขั้นตอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 28

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการให้คะแนนของแบบทดสอบ LCTSR 33

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการให้คะแนนข้อคำถาม 34

ตารางที่ 8 นิยามระดับพฤติกรรมพุทธิพิสัยของ Bloom โดย Anderson และ Krathwohl (Revised Bloom's taxonomy) ในมิติด้านพุทธิพิสัย 38

ตารางที่ 9 นิยามความสามารถที่เป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 60

ตารางที่ 10 โครงสร้างของแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 62

ตารางที่ 11 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 64

ตารางที่ 12 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในวิชาเคมี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) 68

ตารางที่ 13 นิยามระดับพฤติกรรมพุทธิพิสัยของ Bloom โดย Anderson และ Krathwohl (Revised Bloom's taxonomy) 68

ตารางที่ 14 โครงสร้างของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กฎของแก๊ส 70

ตารางที่ 15 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบประเภทแสดงวิธีทำในตอนที่ 2 72

ตารางที่ 16 โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 17 การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์..... 77

ตารางที่ 18 บทบาทครูและนักเรียนในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ 78

ตารางที่ 19 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบออนไลน์ 84

ตารางที่ 20 แสดงคะแนนจุดตัดของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี..... 90

ตารางที่ 21 คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 92

ตารางที่ 22 ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 93

ตารางที่ 23 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแตกต่างของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ 105

ตารางที่ 24 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกณฑ์ และการทดสอบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เทียบกับเกณฑ์เทียบกับเกณฑ์..... 109

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของเพียเจต์ 34
ภาพที่ 2 รูปแบบของกระบวนการสอน (Model of the teaching process 42
ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย 52
ภาพที่ 4 รูปแบบการวิจัย One Group Pretest-Posttest Design 54
ภาพที่ 5 แผนภูมิคะแนนจุดตัดของคะแนน 88
ภาพที่ 6 แผนภูมิจำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความซับซ้อน 94
ภาพที่ 7 แผนภูมิแสดงจำนวนนักเรียนแบ่งตามระดับความสามารถ 106
ภาพที่ 8 แผนภูมิเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 108
ภาพที่ 9 ตัวอย่างการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานของนักเรียนคนที่ 1 ในการศึกษากฎของบอยล์ 118
ภาพที่ 10 ตัวอย่างการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานของนักเรียนคนที่ 2 ในการศึกษากฎของบอยล์ 118
ภาพที่ 11 ภาพจำลองการสาธิตการทดลองของบอยล์ 118
ภาพที่ 12 ตัวอย่างการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานของนักเรียนคนที่ 1 ในการศึกษากฎของเกย์ลูสแซก 121
ภาพที่ 13 ตัวอย่างการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานของนักเรียนคนที่ 2 ในการศึกษากฎของเกย์ลูสแซก 121

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

การพัฒนาบุคลากรทางด้านวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการศึกษาเป็นกลไกสำคัญในการเตรียมพร้อมให้บุคคลมีความสามารถในการปรับตัวและดำรงชีวิตอย่างรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจและสังคมพหุวัฒนธรรมในยุคศตวรรษที่ 21 มีสมรรถนะในการปฏิบัติงานที่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงานสำหรับการพัฒนาประเทศ เพื่อให้ประเทศไทยเปลี่ยนแปลงจากประเทศที่มีรายได้ปานกลางไปสู่ประเทศที่พัฒนาแล้วในอนาคต (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2559) แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2574 จึงได้กำหนดคุณลักษณะของพลเมืองที่ดีและมีประสิทธิภาพว่าควรจะประกอบไปด้วยทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และคุณลักษณะนิสัยในการใฝ่รู้ใฝ่เรียน มีจิตสาธารณะ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2559) จากการกำหนดคุณสมบัติของพลเมืองตามแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2574 ได้ส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนระบบการศึกษาให้สอดคล้องกับนโยบายของชาติ ด้วยการส่งเสริมผู้เรียนได้รับการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาความคิดระดับสูง ทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหา นำไปสู่การเกิดสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญต่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทำการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และการค้นพบวิธีการในการแก้ปัญหาจนเกิดสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัจจุบัน การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน และนำไปสู่การรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ (Lawson, 2000a, 2004, 2010; Weld, Stier, & McNew-Birren, 2011) เนื่องจากการให้เหตุผลเป็นกระบวนการคิดตามธรรมชาติของมนุษย์ในการค้นหาคำตอบ (Lohman & Lakin, 2009) เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ของเหตุและผลเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายการคิดให้เหตุผลได้ด้วยทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาในขั้นของการคิดเชิงนามธรรม (formal operation)

ของเพียเจต์ (Piaget's theory of cognitive development) โดยได้อธิบายไว้ว่าในขั้นนี้เด็กจะสามารถคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากสิ่งแวดล้อมที่เขาประสบได้ มีความพอใจที่จะคิดพิจารณาสิ่งที่เป็นนามธรรม สามารถคิดอย่างวิทยาศาสตร์โดยการตรวจสอบสมมติฐานและทฤษฎีได้ (Piaget, 1964)

ธรรมชาติของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านการให้เหตุผลในการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรต่าง ๆ การตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง การตรวจสอบสมมติฐานที่กำหนดไว้ การประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงเปรียบเสมือนเครื่องมือที่สำคัญของมนุษย์ทั้งในด้านวิชาการ และสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้มนุษย์ทำความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน (Ding, Wei, & Liu, 2016; Stammen, Malone, & Irving, 2018)

นักการศึกษาพบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมความสามารถด้านวิชาการเพราะการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษาช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น (Kral, 1997) ช่วยเพิ่มความสามารถในการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-efficacy) ของผู้เรียน (Lawson, Banks, & Logvin, 2007) และการส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ได้ (Lawson, 2000a, 2004, 2010; Weld et al., 2011)

ด้วยเหตุผลดังกล่าวหลักสูตรการศึกษาของหลายประเทศได้ให้ความสำคัญกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และกำหนดให้เป็นหนึ่งในมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science, 1994; Australian Curriculum Assessment and Reporting Authority (ACARA), 2016; National Research Council, 2013) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกันกับสำหรับหลักสูตรการศึกษาของประเทศไทยที่ทำการปรับเปลี่ยนเป้าหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โดยกำหนดให้ส่งเสริมผู้เรียนให้ได้รับการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาความคิดระดับสูงทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะมีความสำคัญในทางวิชาการแล้ว ยังมีความสำคัญในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันอีกด้วย เพราะเป็นกระบวนการที่ช่วยให้มนุษย์ทำความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ (Stammen et al., 2018) โดยบุคคลที่มีความสามารถการให้เหตุเชิงวิทยาศาสตร์จะเป็นบุคคลที่มีประสิทธิภาพในการประเมินความถูกต้องของข้อมูลสารสนเทศเชิงวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การตัดสินใจที่เหมาะสมต่อชีวิตประจำวัน และชีวิตการทำงาน (Giere, 1991)

ถึงแม้ว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะมีความสำคัญต่อผู้เรียนแต่ผลการประเมินความสามารถด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในหลายประเทศยังพบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอต่อการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ทั้งในบริบททางการศึกษา และบริบทในการใช้ชีวิตประจำวัน (Brown, Furtak, Timms, Nagashima, & Wilson, 2010; Giere, 1991; Piraksa, Srisawasdi, & Koul, 2014; Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010)โดยมีข้อมูลหนึ่งที่สนับสนุนว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ยังควรที่จะได้รับการส่งเสริมให้กับผู้เรียน คือ ผลการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ในโครงการ PISA ในปี 2015 ทั้ง 3 สมรรถนะ พบว่านักเรียนทำข้อสอบในสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ร้อยละ 39.1 ส่วนสมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นักเรียนทำข้อสอบได้ร้อยละ 33.2 และสมรรถนะในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้รับผลการประเมินว่าเป็นจุดอ่อน เพราะนักเรียนทำข้อสอบในสมรรถนะได้เพียงร้อยละ 27.7 โดยโครงการ PISA 2015 ได้กำหนดความหมายของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ไว้มีรายละเอียดในแต่ละประเด็น ดังนี้

สมรรถนะในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การนำความรู้วิทยาศาสตร์มาใช้สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผล สามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์และให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล และอธิบายถึงศักยภาพของความรู้วิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้เพื่อสังคม สมรรถนะด้านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ อธิบายประเด็นปัญหาและสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งบอกและประเมินวิธีสำรวจตรวจสอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ และสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

และลงข้อสรุป การระบุข้อสันนิษฐาน ประจักษ์พยาน(หลักฐาน)และเหตุผลในเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และประเมินข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานจากแหล่งที่มาที่หลากหลาย

จากความหมายของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นและความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แล้วแสดงให้เห็นว่าบุคคลที่จะมีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ที่ดีควรจะต้องมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีด้วย สอดคล้องกับ Lawson (2004) ที่กล่าวว่าบุคคลที่จะมีสมรรถนะในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ดี จะต้องมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ดีด้วย และ McNeill, Lizotte, Krajcik, and Marx (2006) ที่อธิบายว่าการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะประกอบด้วย 3 องค์ประกอบได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (evidence) และการให้เหตุผล (reasoning)

นอกจากผลการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ในโครงการ PISA ในปี 2015 แล้ว จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังพบว่านักเรียนมักจะใช้ความคิดเห็นของตนเอง มากกว่าใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการตรวจสอบสมมติฐาน (Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010) และนักเรียนนำกระบวนการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มาใช้โดยขาดการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (Brown et al., 2010) สำหรับประเทศไทยพบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงสัดส่วน การควบคุมตัวแปร และการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (Piraksa et al., 2014) ดังนั้นการที่สมรรถนะในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์แสดงผลคะแนนน้อยที่สุด และผลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังควรที่จะได้รับการส่งเสริมต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากนี้จากงานวิจัยของ Johnson and Lawson (1998) และ Sungur and Tekkaya (2003) แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับการรายงานของแผนพัฒนาการศึกษาที่รายงานว่าผู้สำเร็จการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นอกจากจะขาดทักษะการใช้เหตุผลแล้วยังมีปัญหาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกด้วย โดยข้อมูลทางสถิติของแผนพัฒนาการศึกษาในส่วนของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีค่าลดลงในทุกปี และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 ในวิชาวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ 30.51 คะแนน และเมื่อพิจารณาตามสังกัดแล้วปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในสังกัดสำนักงาน

คณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน (สช.) มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ที่ 29.99 คะแนน ซึ่งมีค่าต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ องค์การมหาชน, 2561)

จากข้อมูลทางสถิติของแผนพัฒนาการศึกษาในส่วนของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานแสดงให้เห็นว่านักเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชนมีปัญหาด้านผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์ และมีความเป็นไปได้ที่จะมีปัญหาด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน โดยผลจากการประเมินนักเรียนในระดับชาติที่กล่าวมาตอนต้นที่จึงเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนที่ยังไม่เพียงพอในการส่งเสริมให้นักเรียนพร้อมไปด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2559) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวิชาเคมี พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ (2558) กล่าวว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มักจะประสบปัญหาในการเรียนวิชาเคมีและเห็นว่าเนื้อหาวิชาเคมีนั้นเข้าใจยาก เนื่องจากธรรมชาติของวิชาเคมีมีความเป็นนามธรรมคำอธิบายในวิชาเคมีส่วนใหญ่ไม่ได้อยู่ในระดับที่ผู้เรียนจะสังเกตเห็นได้มีและมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ยุคโบราณ และการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมีไม่สอดคล้องกับธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียน และธรรมชาติของวิชาเคมี ซึ่งหากจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมีโดยเน้นการบรรยายก็จะทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจ และทำให้วิชาเคมีกลายเป็นวิชาที่ยากสำหรับผู้เรียน

Zimmerman (2000) ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และความเข้าใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์ว่าการจัดการเรียนการสอนสำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ในการส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถนำการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มาใช้ และส่งเสริมความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ควรเป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของวิธีการได้มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ใช้กระบวนการออกแบบการทดลองมาใช้สำหรับการประเมินหลักฐานและการตีความสนับสนุนให้ผู้เรียนลงมือทำเช่นเดียวกันกับที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ได้

การนำมุมมองเชิงประวัติศาสตร์ และปรัชญาของวิทยาศาสตร์ (History and Philosophy of Science: HPS) มาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดเชิงคอนสตรัคติวิสต์ ที่เรียกว่า แนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ (Historical approach) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่ให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ความสำคัญกับ กระบวนการที่ใช้ในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือความเข้าใจความรู้ในทางญาณวิทยา (Epistemology)

มุมมองเชิงประวัติศาสตร์ และปรัชญาของวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยส่วนของระเบียบวิธีการ (Methodological component) ซึ่งใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบสมมติฐาน และส่วนของการสื่อความหมาย (Interpretive component) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการตีความจากหลักฐานของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตโดยใช้ความสามารถในการคิดให้เหตุผลในการสนับสนุนคำนิยาม หลักการ กฎ และทฤษฎี นำมาสู่การอธิบายความสัมพันธ์ของการเป็นเหตุและผลระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Stinner, McMillan, Metz, Jilek, & Klassen, 2003)

Heering and Höttecke (2014) เสนอมุมมองสำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ไว้ 2 มุมมอง ได้แก่ มุมมองของบริบททางประวัติศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์จึงมีวัตถุประสงค์ในการขยายความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เพราะวิชาวิทยาศาสตร์แวดล้อมไปด้วยบริบททางประวัติศาสตร์ และมุมมองของการจัดการเรียนรู้ให้ตอบสนองต่อหลักสูตรการศึกษาในการพัฒนาความรู้เชิงกระบวนการและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ในปัจจุบันพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ได้รับการแนะนำเป็นอย่างมากในการนำไปส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแง่มุมต่าง ๆ ได้แก่ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการที่หลากหลาย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่บนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถได้รับการทบทวนได้เมื่อมีหลักฐานใหม่ วิทยาศาสตร์เป็นหนทางแห่งการเรียนรู้ และวิทยาศาสตร์เป็นความอุตสาหะของมนุษย์ (Allchin et al., 1999; Tolvanen, Jansson, Vesterinen, & Aksela, 2014) อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เป็นวิธีที่สามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนได้ดี ส่งเสริมการคิดของนักเรียนผ่านการกระตุ้นด้วยการใช้คำถาม (Rosária S, 2000) และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทัศนคติและความเข้าใจในวิทยาศาสตร์สูงขึ้น (Allchin et al., 1999)

จากข้อความที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สามารถเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และสร้างความเข้าใจในวิชาเคมีตามแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ยุคโบราณ เพราะเป็นแนวทางการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบสมมติฐานและประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทำการศึกษาแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ในอดีต สร้างความเข้าใจเนื้อหาเชิงนามธรรมในวิชาเคมี ผ่านกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นพบความรู้ กฎ หรือทฤษฎีต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ยังคงจำกัดอยู่ในเรื่องของการส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเชิงลึกของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การส่งเสริมทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ โดยยังขาดการศึกษาในแง่มุมที่ส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ (Johnson & Lawson, 1998; Sungur & Tekkaya, 2003)

จากเหตุผลข้างต้น การวิจัยในครั้งนี้จึงสนใจศึกษาผลของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ โดยคาดหวังว่าจะเป็นประโยชน์ และเป็นแนวทางสำหรับครูวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ ในการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีได้

1. คำถามวิจัย

จากการศึกษาเอกสารพบว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กัน (Johnson & Lawson, 1998; Sungur & Tekkaya, 2003) โดยพบว่าผลการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานของนักเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชนมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีปัญหาด้านผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์ และมีความเป็นไปได้ที่จะมีปัญหาด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจและเห็นความสำคัญของวิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ภายใต้บริบททางประวัติศาสตร์ สะท้อนผ่านการคิดและการดำเนินการของนักวิทยาศาสตร์ในการสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการตรวจสอบสมมติฐาน และการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Brush, 1989; Heering & Höttecke, 2014; Monk & Osborne, 1997) ซึ่งอาจจะเป็นแนวทาง

หนึ่งในการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี การวิจัยครั้งนี้ทำการวิจัยเป็น 2 ระยะ โดยมีคำถามวิจัย 3 คำถาม ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีคำถามวิจัย 1 คำถาม ได้แก่

1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นอย่างไร

ระยะที่ 2 การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ประกอบด้วยคำถามวิจัย 2 คำถาม ได้แก่

1. หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในวิชาเคมี นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน**สูง**กว่าก่อนเรียน หรือไม่ อย่างไร

2. หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในวิชาเคมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน**สูง**กว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หรือไม่

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิจัยเป็น 2 ระยะ โดยมีวัตถุประสงค์ 3 ประการ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วยวัตถุประสงค์การวิจัย 1 ข้อ ได้แก่

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ระยะที่ 2 การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ประกอบด้วยวัตถุประสงค์การวิจัย 2 ข้อ ได้แก่

1. เพื่อ**เปรียบเทียบ**ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่าง**ก่อน และหลังได้รับ**การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

2. เพื่อ**เปรียบเทียบ**ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน**หลัง**ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์กับ**เกณฑ์**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษางานเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่ส่งผลต่อความเข้าใจในวิชาเคมี ดังงานวิจัยของ Cachapuz and Paixão (2005) ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในวิชาเคมีที่มีต่อความเข้าใจเรื่องธาตุทางเคมี โดยพบว่าการสอนตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ช่วยสนับสนุนในการบูรณาการระหว่างเนื้อหาในวิชาเคมีกับกระบวนทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ทางเคมีและสร้างภาพทางเคมีที่มีความเป็นนามธรรมให้สมจริงยิ่งขึ้น และ Milanovic and Trivic (2017) ทำการสำรวจผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์กับผลของการจัดการเรียนรู้ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดร่วมสมัย ที่มีต่อระดับความเข้าใจของนักเรียนเรื่องสมบัติของแก๊สผลการวิจัยพบว่าระดับความเข้าใจของนักเรียนเรื่องสมบัติของแก๊สไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อศึกษานักเรียนในกลุ่มแรกซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์พบว่าสามารถเข้าใจการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทดลองได้ดีกว่านักเรียนกลุ่มที่สองซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดร่วมสมัย

จากแนวคิดและงานวิจัยในข้างต้นมีแนวโน้มว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์สามารถส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในวิชาเคมี และส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งมีแนวโน้มที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย จึงกำหนดเป็นสมมติฐาน 2 ข้อ สำหรับการวิจัยในระยะที่ 2 ดังนี้

1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน**หลัง**ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในวิชาเคมี**สูงกว่า**ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน**หลัง**ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในวิชาเคมี **สูงกว่า**เกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตการวิจัย 2 ระยะ ดังนี้

4.1 การวิจัยระยะที่ 1 การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย กลุ่มเป้าหมายในกาววิจัย และตัวแปรที่ศึกษา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร

4.1.2 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถด้านการให้เหตุผลของบุคคลในกระบวนการตรวจสอบสมมติฐาน เพื่อสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน

4.2 การวิจัยระยะที่ 2 การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ประกอบด้วย กลุ่มเป้าหมายในกาววิจัย และตัวแปรที่ศึกษา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร

4.2.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

(1) ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ (Historical approach)

(2) ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถด้านการให้เหตุผลของบุคคลในกระบวนการตรวจสอบสมมติฐาน เพื่อสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี คือ ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่สามารถบรรลุผลการเรียนรู้ตามที่ตั้งไว้ซึ่งเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในวิชาเคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาในหน่วยการเรียน แก๊ส และกฎของแก๊ส กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในวิชาเคมี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

4.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2563 (เดือนมิถุนายน ถึงเดือนกรกฎาคม 2563)

5. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 4 ประการ ดังนี้

5.1 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น การควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ และการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน เพื่อดำเนินการตามขั้นตอนในการระบุสิ่งประเด็นที่สงสัย การสร้างสมมติฐาน และการวางแผนการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งวัดได้โดยแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยปรับจากแนวคิดของ Benford and Lawson (2001) ซึ่งเป็นแบบสอบประเภทเขียนแสดงคำตอบ 2 ระดับ จำนวน 21 ข้อ

5.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี หมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่สามารถบรรลุผลการเรียนรู้ตามที่ตั้งไว้ ซึ่งเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในวิชาเคมี ทำการวัดและประเมินผลจากพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของ Bloom โดย Anderson และ Krathwohl (Revised Bloom's taxonomy) ในพฤติกรรมในระดับ จำ เข้าใจ นำไปใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ โดยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบสอบประเภทเลือกตอบแบบหลายตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบสอบประเภทแสดงวิธีทำ จำนวน 10 ข้อ

5.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ หมายถึง การนำประวัติวิทยาศาสตร์มาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ โดยใช้กรณีศึกษาของนักวิทยาศาสตร์มาเป็นแนวทางในการศึกษาตามแนวคิดของ Monk and Osborne (1997) ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 6 ขั้นตอน ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3.1 การนำเสนอ (Presentation) คือ ขั้นตอนกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยครูนำเสนอปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนสนใจ เกิดความสงสัยต่อสิ่งที่ครูนำเสนอ และตั้งคำถามเพื่อหาคำตอบในประเด็นที่สงสัย

5.3.2 การล้วงประสบการณ์เดิม (Elicitation) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนเสนอคำตอบของตนเอง ครูทำหน้าที่รวบรวมความคิดของนักเรียน ภายใต้การแลกเปลี่ยน เปรียบเทียบ และอภิปรายคำตอบของตนเองกับเพื่อนในห้องเรียน

5.3.3 การศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study) คือ ขั้นตอนของการศึกษาเรื่องราวของของประวัติวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับประเด็นที่นักเรียนสงสัย โดยครูนำเสนอเรื่องราวของประวัติวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น Historical case study Historical vignette หรือ

Confrontation เป็นต้น เมื่อศึกษาเรื่องราวของประวัติวิทยาศาสตร์จบ ให้นักเรียนสร้างแนวทางในการหาคำตอบในประเด็นที่สงสัย

5.3.4 การทดสอบการหาคำตอบ (Devising Tests) คือ ขั้นตอนของการตรวจสอบแนวทางของคำตอบในประเด็นที่สงสัยโดยกระบวนการตรวจสอบสมมติฐาน และการทดลอง หากมีผลการทดลองที่แตกต่างกันครูควรให้ความสำคัญและแสดงให้เห็นแง่มุมของความหลากหลาย และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลของการตรวจสอบสมมติฐาน โดยยังไม่สรุปผลการตรวจสอบสมมติฐาน

5.3.5 มุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ (The Scientific View) คือ ขั้นตอนของนำเสนอแนวคิดในมุมมองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง โดยครูเป็นผู้นำเสนอ และนำนักเรียนสู่การกระบวนการตรวจสอบสมมติฐาน การทดลองที่เป็นปัจจุบัน เก็บรวมรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากการเรียนทั้งหมด เพื่อสรุปผลการตรวจสอบสมมติฐาน

5.3.6 การทบทวนและประเมินผล (Review and Evaluation) คือ ขั้นตอนของการทบทวนความคิด และประเมินความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับผลการตรวจสอบสมมติฐาน นำมาสู่การสรุปคำตอบของนักเรียน

5.4 นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ ดังนี้

1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    1.1 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    1.2 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    1.3 แบบแผนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    1.4 องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    1.5 แนวทางการประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    1.6 แนวทางการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี
    2.2 แนวทางในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์
    3.1 ความหมายของแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์
    3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์
    3.3 รูปแบบในการบูรณาการวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถนำเสนอได้ ดังนี้

1.1 ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2 มุมมอง ได้แก่

(1) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์กับกระบวนการคิดของมนุษย์

การให้เหตุผลเป็นการคิดตามธรรมชาติของมนุษย์ เนื่องจากมนุษย์จะมีกระบวนการคิดในการค้นหาคำตอบ เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ของเหตุและผลเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งกลไกของกระบวนการคิดในการหาเหตุและผลในลักษณะนี้มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's theory of cognitive development) ซึ่งเพียเจต์ได้อธิบายการพัฒนาการทางสติปัญญาไว้ 4 ช่วงวัย (Piaget, 1964) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสามารถในการคิดจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

ขั้น	อายุ (ปี)	ความสามารถในการคิด
Sensorimotor	0 - 2	คิดได้ เลียนแบบได้ เริ่มทำพฤติกรรมเป้าหมาย
Pre-operational	2 - 7	เริ่มใช้ภาษาแทนสิ่งของ ภาษาและการคิดจะเกี่ยวกับตนเอง สามารถคิดไปทางเดียว คิดย้อนกลับไม่ได้
Concrete operational	7 - 11	สามารถใช้เหตุผลแก้ปัญหาที่เป็นรูปธรรมได้ คิดย้อนกลับได้ รู้จักสมบัติของวัตถุแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง
Formal operational	11 - 15	สามารถใช้เหตุผลแก้ปัญหาที่เป็นนามธรรม หรือมีความซับซ้อนได้ เริ่มมีการคิดแบบวิทยาศาสตร์มากขึ้น

จากตารางแสดงให้เห็นว่าขั้นของการคิดเชิงนามธรรม (formal operation) เด็กจะสามารถคิดพิจารณาสิ่งที่เป็นนามธรรม สามารถคิดอย่างวิทยาศาสตร์โดยการตรวจสอบสมมติฐานและทฤษฎีได้ ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการให้เหตุผลเชิงนามธรรม (formal reasoning) (Bao, Xiao, Koenig, & Han, 2018)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อย่างไรก็ตามการให้เหตุผลเชิงนามธรรมและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก็มีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน กล่าวคือ การให้เหตุผลเชิงนามธรรมโดยทั่วไปแล้วจะกล่าวถึง การสรุปผลหรือการสรุปอ้างอิงจากข้อมูลบางอย่างโดยอาศัยแบบแผนของการให้เหตุผลแบบอุปนัย หรือนิรนัย (Ding et al., 2016; Lohman & Lakin, 2009) ในขณะที่การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คือกระบวนการคิดและกระบวนการแสวงหาความรู้อย่างมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความเข้าใจที่มีต่อปรากฏการณ์ในธรรมชาติ เป็นการการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีกับหลักฐาน (Kuhn, 2010) ภายใต้กรอบแนวคิดของของการนิรนัยเชิงสมมติฐาน (hypothetico – deductive: HD) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จึงใช้ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น การอธิบายปรากฏการณ์เรื่องดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดีของกาลิเลโอ เป็นต้น (Lawson, 2004, 2010)

เมื่อการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ ในทางการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงต้องการให้ผู้เรียนเข้าใจในกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเช่นกัน (Benford & Lawson, 2001; Lawson, 2004, 2010; Zeineddin & Abd-El-Khalick, 2010)

(2) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษา

การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาของหลายประเทศจึงให้ความสำคัญกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยกำหนดให้ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในมาตรฐานการเรียนรู้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบายได้ ดังนี้

ในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่ามาตรฐานการศึกษาในวิชาวิทยาศาสตร์ได้กำหนดให้ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญในการศึกษาในวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะสามารถส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทำการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ค้นพบวิธีการในการแก้ปัญหาได้ ช่วยให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจในสถานการณ์

ปัจจุบัน และส่งผลต่อการตัดสินใจในการใช้ชีวิตประจำวัน (American Association for the Advancement of Science, 1994; National Research Council, 2013)

หลักสูตรการศึกษาในประเทศออสเตรเลียได้กำหนดมาตรฐานชี้วัดสำหรับวิชาวิทยาศาสตร์โดยกำหนดให้ผู้เรียนสามารถใช้การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในกระบวนการการอ้างอิงและลงข้อสรุปโดยพิจารณาจากคุณภาพของหลักฐาน การประเมินข้อมูลทุติยภูมิ เพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Australian Curriculum Assessment and Reporting Authority (ACARA), 2016)

สำหรับประเทศไทยแม้ว่าจะได้ทำการปรับเปลี่ยนเป้าหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ได้ไม่นาน แต่ก็ได้มีการกำหนดให้ส่งเสริมผู้เรียนให้ได้รับการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการพัฒนาความคิดระดับสูง ทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล การคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหาเช่นกัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถก่อประโยชน์ให้ผู้เรียนทั้งด้านวิชาการ และสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

สำหรับด้านวิชาการพบว่า การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อความสามารถในการรับรู้ของตนเอง (Self-efficacy) (Kral, 1997; Lawson et al., 2007) และส่งผลให้มีคุณลักษณะของผู้ที่มีความเข้าใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สามารถสื่อสารหรือโต้แย้งในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเป็นเหตุเป็นผล มีความสามารถของทักษะการแก้ปัญหา มีสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ สามารถตรวจสอบสมมติฐานและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์กับหลักฐานเชิงประจักษ์ส่งผลให้ผู้เรียนเป็นบุคคลผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy person) (Lawson, 2010; Morris, Croker, Masnick, & Zimmerman, 2012)

สำหรับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันพบว่าบุคคลที่มีความสามรถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะมีความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ (Stammen et al., 2018) และเป็นบุคคลที่มีประสิทธิภาพในการประเมินความถูกต้องของข้อมูลสารสนเทศเชิงวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การตัดสินใจที่เหมาะสมต่อชีวิตประจำวัน และชีวิตการทำงาน (Giere, 1991)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Lawson (1978) กล่าวว่ากระบวนการให้เหตุผล (reasoning process) เป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินการเชิงนามธรรม (Formal operation) ซึ่งเป็นแนวทางในการค้นหาและประเมินหลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อเสนอเชิงสาเหตุเชิงสมมติฐาน ต่อมา Benford and Lawson (2001) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการใช้ความสามารถด้านการให้เหตุผลผ่านกระบวนการตรวจสอบสมมติฐานเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อเสนอเชิงสาเหตุเชิงสมมติฐาน

Ding et al. (2016) เสนอว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้ การวิเคราะห์และประเมินหลักฐาน การสร้างสมมติฐาน และ การทดลองสำหรับการทดสอบสมมติฐาน

Kambeyo (2017) เสนอว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึงเป็นความสามารถในการให้เหตุผลเชิงนามธรรม (formal reasoning) โดยใช้การการตรวจสอบสมมติฐาน ประกอบด้วยความสามารถในการสำรวจปัญหา การกำหนดและทดสอบสมมติฐาน การควบคุมและการจัดการตัวแปร และการประเมินผลการทดลอง

Opitz, Heene, and Fischer (2017) เสนอว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดที่ประกอบด้วย ทักษะการสร้างสมมติฐาน และทักษะการตรวจสอบสมมติฐานด้วยการประเมินผลจากหลักฐานเชิงประจักษ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาพบว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดที่มีเป้าหมายเพื่อสรุปความสัมพันธ์อย่างมีเหตุผลในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน โดยอาศัยการตรวจสอบสมมติฐาน และการอนุมานเพื่อสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างผลที่ได้จากการตรวจสอบสมมติฐานกับสมมติฐาน สอดคล้องกับ Zimmerman (2005) ที่กล่าวว่าความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะการคิดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสืบสอบ การทดลอง การประเมินหลักฐาน การอนุมาน และการโต้แย้งเพื่อให้ได้ข้อสรุปเชิงเหตุผลที่มีต่อการตรวจสอบสมมติฐาน นำไปสู่ความเข้าใจในมโนทัศน์ (conceptual understanding) หรือการเปลี่ยนแปลงทางมโนทัศน์ (conceptual change) ได้

ดังนั้นจึงสรุปว่า **การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์** หมายถึง การให้เหตุผลในกระบวนการตรวจสอบสมมติฐาน เพื่อสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน

1.3 แบบแผนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Lawson (2010) ได้อธิบายแบบแผนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากพื้นฐานที่ใช้อ้างอิงสำหรับการกำหนดสมมติฐาน สามารถจำแนกได้ 4 แบบแผน ดังนี้

(1) การให้เหตุผลแบบ Abduction (Abductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลในการกำหนดสร้างสมมติฐานจากการค้นหาสาเหตุของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยหลักฐานที่ตรวจสอบ (premise) เป็นหลักฐานที่ยังไม่ได้รับการยืนยันว่าเป็นสาเหตุต่อปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงหรือไม่ เนื่องจากยังไม่มีข้อความรู้ กฎ หรือทฤษฎีที่สนับสนุนหลักฐานนั้นมาก่อน การให้เหตุผลแบบ abduction มีรูปแบบข้อความดังนี้ ถ้า...และ....ดังนั้น... (if...and... then...)

ตัวอย่าง **ถ้า**จุดสว่างที่เห็นบนท้องฟ้าตอนกลางคืนเกิดจากดาวประจำที่ซึ่งฝังตัวบนท้องฟ้า **และ**มีจุด สว่างใหม่ 3 จุด คล้ายกับจุดสว่างที่มองเห็นบนท้องฟ้า **ดังนั้น**จุดสว่างที่มองเห็นอาจจะเป็นดาวประจำที่

(2) การให้เหตุผลแบบ Retroduction (Retroductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลในการกำหนดสร้างสมมติฐานต่อจากรูปแบบของการให้เหตุผลแบบ abduction โดยการให้เหตุผลแบบ Retroduction จะทำการตรวจสอบผลที่ได้จากการให้เหตุผลแบบซ้ำ abductive ซ้ำเพื่อยืนยัน (premise) และจะยอมรับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้เมื่อตรวจสอบได้ว่าหลักฐาน (premise) นั้นเป็นจริง การให้เหตุผลแบบ retroduction มีรูปแบบข้อความ ดังนี้ ถ้า...และ...ดังนั้น...แต่...เพราะฉะนั้น...(if...and... then...but...therefore...)

ตัวอย่าง **ถ้า** จุดสว่างที่เห็นเป็นดาวประจำที่**และ**ตำแหน่งของจุดสว่างเมื่อเทียบกับจุดสว่างอื่น **แล้ว** ตำแหน่งของจุดสว่างมีการกระจายแบบสุ่ม **แต่** พบว่าจุดสว่างจะมาปรากฏในเส้นตรงที่ขนานกับเส้นสุริยะวิถีเสมอ **ด้วยเหตุนี้** จุดสว่างที่เห็นอาจจะไม่ใช่ดาวประจำที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบ Deduction (Deductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลในการกำหนดสร้างสมมติฐานเพื่อทดสอบข้อเท็จจริงที่อาจจะเป็นหลักการที่นำไปสู่การพยากรณ์เหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยมีรูปแบบข้อความ ดังนี้ ถ้า...และ...ดังนั้น... นอกจากนี้...(if...and...then...further...)

ตัวอย่าง **ถ้า** จุดสว่าง 3 จุด ที่เห็นเป็นดวงจันทร์ที่โคจรรอบดาวพฤหัสบดี **และ** ฉันได้ทำการสังเกตในทุกคืนเป็นเวลาหลายคืน **แล้ว**พบว่าในบางคืนจุดสว่าง 3 จุดปรากฏทางด้านทิศตะวันออกของดาวพฤหัสบดี และบางคืนจุดสว่างนั้นปรากฏทางด้านทิศตะวันตกของดาวพฤหัสบดี **ต่อไป**จุดสว่าง 3 จุดจะต้องปรากฏในเส้นทางการโคจรในแต่ละด้านของดาวพฤหัสบดี

(4) การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบ Induction (Inductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลในการกำหนดสร้างสมมติฐานเพื่อสนับสนุน หรือคัดค้านการพยากรณ์หรือการเปรียบเทียบจากการสังเกตครั้งใหม่มีรูปแบบข้อความดังนี้ ถ้า...ดังนั้น...(if...then...)

ตัวอย่าง **ถ้า** การสังเกตครั้งใหม่สอดคล้องกับการพยากรณ์ที่ตรงกับสมมติฐานวงโคจรของดวงจันทร์ ซึ่งในกรณีนี้หมายถึงบางคืนจุดสว่างนั้นปรากฏทางด้านทิศตะวันออกของดาวพฤหัสบดี และบางคืนจุดสว่างนั้น ปรากฏทางด้านทิศตะวันตกของดาวพฤหัสบดี **แล้ว** ถือได้ว่าสมมติฐานได้รับการสนับสนุน

รูปแบบของข้อความในแต่ละแบบสามารถปรับเปลี่ยนได้ไม่ได้เป็นการกำหนดรูปแบบการตรวจสอบความเป็นเหตุและผลในประโยคเช่นนี้เสมอ และสามารถทำซ้ำได้ขึ้นอยู่กับการแสดงเหตุและผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2547) ได้จำแนกแบบแผนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ประเภทตามลักษณะความรู้ที่ปรากฏและลักษณะของความรู้ใหม่ที่มนุษย์ต้องการศึกษา ดังนี้

(1) การให้เหตุผลเชิงนิรนัย (Deductive Reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไปไปสู่ความรู้เฉพาะหน่วย นั่นคือการ ใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ อธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยถ้าข้ออ้างเป็นจริง ข้อสรุปก็จะเป็นจริงด้วย

(2) การให้เหตุผลเชิงอุปนัย (Inductive Reasoning) เป็นกระบวนการคิดในการสรุปอ้างอิงจากข้อมูลที่สังเกต เป็นการสรุปจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วยเพื่อให้ได้หลักการทั่วไป

(3) วิธีการอุปนัย-นิรนัย (Inductive-Deductive method) เป็นการนำกระบวนการให้เหตุผลทั้ง 2 แบบใช้ร่วมกันเรียกว่า แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific approach) หรือการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry) โดยเริ่มจากกระบวนการสังเกต แล้วสรุปความรู้จากการสังเกต ซึ่งเป็นกระบวนการให้เหตุผลเชิงอุปนัย จากนั้นจึงทำการตั้งสมมติฐาน ทำการตรวจสอบ ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่ และถ้าสมมติฐานเป็นจริงจะพบสิ่งใด ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการตรวจสอบสมมติฐานเพื่อสร้างข้อสรุปเฉพาะหน่วย ก็คือ การให้เหตุผลเชิงนิรนัย

จากการศึกษาแบบแผนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาทั้ง 2 ท่านพบว่าแบบแผนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สามารถปรับเปลี่ยนได้ ไม่มีการกำหนดการตรวจสอบความเป็นเหตุและผลในรูปแบบที่ต้องเป็นเช่นนี้เสมอ สามารถทำซ้ำได้ขึ้นอยู่กับการแสดงเหตุและผล

ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ของระดับชั้นมัธยมศึกษานักเรียนอาจจะไม่ได้ค้นพบข้อความรู้ใหม่ที่ยังไม่เคยมีใครค้นพบมาก่อน แต่นักเรียนจะต้องใช้กระบวนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการสร้างความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่างสมมติฐานกับหลักฐานที่ได้ในการตรวจสอบ

1.4 องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การใช้ความสามารถด้านการให้เหตุผลในกระบวนการตรวจสอบสมมติฐานเพื่อสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน สอดคล้องกับ Lawson (2004) ได้อธิบายว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกลยุทธ์ทางความคิดมีลักษณะที่เป็นนามธรรมและเป็นความรู้เชิงกระบวนการ (procedural knowledge) ดังนั้น การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงประกอบไปด้วยความสามารถด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และขั้นตอนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(1) ความสามารถด้านการให้เหตุผล

เนื่องจากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความใกล้เคียงกันกับการให้เหตุผลเชิงนามธรรมจึงพบว่าองค์ประกอบของความสามารถด้านการให้เหตุผลมีความคล้ายคลึงกัน สามารถอธิบายได้ ดังนี้

Lawson (1978) ได้เสนอการให้เหตุผลที่เป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงนามธรรม (formal reasoning) โดยมีพื้นฐานมาจากการขั้นของการคิดเชิงนามธรรม (formal operation) ตามทฤษฎีการพัฒนาการทางปัญญาของเพียเจต์ไว้ 5 ประการ ได้แก่

1) การแยกและการควบคุมตัวแปร (isolation and control of variables)

2) การให้เหตุผลเชิงผสมผสาน (combinatorial reasoning) การวิเคราะห์เชิงผสมของปัจจัยที่เป็นไปได้

3) การอนุรักษ์ของน้ำหนักและการแทนที่ของปริมาตร (conservation of weight and displaced volume)

4) การให้เหคุผลเชิงความน่าจะเป็น (probabilistic reasoning) การรับรู้ถึงความน่าจะเป็นของปรากฏการณ์

5) การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (proportional reasoning) การกำหนดบทบาทหน้าที่ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาเฉพาะในส่วนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ Benford and Lawson (2001) ได้ทำการอธิบายเพิ่มเติมว่า เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีมุมมองของการนิรนัยเชิงสมมติฐาน (hypothetico – deductive: HD) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จึงประกอบด้วยการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 5 ประการ ได้แก่ การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (Proportional reasoning) การควบคุมตัวแปร (Control variables) การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (Probability reasoning) การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ (Correlation reasoning) และการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน (hypothetical-deductive reasoning) ผ่านขั้นตอนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 3 ขั้นตอน ซึ่ง Lawson (2004) ได้ยกตัวอย่างการนำองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไปใช้ในขั้นตอนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผ่านกรณีศึกษาของ A.D. Hasler นักชีววิทยาซึ่งศึกษาวงจรชีวิตของ silver salmon สามารถอธิบายได้ ดังนี้

> *“โดยธรรมชาติ Silver salmon เกิดในบริเวณแหล่งต้นน้ำของน้ำจืดทางตะวันตกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก Silver salmon ในวัยเยาว์จะว่ายตามกระแสน้ำลงมาสู่มหาสมุทรแปซิฟิก จนถึงช่วงโตเต็มวัยที่พร้อมจะขยายพันธุ์ Silver salmon จะว่ายทวนกระแสน้ำเพื่อไปวางไข่หรือ อสุจิ ในแหล่งต้นน้ำของตัวเองที่ถือกำเนิดมา แล้วก็เสียชีวิต ซึ่งนักชีววิทยาพบว่า Silver salmon มีความแม่นยำในการ*

วางไข่ในจุดที่ตัวเองถือกำเนิดมา จึงเป็นที่สงสัยของนักวิทยาศาสตร์ว่า Silver salmon รู้ได้อย่างไร และนักวิทยาศาสตร์ต้องการที่จะรู้คำตอบนั้น"

จากข้อความข้างต้นที่กล่าวมา Lawson (2004) ได้อธิบายการนำองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มาใช้ในขั้นตอนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุสิ่งที่น่าสงสัยจากการสังเกต (Identification of puzzling observation) นักวิทยาศาสตร์จำเป็นจะต้องตั้งคำถามเชิงสาเหตุของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (causal question) เช่น อะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้แซลมอนทั้งหลายกลับไปจบชีวิตในจุดเดิมที่เกิดมา หรือแซลมอนสามารถว่ายทวนกระแสน้ำมาวางไข่ ณ จุดกำเนิดได้เพราะเหตุใด เป็นต้น

ขั้นที่ 2 สร้างสมมติฐาน (Generate hypotheses) ในขั้นตอนนี้นักวิทยาศาสตร์จำเป็นจะต้องใช้ การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (Probability reasoning) ในการสร้าง คำอธิบายทางเลือก (alternative explanation) จากสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ จากการเทียบเคียงกับประสบการณ์เดิมที่มี เช่น มนุษย์ใช้สายตาในการนำทาง: แซลมอนอาจจะทำเช่นนั้นเช่นกัน การอพยพย้ายถิ่นของปลาไหลจะไวต่อการละลายของสารเคมีในน้ำ: แซลมอนอาจจะมีลักษณะเช่นนั้น และนกพิราบใช้สนามแม่เหล็กโลกในการนำทางกลับบ้าน: แซลมอนอาจจะทำเช่นนั้นเช่นกัน จากตัวอย่างการคิดเทียบเคียงพบว่า นักวิทยาศาสตร์คิดว่า สาเหตุที่ปลาแซลมอนว่ายทวนกระแสน้ำมาวางไข่ ณ จุดกำเนิดได้ มาจาก 3 สาเหตุ จึงสามารถนำมาสร้างสมมติฐานทางเลือกเชิงสาเหตุ (alternative causal hypothesis) ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมดจำนวน 8 สมมติฐานตามการให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น และการสร้างสมมติฐานในครั้งนี้ก็เป็นการให้เหตุผลในแบบแผนของ abductive reasoning

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 3 วางแผนการทดสอบสมมติฐาน (Planned test) ประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นตอนนี้นักวิทยาศาสตร์จำเป็นจะต้อง ออกแบบการทดลอง, เก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จำเป็นที่จะต้องใช้ การควบคุมตัวแปร (Control variables) สำหรับการออกแบบการทดลอง การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (Proportional reasoning), การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ (Correlational reasoning) ในการวิเคราะห์ข้อมูล ในการทำการทดลองแต่ละครั้งนักวิทยาศาสตร์จะทำการตรวจสมมติฐานทางเลือกเชิงสาเหตุ (alternative causal hypothesis) ทีละส่วนย่อย ๆ ซึ่งในขั้นนี้จะเป็นแบบแผนการให้เหตุผลแบบ inductive reasoning เมื่อได้ข้อมูลหรือหลักฐานจากการทดลองมาบางส่วนแล้วขั้นตอนต่อไปคือการพยายาม

สร้างข้อสรุปหรือคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จึงต้องใช้ การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน (Hypothetical-deductive reasoning) เพื่อสร้างสมมติฐานจากหลักฐานที่รวบรวมได้จากการทดลอง ขั้นตอนนี้จึงมีแบบแผนการให้เหตุผลแบบ deductive reasoning เพื่อทำการยืนยันความถูกต้องของหลักฐานสู่การสร้างข้อสรุปอย่างมีเหตุผลในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่สร้างขึ้น

จากการวิเคราะห์กรณีตัวอย่างการใช้ขั้นตอนในการตรวจสอบสมมติฐานและทักษะการให้เหตุผลสามารถสรุป ความสัมพันธ์ได้ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนและองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของ Lawson

ขั้นตอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
1. การระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต หมายถึง การระบุประเด็นที่สงสัยจากการสังเกตต่อปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น	-
2. ใช้การให้เหตุผลเชิงเปรียบเทียบในการสร้างสมมติฐาน หมายถึง การกำหนดปัจจัยที่น่าจะเป็นสาเหตุในการทำให้เกิดสิ่งที่สงสัย ใช้หลักความน่าจะเป็นในการกำหนดเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมด	**การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น** หมายถึง การให้เหตุผลในการคาดคะเนเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดจากตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
3. การวางแผนการทดสอบสมมติฐาน หมายถึง การออกแบบการทดลอง เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบสมมติฐาน	**การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน** หมายถึง การให้เหตุผลจากการใช้ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนที่เท่ากัน
	การควบคุมตัวแปร หมายถึง การกำหนดตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น การเปลี่ยนตัวแปรที่ศึกษาและการควบคุมตัวแปร
	การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ หมายถึง การให้เหตุผลโดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างตัวแปรอย่างชัดเจน
	การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
	หมายถึง การให้เหตุผลโดยการสร้างสมมติฐานซึ่งได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ และการพยากรณ์ผลของปรากฏการณ์จากการตั้งสมมติฐาน

ในปัจจุบันพบงานวิจัยทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ ที่มีองค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับแนวคิดของ Lawson ดังนี้

Ding et al. (2016) ทำการศึกษาในหัวข้อ “การศึกษาระดับอุดมศึกษาพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหรือไม่” โดยทำการสำรวจทักษะการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์กับนักเรียนระดับอุดมศึกษาชาวจีนที่ต่างระดับชั้น ต่างสาขาและต่างมหาวิทยาลัย จำนวน 1,637 คน ในการศึกษาครั้งนี้ได้สำรวจความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จากทักษะการให้เหตุผล 5 ทักษะ ได้แก่ การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน (hypothetical-deductive reasoning) การควบคุมตัวแปร (control of variables) การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (proportional reasoning) การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ (correlation reasoning) และการให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (probabilistic reasoning) ผลจากการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์เล็กน้อยระหว่างการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาและการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการสะท้อนและเรียกร้องความสนใจของเราต่อสถานะที่เป็นอยู่ของการศึกษาระดับสูงและกระตุ้นนักวิจัยทั่วโลกให้มองปัญหานี้ในประเทศของตน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Erlina, Susantini, Wasis, Pandiangan, and Wicaksono (2018) ได้ทำการศึกษาผลของการสอนที่เรียกว่า evidence-based reasoning teaching ที่มีต่อการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวิชาฟิสิกส์ โดยทักษะการให้เหตุผลและขั้นตอนการตรวจสอบสมมติฐาน ดังนี้

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการให้เหตุผล และขั้นตอนในการตรวจสอบสมมติฐานของ Erlina

ขั้นตอนการตรวจสอบสมมติฐาน	**ความสามารถด้านการให้เหตุผล**
1. การกำหนดปัญหา	
2. การพัฒนาสมมติฐาน	การควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการระบุตัวแปรต้นและตัวแปรตาม
3. การค้นหาหลักฐาน	การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน หมายถึง การกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรในการใช้ตัวเลข สมการทางคณิตศาสตร์ ตาราง และแผนภูมิ
	การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น หมายถึง การพยากรณ์โอกาสที่จะเกิดผลลัพธ์
4. การลงข้อสรุป	การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน หมายถึง การรวบรวมสมมติฐานตามแนวคิดทั่วไปไปสู่แนวคิดเฉพาะที่ได้จากหลักฐาน
5. การทดสอบของข้อสรุป	การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ หมายถึง การสร้างความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างตัวแปร

จากการศึกษางานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่านพบว่าความสามารถด้านให้เหตุผลซึ่งเป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์นั้นสามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความสามารถด้านการให้เหตุผลที่เป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสามารถด้านการให้เหตุผล	**Lawson (1978)**	**Benford and Lawson (2001)**	**Ding et al. (2016)**	**Erlina et al. (2018)**
การแยกและการควบคุมตัวแปร (Isolation and control of variables)	✓			
การให้เหตุผลเชิงผสมผสาน (Combinatorial reasoning)	✓			
การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (Proportional reasoning)	✓	✓	✓	✓
การควบคุมตัวแปร (Control variables)	✓	✓	✓	✓
การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (Probability reasoning)	✓	✓	✓	✓

ความสามารถด้านการให้เหตุผล	Lawson (1978)	Benford and Lawson (2001)	Ding et al. (2016)	Erlina et al. (2018)
การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ (Correlation reasoning)		✓	✓	✓
การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน (Hypothetical-deductive reasoning)		✓	✓	✓

จึงสรุปได้ว่าการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (Proportional reasoning) การควบคุมตัวแปร (Control variables) การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (Probability reasoning) การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ (Correlation reasoning) และการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน (hypothetical-deductive reasoning) เพราะสอดคล้องกับมุมมองของวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการนิรนัยเชิงสมมติฐาน (hypothetico – deductive: HD) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับนิยามของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการทำวิจัยครั้งนี้

(2) ขั้นตอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

เนื่องจากการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับขั้นตอนของการตรวจสอบสมมติฐาน จึงพบว่ามีนักการศึกษาและหน่วยงานทางการศึกษากำหนดขั้นตอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ไว้แตกต่างกัน ดังนี้

Opitz et al. (2017) ได้เสนอขั้นตอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 8 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การระบุปัญหา (Problem identification) หมายถึง ความเข้าใจที่มีต่อความไม่สอดคล้องกันของคำอธิบายหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

(2) การตั้งคำถาม (Questioning) หมายถึง ความสามารถในการสร้างข้อคำถามจากปัญหาที่ระบุไว้ เป็นขั้นตอนพื้นฐานสำหรับกระบวนการการให้เหตุผล

(3) การสร้างสมมติฐาน (Hypothesis generation) หมายถึง การสร้างคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้จากการตั้งคำถามภายใต้กรอบแนวคิดหรือทฤษฎี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(4) สร้างและออกแบบสถานการณ์จำลอง (Construction and redesign of artefacts) หมายถึง การออกแบบสถานการณ์สำหรับการทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้น สามารถแก้ไขและออกแบบสถานการณ์ใหม่ได้เพื่อให้เหมาะสมกับการทดสอบ

(5) การสร้างหลักฐาน (Evidence generation) หมายถึง การได้มาซึ่งหลักฐานตามที่วิธีการที่ใช้ทดสอบ

(6) การประเมินหลักฐาน (Evidence evaluation) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ความสอดคล้องของหลักฐานที่มีต่อคำกล่าวอ้าง

(7) การลงข้อสรุป (Drawing conclusion) หมายถึง การสร้างข้อสรุปโดยพิจารณาจากน้ำหนักความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันระหว่างหลักฐานกับคำกล่าวยืนยัน

(8) การสื่อสารและการพิจารณาทบทวน (Communication and Scrutinizing) หมายถึง การนำเสนอและอภิปรายร่วมกับผู้อื่นเกี่ยวกับประเด็นของการใช้กระบวนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการได้มาซึ่งผลลัพธ์และข้อสรุป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559) ได้เสนอกรอบการประเมินผลนักเรียนในโครงการ TIMSS 2015 ด้านการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการใช้เหตุผลในวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) วิเคราะห์ (Analyze) บ่งชี้ปัญหา และใช้ข้อมูล รูปแบบข้อมูล แนวคิด ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องวิเคราะห์ปัญหาเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องในการตอบคำถาม และแก้ปัญหา

(2) สังเคราะห์ (Synthesize) ตอบคำถามที่ต้องพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผล หรือ แนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

(3) ตั้งคำถาม-ตั้งสมมติฐาน-ทำนาย (Formulate Questions -Hypothesize - Predict) ตั้งคำถามที่สามารถหาคำตอบได้ด้วยการสำรวจตรวจสอบและ ทำนายผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้โดยมีพื้นฐานมาจากความ เข้าใจในแนวคิด และความรู้จากประสบการณ์ การสังเกต และ/ หรือการวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ใช้หลักฐานและความเข้าใจในแนวคิดเพื่อทำนายเกี่ยวกับผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือสภาวะทางกายภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(4) ออกแบบการสำรวจตรวจสอบ (Design Investigations) วางแผนการสำรวจตรวจสอบหรือวิธีการที่เหมาะสมเพื่อตอบ คำถามทางวิทยาศาสตร์หรือตรวจสอบสมมติฐาน อธิบายลักษณะหรือเข้าใจได้ถึงลักษณะของการสำรวจ ตรวจสอบที่ดี ในด้านตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น

(5) ประเมิน (Evaluate) ประเมินความเป็นไปได้ของคำอธิบายต่าง ๆ ประเมินความได้เปรียบ/เสียเปรียบเพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับ กระบวนการและวัสดุต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ ประเมินผลการสำรวจตรวจสอบจากข้อมูลที่มากพอเพื่อสนับสนุนข้อสรุป

(6) สรุป (Draw Conclusions) ลงข้อสรุปที่เที่ยงตรงจากการสังเกต หลักฐาน และ/หรือความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐาน และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถเปรียบเทียบขั้นตอนการตรวจสอบสมมติฐานจากนักการศึกษาและหน่วยงานทางการศึกษาสรุปได้ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบขั้นตอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์			
Lawson (2004)	**Erlina et al. (2018)**	**Opitz et al. (2017)**	**สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559)**
ระบุสิ่งที่น่าสงสัยจากการสังเกต	1. การกำหนดปัญหา	1. การระบุปัญหา (Problem identification)	1. วิเคราะห์ (Analyze)
สร้างสมมติฐาน	2. การพัฒนาสมมติฐาน	2. การตั้งคำถาม (Questioning)	2. สังเคราะห์ (Synthesize)
วางแผนการทดสอบสมมติฐาน	3. การค้นหาหลักฐาน	3. การสร้างสมมติฐาน (Hypothesis generation)	3. ตั้งคำถาม/ตั้งสมมติฐาน/ทำนาย (Formulate Questions/Hypothesize/Predict)
	4. การลงข้อสรุป	4. สร้างและออกแบบสถานการณ์จำลอง (Construction and redesign of artefacts)	4. ออกแบบการสำรวจตรวจสอบ (Design Investigations)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์			
Lawson (2004)	**Erlina et al. (2018)**	**Opitz et al. (2017)**	**สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559)**
	5. การทดสอบของข้อสรุป	5.การสร้างหลักฐาน (Evidence generation)	5. ประเมิน (Evaluate)
		6. การประเมินหลักฐาน (Evidence evaluation)	6. สรุป (Draw Conclusions)
		7. การลงข้อสรุป (Drawing conclusion)	
		8. การสื่อสารและการพิจารณาทบทวน (Communication and Scrutinizing)	

จากการศึกษาขั้นตอนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักวิชาการและหน่วยงานทางการศึกษา พบว่ามีความสอดคล้องกันแม้จะมีจำนวนลำดับขั้นตอนที่ไม่เท่ากัน แต่เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดในภาพรวมของทุกขั้นตอนแล้วพบว่ามีการให้ความหมายและรายละเอียดที่ตรงกัน เหตุผลในการเลือกจำนวนขั้นตอนสำหรับการตรวจสอบสมมติฐานจึงพิจารณาที่ความเหมาะสมของเวลาในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ประกอบกับขั้นตอนการตรวจสอบสมมติฐานต้องไม่ซับซ้อน ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกขั้นตอนในการตรวจสอบสมมติฐานของ Lawson (2004) เพราะมีจำนวนขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนมากเกินไปและเหมาะสมกับเวลาในคาบเรียนสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้จริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 แนวทางการประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ได้รับการพัฒนามาจากแนวคิดจากการประเมินความสามารถในการใช้เหตุผลอย่างเป็นทางการ (formal reasoning) ของเพียเจต์ (Piaget) นักการศึกษาจำนวนหนึ่งจึงใช้วิธีการของเพียเจต์มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องมือวัดของตนเองในการประเมินความสามารถในการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และในงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาจากนักวิชาการ 4 ท่าน ได้แก่ ได้แก่ Tobin and Capie (1981), Roadrangka et al. (1983), Lawson (2000b) และ Han (2013) ดังนี้

Tobin and Capie (1981) ได้ทำการสร้างแบบวัดที่ชื่อว่า The Test of logical Thinking (TOLT) ประกอบด้วยข้อคำถาม 10 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (ข้อคำถามข้อ 1-2), การควบคุมตัวแปร (ข้อคำถามข้อ 3-4), การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ (ข้อคำถามข้อ 7-8), การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (ข้อคำถามข้อ 5-6)และ การให้เหตุผลแบบผสมผสาน (ข้อคำถามข้อ 9-10) รูปแบบของข้อสอบมีลักษณะของแบบทดสอบเลือกตอบหลายตัวเลือก (multiple-choice item) ซึ่งใน 1 ข้อคำถามนักเรียนจะต้องเลือกตอบ 2 ส่วน คือส่วนแรกสำหรับคำตอบ และส่วนที่สองสำหรับตอบเหตุผล ผลจากการศึกษาและพัฒนาแบบวัดจากนักเรียนในระดับชั้น Grade 6 จำนวน 682 คนพบว่า แบบวัด TOLT มีค่าความเที่ยงจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค เท่ากับ 0.85 และสามารถใช้ได้กับนักเรียนตั้งแต่ Grade 6 จนถึงระดับวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแบบสอบสำหรับการวัดความสามารถของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Tobin & Capie เป็นคำถามข้อที่ 4 ที่แสดงถึงการวัดองค์ประกอบของการควบคุมตัวแปร ดังนี้

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
ของ Tobin and Capie (1981)

4. The Pendulum's weight

Suppose you wanted to do an experiment to find out if changing the weight on the end of the string changed the amount of time the pendulum takes to swing back and forth. Which pendulums would you use for experiment?

a. 1 and 4 b. 2 and 4
c. 1 and 3 d. 2 and 5
e. all

Reason

1. The heaviest weight should be compared to the lightest weight
2. All pendulums need to be tested against one another
3. As the number of washers is increased the pendulum should be shortened
4. The number of washers should be different but the pendulums should be the same length
5. The number of washers should be the same but the pendulums should be the different length

Roadrangka et al. (1983) ได้ทำการสร้างแบบวัดที่ชื่อว่า the Group Assessment of Logical thinking (GALT) ตามแนวคิดการพัฒนาความสามารถในการใช้เหตุผลอย่างเป็นทางการ (formal reasoning) ของเพียเจต์ เพื่อประเมินการพัฒนาการให้เหตุผลซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอนในการจัดกลยุทธ์สำหรับการจัดการเรียนการสอน และยังสามารถช่วยให้ครูเข้าใจพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนอีกด้วย ประกอบด้วยข้อคำถามจาก 6 องค์ประกอบได้แก่ การอนุรักษ์มวลและปริมาตร การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน การควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ และการให้เหตุผลแบบผสมผสาน รูปแบบของข้อสอบมีลักษณะของแบบทดสอบเลือกตอบหลายตัวเลือก (multiple-choice item) ซึ่งใน 1 ข้อคำถามนักเรียนจะต้องเลือกตอบ 2 ส่วน คือส่วนแรกสำหรับคำตอบ และส่วนที่สองสำหรับตอบเหตุผล ในการพัฒนาแบบวัดพบค่าความเที่ยง จากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค มีค่าเท่ากับ 0.89 ค่าความสอดคล้องภายในอยู่ในช่วง 0.13-0.85 ค่าความยากอยู่ที่ 0.55 และค่าอำนาจจำแนก 0.44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างแบบสอบสำหรับการวัดความสามารถของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Roadrangka, Yeany, and Padilla เป็นคำถามข้อที่ 3 ซึ่งแสดงถึงการวัดองค์ประกอบของการอนุรักษ์ปริมาตร ดังนี้

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ของ Roadrangka, Yeany, and Padilla (1983)

Item 3 – Glass Size

The drawing shows two glasses a small one and a large one. It also shows two jars, a small one and a large one

It takes 15 small glasses of water or 9 large glasses of water to fill the large jar. It takes 10 small glasses of water to fill the small jar

How many large glasses of water does it take to fill the same small jar?

A. 4

B. 5

C. 6

D. other

How many large glasses of water does it take to fill the same small jar?

A. It takes five less small glasses of water to fill the small jar. So it will take five less large glasses of water to fill the same jar

B. The ratio of small to large glasses will always be 5 to 3

C. The small glass is half the size of the large glass. So it will take about half number of small glasses of water to fill up the same small jar.

D. There is no way of predicting

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Lawson (2000b อ้างถึงใน Bao et al., 2018) ได้ทำการสร้างแบบประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดแนวทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ในขั้นของการให้เหตุผลเชิงนามธรรม (formal reasoning) เรียกว่า Lawson Classroom test of scientific reasoning (LCTSR) เป็นแบบประเมินองค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 6 องค์ประกอบ ได้แก่ การอนุรักษ์มวลและปริมาตร การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน การควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น และการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน แบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบ 2 ชั้น (two-tier structure) โดยทั้งสองชั้นมีลักษณะการตอบแบบเลือกตอบจากหลายตัวเลือก (multiple choice) โดยชั้นแรกเป็นการเลือกคำตอบจากคำถาม และในชั้นที่สองนักเรียนต้องเลือกตัวเลือกที่เป็นเหตุผลในการตอบของชั้นแรก

เกณฑ์ในการให้คะแนนในแบบทดสอบ LCTSR ของ Lawson ได้กำหนดไว้ว่า ถ้านักเรียนตอบอย่างถูกต้องทั้งส่วนที่เป็นเนื้อหา และส่วนที่แสดงเหตุผลจะได้รับ 1 คะแนนเพราะเป็นการแสดงว่านักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง หากนักเรียนตอบผิดในส่วนที่เป็นเนื้อหา หรือในส่วนที่แสดงเหตุผล จะให้คะแนนเป็น 0 เพราะ นักเรียนได้รับการพิจารณาว่าไม่สามารถแก้ปัญหาได้ (Lawson, 1978; Stammen et al., 2018) สามารถแสดงเป็นตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการให้คะแนนของแบบทดสอบ LCTSR

ข้อ	การตอบคำถามในชั้นที่ 1	การตอบคำถามในชั้นที่ 2	การให้คะแนน
1	✓	✓	1
	✓	✗	0
	✗	✓	0
	✗	✗	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

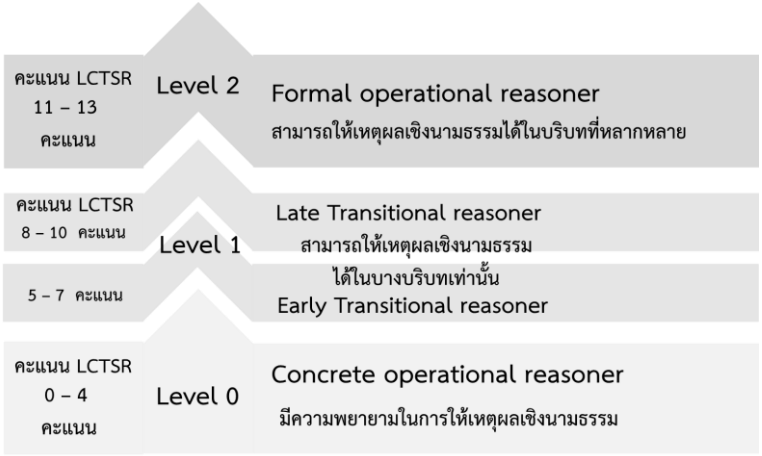
แบบทดสอบ LCTSR มีจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 21 ข้อ มีคะแนนเต็มทั้งหมด 13 คะแนน แสดงรายละเอียด ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการให้คะแนนข้อคำถาม

องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	ข้อคำถามที่	คะแนน
การอนุรักษ์มวลและปริมาตร	1,2	1
	3,4	1
การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน	5 - 8	2
การควบคุมตัวแปร	9 - 14	3
การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น	15 - 18	2
การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์	19 - 20	1
การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน	21 - 22	1
	23	1
	24	1
	รวม	**13**

การแปลความหมายผลคะแนนจากแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ LCTSR (Bao et al., 2018; Deming, O'Donnell, & Malone, 2012; Lawson, 1978; Stammen et al., 2018) เนื่องจาก Lawson ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (LCTSR) กับระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของเพียเจต์ จึงสามารถแบ่งกลุ่มความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามระดับคะแนนที่ออกเป็น 3 ระดับ ดังภาพที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



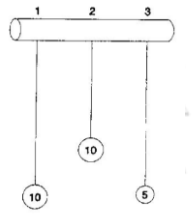
ภาพที่ 1 ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของเพียเจต์

ตัวอย่างแบบสอบสำหรับการวัดความสามารถของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson เป็นคำถามข้อที่ 9-10 ซึ่งแสดงถึงการวัดองค์ประกอบของการควบคุมตัวแปร ดังนี้

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ของ Lawson (2000b)

9. At the right are drawings of three strings hanging from a bar. The three strings have metal weights attached to their ends. String 1 and String 3 are the same length. String 2 is shorter. A 10 units weight is attached to the end of String 1. A 10 units weight is also attached to the end of String 2. A 5 units weight is attached to the end of String 3. The strings (and attached weights) can be swung back and forth and the time it takes to make a swing can be timed.



Suppose you want to find out whether the length of the string has an effect on the time it takes to swing back and forth. *Which strings would you use to find out?*

a. only one string

b. all three strings

c. 2 and 3

d. 1 and 3

e. 1 and 2

10. *because*

a. you must use the longest strings.

b. you must compare strings with both light and heavy weights.

c. only the lengths differ.

d. to make all possible comparisons.

e. the weights differ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Han (2013) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์แบบประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ (Lawson The Classroom test of scientific reasoning: LCTSR) เพื่อจะทำการปรับปรุงแบบวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก Han มีแนวคิดว่าแบบประเมินของ Lawson ไม่สามารถตอบสนองต่อเป้าหมายการศึกษาในปัจจุบันที่เน้นรูปแบบของสะเต็มศึกษา (ในประเทศสหรัฐอเมริกา) จากการศึกษาและวิเคราะห์แบบประเมิน LCTSR พบผลการศึกษา ดังนี้

(1) ประเมินความตรงของแบบทดสอบ LCTSR พบว่าเกณฑ์ขั้นต่ำประมาณร้อยละ 80 สามารถใช้ในประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของการพัฒนาผู้เรียนได้

(2) การวิเคราะห์ระดับความยากของแบบทดสอบ LCTSR พบว่า แบบทดสอบชุดนี้เหมาะกับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

(3) ในข้อคำถามบางข้อใน LCTSR สามารถปรับและขยายองค์ประกอบการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้มีความชัดเจนขึ้นได้ดังนี้ ตัดองค์ประกอบการอนุรักษ์มวลและปริมาตร (Conservative the matter and volume) ออก แล้วเพิ่มการให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning), การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) และการให้เหตุผลเชิงสาเหตุ (Causal Reasoning) จึงทำให้องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Han มีจำนวนทั้งหมด 8 องค์ประกอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6 แนวทางการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ตามธรรมชาติของนักเรียนจะพบว่า นักเรียนจะมีความอยากรู้อยากเห็นต่อสิ่งต่าง ๆ ที่มีในโลกต้องการการค้นหาและการได้ผลของคำตอบนั้น การจัดการเรียนการสอนของครูในการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ควรสอดคล้องกับธรรมชาติของผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อาศัยความอยากรู้อยากเห็นเป็นแรงจูงใจในการเรียนรู้ ค้นหาคำตอบอย่างมีขั้นตอนและระแบบแผนที่ชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากการค้นพบโดยทั่ว ๆ ไป (Kuhn, Schauble, & Garcia-Mila, 1992) ดังนั้นครูควรเลือกบทเรียนที่สามารถใช้กระบวนการสืบสอบเป็นฐาน (inquiry-based lesson) (Zimmerman, 2005) มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการขับเคลื่อนโดยการตั้งสมมติฐาน (hypothesis-driven) การทดลอง, การตรวจสอบหลักฐาน, การ

อนุมาน และการโต้แย้ง เพื่อส่งเริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (Lawson, 2010)

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี และแนวทางการประเมินผลสัมฤทธิ์ มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) อธิบายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงเวลาหนึ่ง โดยผลการเรียนรู้อาจเป็นความรู้ หรือทักษะที่บ่งบอกพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548) อธิบายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ ขนาดความสำเร็จของผู้เรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) อธิบายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ ผลการเรียนรู้ที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่แสดงออก 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Gronlund and Waugh (2009) อธิบายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ผลจากการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนสามารถบรรลุผลการเรียนรู้ตามที่ตั้งไว้

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จึงสรุปว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี คือ ผลการเรียนรู้ของนักเรียนในการสามารถบรรลุผลการเรียนรู้ตามที่ตั้งไว้ ซึ่งเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในวิชาเคมี และประเมินได้จากการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมที่แสดงออกของนักเรียน

2.2 แนวทางในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การประเมินผลเป็นกิจกรรมที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้ ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ครูได้ทราบถึงความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ และสามารถนำผลที่ได้จากการประเมินเป็นแนวทางให้ครูปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียนมากยิ่งขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2555)

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง (2559) อธิบายว่าการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับใช้ในงานวิจัยส่วนมากใช้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรตามที่เป็นผลมาจากการเรียนการสอน การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงมุ่งวัดความสามารถทางพุทธิพิสัยภายใต้เนื้อหาที่กำหนดในหลักสูตร ดังนั้นแบบวัดผลสัมฤทธิ์จึงหมายถึงแบบทดสอบที่มุ่งวัดเนื้อหาวิชาที่เรียนผ่านมาแล้วว่านักเรียนมีความรู้เพียงใด (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539)

ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดพุทธิพิสัยของ (Anderson & Krathwohl, 2001อ้างถึงใน ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2559) ได้ทำการปรับระดับพฤติกรรมพุทธิพิสัยของบลูม (Bloom's cognitive taxonomy) มาเป็น Bloom revised โดยการจัดเรียงเพิ่มมิติของพุทธิพิสัยเป็น 2 มิติ ได้แก่ มิติด้านความรู้พุทธิพิสัย (cognitive knowledge dimension) ประกอบด้วย จำ (remember) เข้าใจ (understand) ประยุกต์ใช้ (apply) วิเคราะห์ (analysis) ประเมิน (evaluate) และ สร้างสรรค์ (create) มีรายละเอียด ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 นิยามระดับพฤติกรรมพุทธิพิสัยของ Bloom โดย Anderson และ Krathwohl (Revised Bloom's taxonomy) ในมิติด้านพุทธิพิสัย

ระดับพฤติกรรม	นิยาม
จำ (remember)	การจดจำข้อมูลสารสนเทศที่เกิดจากความจำระยะยาว
เข้าใจ (understand)	การสร้างความหมายจากข้อความ โดยการบรรยาย เขียน หรือวาดภาพเพื่อสื่อสาร
ประยุกต์ใช้ (apply)	การนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์เฉพาะ
วิเคราะห์ (analysis)	การจำแนกสิ่งต่าง ๆ ให้เป็นองค์ประกอบย่อย ๆ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น
ประเมิน (evaluate)	การตัดสินสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์หรือมาตรฐาน
สร้างสรรค์ (create)	การสร้างสิ่งต่าง ๆ ให้เป็นรูปแบบใหม่ หรือโครงสร้างใหม่

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสามารถอันเป็นผลมาจากประสบการณ์การเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา การวัดความรู้ความสามารถทางสติปัญญาของบุคคลนั้น ๆ วิธีการที่ใช้กันมากและเหมาะสมที่สุดคือ การสอบ (Testing) และเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับการสอบ คือ แบบสอบ (Test)

แบบสอบประเภทเลือกตอบแบบหลายตัวเลือก (multiple – choice) เป็นข้อสอบที่ให้ผู้สอบเลือกคำตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้ข้อสอบแบบนี้ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นตัวคำถาม (stem) และส่วนที่เป็นคำตอบตัวเลือก (options) แบบสอบประเภทนี้สามารถวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับต่าง ๆ ได้ตั้งแต่ระดับที่ง่ายไปจนถึงระดับที่ซับซ้อน สามารถวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ และนำไปพัฒนาเป็นแบบทดสอบมาตรฐานได้ (โชติกา ภาษีผล, ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, และ กมลวรรณ ตังธนกานนท์, 2558)

แบบสอบเขียนตอบแบบอธิบายเป็นแบบสอบที่ต้องการให้ผู้สอบสร้างคำตอบอย่างอิสระ แบบสอบประเภทนี้ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นสถานการณ์หรือข้อมูลที่กำหนดให้ และข้อคำถามที่ต้องสัมพันธ์กับสถานการณ์หรือข้อมูลที่กำหนดให้ โดยคำถามที่ดีจะต้องสามารถกระตุ้นให้ผู้สอบแสดงพฤติกรรมเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ การคิดระดับสูง การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การเปรียบเทียบ การอธิบายวิธีการและขั้นตอน การลงข้อสรุปหรือข้อเสนอแนะ เพื่อให้ผู้สอบแสดงศักยภาพที่ตนเองมีอยู่ออกมาให้ได้มากที่สุด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2555)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับการประเมินประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีเพียงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยในระดับพฤติกรรม จำ เข้าใจ นำไปใช้ วิเคราะห์ และประเมินค่า ด้วยการทดสอบหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน วัดโดยใช้แบบสอบประเภทเขียนตอบแบบอธิบายจำนวน 10 ข้อ และแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ มีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ความหมายของแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์

Monk and Osborne (1997) อธิบายว่า การนำมุมมองเชิงประวัติศาสตร์ และปรัชญาของวิทยาศาสตร์ (History and Philosophy of Science: HPS) มาเป็นแนวทางในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ด้วยการนำประวัติวิทยาศาสตร์มาบูรณาการกับเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์นั้น เป็นการจัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้นักเรียนได้รับความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการตรวจสอบการได้มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นไปที่การอธิบายแนวคิดและความรู้ในเชิงญาณวิทยา (Epistemology) หรือการตรวจสอบจุดมุ่งหมายของการได้มาซึ่งความรู้ โดยครูสามารถนำวิธีการเชิงประวัติศาสตร์มาบูรณาการเข้ากับการสอนตามแนวคิดเชิงคอนสตรัคติวิสต์ได้

Stinner et al. (2003) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่าแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบของญาณวิทยาประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

(1) องค์ประกอบของระเบียบวิธีการ (Methodological component) เกี่ยวข้องกับการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ, การระบุและการควบคุมของตัวแปรที่เกี่ยวข้องผ่านกระบวนการทดสอบที่เป็นธรรม, การรวบรวมข้อมูลที่เชื่อถือได้การใช้แบบจำลองทางสถิติพื้นฐานเพื่อแสดงความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของการวัด

(2) องค์ประกอบของการสื่อความหมาย (Interpretive component) เกี่ยวข้องกับการพิจารณาตามการตีความทางเลือกของหลักฐาน การเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของหลักฐานตลอดจน การสื่อความหมาย และการโน้มน้าวผู้อื่นเพื่อให้บรรลุข้อตกลง เกี่ยวกับการตีความจากหลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนคำนิยาม หลักการ กฎ และทฤษฎี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Brush (1989) กล่าวว่าสาระสำคัญของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การแสดงให้ผู้เรียนเห็นว่าการลงข้อสรุปหรือผลลัพธ์ที่เกิดจากวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ได้ความรู้มาอย่างไร และมีทางเลือกอื่นที่สนับสนุนอย่างน่าเชื่อถืออีกหรือไม่ แนวคิดเชิงประวัติศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการใช้กระบวนการคิดจากกรณีศึกษาที่หลากหลาย เพื่อทำการสนับสนุนความน่าเชื่อถือของกระบวนการที่ใช้ในการสร้างความรู้

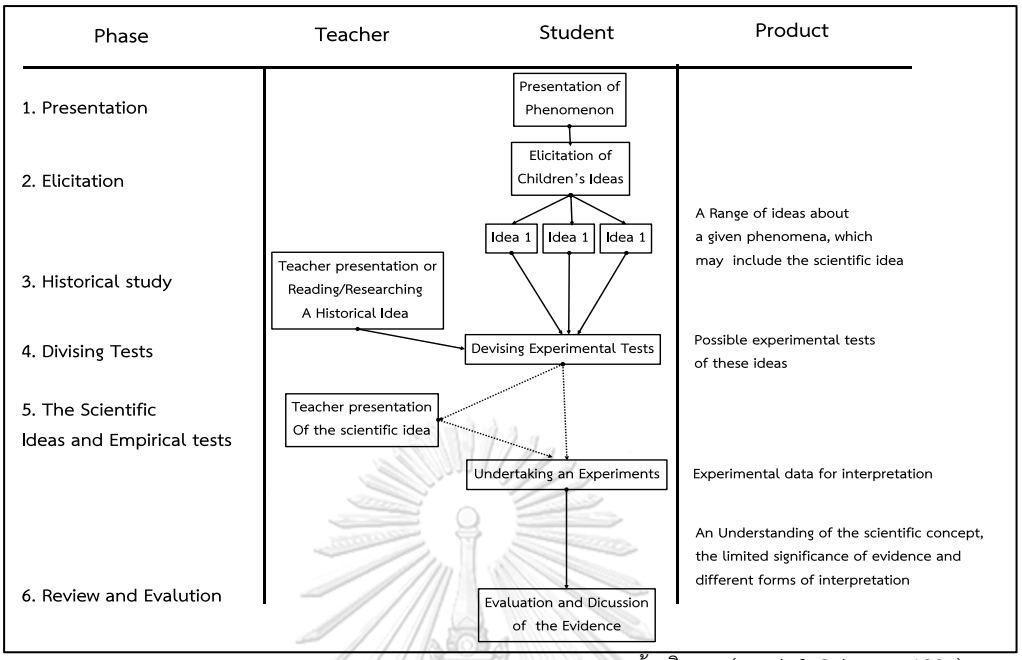
การจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ คือ การนำประวัติวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ มาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดเชิงคอนสตรัคติวิสต์ โดยมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนสามารถในการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ การระบุและการควบคุมของตัวแปรที่เกี่ยวข้องผ่านกระบวนการทดสอบที่เป็นธรรม การรวบรวมข้อมูลที่เชื่อถือได้การใช้แบบจำลองทางสถิติพื้นฐานเพื่อแสดงความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของการวัด และสามารถสื่อความหมายในการตีความจากการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ในการสนับสนุนคำนิยาม หลักการ กฎ และทฤษฎี

3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์

Monk and Osborne (1997) นำเสนอการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ ซึ่งได้รับการพัฒนามาจากการบูรณาการระหว่างรูปแบบการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์กับการนำประวัติเชิงวิทยาศาสตร์มาเป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการสอน ซึ่งมีช่วงเวลาที่สำคัญในการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงความคิดของตนเอง ภายใต้หัวข้อที่ชวนให้นักเรียนสงสัย และเกิดกระบวนการคิดตามสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ดำเนินการในอดีต ทำให้เห็นพัฒนาการทางวิทยาศาสตร์ และวิธีการที่มีความหมายในการแสดงถึงการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนเชิงประวัติศาสตร์จึงมักจะถูกนำไปใช้ในการส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจมุมมองของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแนวคิดของวิธีการเชิงประวัติศาสตร์เป็นบริบทที่เหมาะสมที่แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์จากอดีตสู่ปัจจุบัน (Abd-El-Khalick, 2013; Solomon, Duveen, Scot, & McCarthy, 1992)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นตอน 6 ขั้นตอนด้วยกัน ดังภาพที่ 2



อ้างอิงจาก (Monk & Osborne, 1997)

ภาพที่ 2 รูปแบบของกระบวนการสอน (Model of the teaching process

ในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(1) การนำเสนอ (Presentation)

การสอนควรเริ่มต้นโดยครูนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน หรือเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตของนักเรียน ที่สามารถสร้างความสนใจให้กับนักเรียนในการชวนให้นักเรียนสงสัย และสร้างคำถามเพื่อต้องการคำตอบ ตัวอย่างเช่น ครูต้องการนำเสนอปรากฏการณ์ของพฤติกรรมการร่วงหล่นของวัตถุ ซึ่งครูอาจจะใช้คำถามชวนให้นักเรียนคิด ดังนี้ “นักเรียนคิดว่าก้อนหินที่มีขนาดแตกต่างกัน (เล็กกับใหญ่) ก้อนหินก้อนใดจะร่วงหล่นลงสู่พื้นเป็นก้อนแรก” เป็นต้น

(2) การล้วงประสบการณ์เดิม (Elicitation)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ครูควรให้ความสำคัญมากที่สุด โดยครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดที่เป็นแนวทางของคำตอบของประเด็นที่สงสัยจากขั้นตอนนำเสนอ ครูทำหน้าที่รวบรวมความคิดของนักเรียนในการคาดคะเนคำตอบ ความรู้ หรือทฤษฎีที่นักเรียนแสดงออกมา ครูอาจจะรวบรวมความคิดของนักเรียนในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น การวาดภาพ (drawing) การอภิปราย (discussing) และการเขียนแผนผังมโนทัศน์ (concept map) เป็นต้น ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ

2.1) นักเรียนได้แสดงความคิดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง ทำให้ครูได้ทราบระดับของพื้นฐานความรู้ของนักเรียน

2.2) นักเรียนเห็นความสำคัญของความคิดที่หลากหลาย และแตกต่างกัน

(3) การศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study)

เป็นขั้นตอนของการค้นหาคำตอบจากประเด็นที่นักเรียนสงสัยในขั้นตอนการนำเสนอผ่านทางเรื่องราวของประวัติศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์ที่ครูนำเสนอในห้องเรียน ดังนั้นเรื่องราวของประวัติศาสตร์วิทยาศาสตร์ที่ครูเลือกมาจะต้องมีหลักฐานเพียงต่อการศึกษา และให้นักเรียนค้นหาคำตอบเพื่อที่จะตอบคำถามในสิ่งที่นักเรียนสงสัยจากขั้นตอนที่ผ่านมา

ครูนำเสนอประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์ ในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น บทความสั้น (Vignette) กรณีศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical Case studies) การแข่งขันเชิงทฤษฎี (Confrontation) การบรรยายใจความสำคัญ (Thematic narratives) บทสนทนา (Dialogues) หรือบทละคร (Dramatization) ผ่านการนำเสนอด้วยการเล่าเรื่องจากปากเปล่า ผ่านข้อความหรือบทความ หรือสื่อประสมที่หลากหลาย แต่ควรจะพิจารณาอย่างรอบคอบถึงความเหมาะสมของรูปแบบที่นำเสนอกับหัวข้อที่จะสอน

ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะค้นหาแนวคิดสำหรับแนวทางการได้มาของคำตอบผ่านเรื่องราวประวัติศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์ ครูกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดตามเรื่องราว ทั้งมุมมองของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มุมมองของกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ค้นหาคำตอบ บริบททางสังคมและประวัติศาสตร์ รวมทั้งครูควรกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแนวทางคำตอบที่มีทางเลือกหลากหลายในการตอบคำถามจากประเด็นที่นักเรียนสงสัย และเป็นสิ่งเดียวกันกับที่นักวิทยาศาสตร์กำลังศึกษาอยู่ ซึ่งครูอาจจะใช้คำถามในลักษณะนี้ เช่น “ณ เวลานั้น นักเรียนคิดว่าสิ่งใดที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเริ่มต้นวิธีการคิดแบบใหม่ได้ หรือ สิ่งใดเป็นสิ่งที่ยากที่สุดในการเริ่มต้นวิธีการคิด” เป็นต้น

(4) การทดสอบการหาคำตอบ (Devising Tests)

เมื่อนักเรียนได้แนวทางของคำตอบที่หลากหลายจากขั้นตอนที่ผ่านมา ครูรวบรวมแนวความคิดของนักเรียนทั้งหมด เพื่อให้นักเรียนนำเสนอกระบวนการในการตรวจสอบความถูกต้องของแนวความคิดต่าง ๆ โดยนักเรียนจะต้องสร้างสมมติฐานเพื่ออธิบายหลักฐาน (ที่ได้รับจากการศึกษาจากประวัติศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์) ดังนั้นในชั้นเรียนก็จะมีการสร้างสมมติฐานที่หลากหลาย รวมทั้งการออกแบบการทดลองที่แตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสมมติฐานนักเรียนต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ และจินตนาการ นักเรียนจะช่วยกันนำเสนอการออกแบบการทดลองที่กำลังจะเกิดขึ้นภายในห้องเรียนจึงเปรียบเสมือนกับชุมชนของนักวิทยาศาสตร์ที่กำลังช่วยกันตัดสินข้อเสนอที่เกิดขึ้น

ในขั้นตอนนี้การทดสอบด้วยการทดลองอาจจะเป็นไปได้หรือไม่ได้ ขึ้นอยู่กับการพิจารณาของครู ว่าการทดลองที่นักเรียนนำเสนอนั้นเหมาะสมที่จะทำในชั้นเรียนหรือไม่

ในกระบวนการการทดลองนักเรียนจำเป็นต้องสร้างสมมติฐานได้ด้วยตนเอง สามารถกำหนดสมมติฐานทางเลือกขึ้นมาเพื่ออธิบายหลักฐานที่ได้จากการทดลอง รวมทั้งกระบวนการของการตรวจสอบสมมติฐานในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับระเบียบวิธีที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมหลักฐานที่ถูกต้อง และประเด็นการตีความ และเหตุผลของการตีความ เงื่อนไขของเวลาและความทันสมัยของการทดลอง นำมาสู่ประเด็นที่นักเรียนต้องศึกษาว่า “นักวิทยาศาสตร์รู้ได้อย่างไร”

(5) มุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ (The Scientific View)

ในขั้นตอนนี้ครูจะนำเสนอแนวคิดในมุมมองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และนำนักเรียนสู่การทดลองที่เป็นปัจจุบัน และสามารถทำได้จริงในชั้นเรียน การทดลองในขั้นตอนนี้จึงเปรียบเสมือนการทดลองเพื่อสนับสนุนกระบวนการตีความทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่ได้ใช้การทดลองนี้หักล้างสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีต ครูควรแสดงให้นักเรียนเห็นว่าหลักฐานที่ได้จากการทดลองเพียงอย่างเดียวไม่ได้เป็นตัวกำหนดความรู้ทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังประกอบกับการใช้หลักฐานในการสนับสนุนให้เกิดการตีความทางวิทยาศาสตร์ได้

การที่ครูนำเสนอแนวคิดในมุมมองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ซึ่งความความคิดที่ครูนำเสนอนี้อาจจะขัดแย้งกับขั้นตอนที่ผ่านมา และอาจจะมีการโต้แย้งเกิดขึ้น ครูสามารถใช้ประโยชน์จากสิ่งนี้โดยการชี้ให้เห็นว่าการแสดงความคิดที่แตกต่างก็เป็นส่วนหนึ่งของการหลักการทางวิทยาศาสตร์ เปรียบเสมือนกระบวนการตรวจสอบความถูกต้อง ดังนั้น ครูควรเสนอแนวคิดในมุมมองทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน ตรงประเด็น และนำเสนออย่างเป็นทางการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(6) การทบทวนและประเมินผล (Review and Evaluation)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนสั้น ๆ ที่จะทำให้นักเรียนได้ทบทวนและประเมิน ความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับผลการตรวจสอบสมมติฐาน นำมาสู่การสรุปคำตอบของนักเรียน ครูอาจจะให้นักเรียนอภิปรายในชั้นเรียนเป็นกลุ่มย่อย หรือครูเป็นผู้ให้ผลป้อนกลับแก่นักเรียน การพิจารณาหลักฐานจะทำให้นักเรียนย้อนกลับไปคิดเรื่องราวที่เกิดขึ้น รวมทั้งข้อสรุปที่ได้จากการลงมติภายในชั้นเรียน ในการทบทวนและประเมินผลจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนผลของการแก้ปัญหา เปิดโอกาสให้นักเรียนเปรียบเทียบความคิดของตนเองกับเพื่อนในห้อง

3.3 รูปแบบในการบูรณาการวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์

Stinner et al. (2003) ได้นำเสนอรูปแบบต่าง ๆ ในการบูรณาการวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) บทความสั้น (Vignette) เป็นการนำเสนอรูปแบบวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ที่เล็กที่สุด คือ มีลักษณะเป็นบทความสั้นเชิงประวัติศาสตร์ที่พูดถึงเฉพาะรายละเอียดที่ยอดเยี่ยม และพัฒนาการของเรื่องราวแบบกระชับ การนำบทความสั้น ๆ ในรูปแบบของ Vignette ที่ได้รับการคัดเลือก และการออกแบบมาเป็นอย่างดีจะสามารถเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนกับบทเรียนได้ รวมทั้งทำหน้าที่เป็นแรงจูงใจให้นักเรียนอ่านเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และข้อมูลที่เกี่ยวกับนักวิทยาศาสตร์

(2) กรณีศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical Case studies) เป็นการนำเสนอการรูปแบบวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ ในรูปแบบของกรณีศึกษาที่ประกอบด้วยบริบททางประวัติศาสตร์ผ่านการนำเสนอในความคิดรวบยอดเพียงประเด็นเดียว จุดเด่นในการนำเสนอประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

2.1) บริบททางประวัติศาสตร์ (Historical context): แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของยุคประวัติศาสตร์

2.2) การทดลองและแนวคิดหลัก (The experiments and the main idea): แนวคิดหลัก และการสนับสนุนเชิงประจักษ์สำหรับสิ่งที่เป็นแนวคิดหลักของกรณีศึกษา

2.3) ความหมายของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการสอนวิทยาศาสตร์ (Implications for scientific literacy and the teaching of science)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(3) การแข่งขันเชิงทฤษฎี (Confrontation) มีจุดเด่นอยู่ที่การนำเสนอรูปแบบวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ผ่านทางความขัดแย้งกันของทฤษฎี จะทำให้นักเรียนได้เห็นถึงการเรียงลำดับและการพัฒนาของของทฤษฎี การแข่งขันของทฤษฎีทำให้เกิดการแก้ไขของทฤษฎี บางทฤษฎีได้รับการแก้ไข และเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด แต่ในบางทฤษฎีก็ได้รับการแก้ไขเพียงบางส่วน

(4) การบรรยายใจความสำคัญ (Thematic narratives) เป็นการนำเสนอวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่มีโครงเรื่องขนาดใหญ่ ซึ่งในโครงเรื่องที่มีขนาดใหญ่อาจจะประกอบด้วยกรณีศึกษาหลายกรณี จุดเด่นของ thematic narratives อยู่ที่การเชื่อมโยงระหว่างสาขาของวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงถึงธรรมชาติที่พึ่งพาซึ่งกันและกันgเชื่อมโยงกันของวิทยาศาสตร์

(5) บทสนทนา (Dialogues) เป็นการนำเสนอวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่มีจุดเด่นอยู่ที่การนำเสนอในรูปแบบบทสนทนา วิธีการนี้จะสะท้อนถึงการคล้อยตามหรือการขัดแย้งระหว่างบุคคล ซึ่งการอภิปรายและการถกเถียงกันทางประวัติศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่าการได้มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถมีความขัดแย้งเกิดขึ้นได้ และความขัดแย้งเหล่านี้สามารถนำมาใช้เพื่อแสดงให้นักเรียนเห็นว่าวิทยาศาสตร์วิวัฒนาการผ่านการอภิปรายอย่างไร

(6) บทละคร (Dramatization) เป็นการนำเสนอวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ในรูปแบบของบทละครด้วยการแสดงผ่านบทบาทสมมติ จุดเด่นของรูปแบบบทละคร คือสามารถแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคมได้อย่างชัดเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และการสอนด้วยวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ สามารถแสดงได้ ดังนี้

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

(1) งานวิจัยสำหรับแนวทางการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

(2) งานวิจัยสำหรับแนวทางการประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(1) งานวิจัยสำหรับแนวทางการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Erlina et al. (2018) ได้ทำการศึกษาผลของการสอนโดยรูปแบบการสืบสอบเป็นฐานร่วมกับการให้เหตุผลจากหลักฐานที่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 139 คน ในประเทศอินโดนีเซีย งานวิจัยนี้มีรูปแบบการวิจัยแบบ one group pre-test post-test design ซึ่งรูปแบบการสอนการให้เหตุผลจากหลักฐานในการวิจัยครั้งนี้ได้นำกรอบแนวคิดการให้เหตุผลจากหลักฐาน (evidence-based reasoning) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับรูปแบบการสอนแบบสืบสอบ ผลจากการศึกษาพบว่ารูปแบบการสืบสอบเป็นฐานร่วมกับการให้เหตุผลจากหลักฐานส่งผลในการพัฒนาองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้ การพัฒนาในระดับสูง ได้แก่ การควบคุมตัวแปร การพัฒนาในระดับปานกลาง ได้แก่ การคิดเชิงสัดส่วนและการคิดเชิงความน่าจะเป็น และการพัฒนาในระดับต่ำ ได้แก่ การคิดเชิงสหสัมพันธ์และการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน

Susilowati and Anam (2017) ได้ทำการศึกษาผลของรูปแบบการสอน 5E ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ นำมาใช้เพื่อการพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific reasoning) และการแก้ปัญหา (problem solving) เนื่องมาจากการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยาที่ MA (Madrasah Aliyah) ประเทศอินโดนีเซีย ยังคงใช้รูปแบบที่ครูเป็นผู้ผูกขาดในการสอนและนักเรียนไม่ได้มีส่วนร่วมในชั้นเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในรูปแบบการทดลองเบื้องต้น (one group pre-test post-test) ประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 60 คน ผลจากการศึกษาพบว่ารูปแบบการสอน 5E ส่งผลต่อการพัฒนา พัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific reasoning) และการแก้ปัญหา (problem solving) ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Kral (1997) ศึกษาผลของการนำการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มาใช้ในหลักสูตรที่สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในปี 1989 ที่ประเทศอังกฤษได้มีการปรับโครงสร้างหลักสูตรทางการศึกษา Kral (1997) จึงทำการนำการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาโดย Lawson ไปใช้ในหลักสูตรสำหรับนักเรียนเกรด 12 เป็นระยะเวลา 3 ปี (1989 ถึง 1991) ในรูปแบบของวงจรการเรียนรู้ ทั้งหมด 18 วงจรการเรียนรู้ จากการศึกษา 3 ปีของนักเรียนทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองในโรงเรียนต่าง ๆ ประเมินผลโดยใช้การทดสอบก่อนและหลัง ด้วยแบบทดสอบของ the American College Test และแบบสอบถาม ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าหลังจากการบรรจุรูปแบบการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ลงในหลักสูตรแล้ว ทำให้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนประสบความสำเร็จ

(2) งานวิจัยสำหรับแนวทางการประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

Tobin and Capie (1981) ได้ทำการสร้างแบบวัดที่ชื่อว่า The Test of logical Thinking (TOLT) ประกอบด้วยข้อคำถาม 10 ข้อ ครอบคลุมองค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (ข้อคำถามข้อ 1-2), การควบคุมตัวแปร(ข้อคำถามข้อ 3-4), การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ (ข้อคำถามข้อ 7-8), การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (ข้อคำถามข้อ 5-6)และ การให้เหตุผลแบบผสมผสาน (ข้อคำถามข้อ 9-10) รูปแบบของข้อสอบมีลักษณะของแบบทดสอบเลือกตอบหลายตัวเลือก (multiple-choice item) ซึ่งใน 1 ข้อคำถามนักเรียนจะต้องเลือกตอบ 2 ส่วน คือส่วนแรกสำหรับคำตอบ และส่วนที่สองสำหรับตอบเหตุผล ผลการศึกษาและพัฒนาแบบวัดจากนักเรียนในระดับชั้น Grade 6 จำนวน 682 คน พบว่าแบบวัด TOLT มีค่าความเที่ยงจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค มีค่าเท่ากับ 0.85 ผลการศึกษาพบว่าแบบวัด TOLT สามารถใช้ได้กับนักเรียนตั้งแต่ Grade 6 จนถึงระดับ วิทยาลัย

Roadrangka et al. (1983) ได้ทำการสร้างแบบวัดที่ชื่อว่า the Group Assessment of Logical thinking (GALT) เพื่อประเมินการพัฒนาการให้เหตุผลซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับครูผู้สอนในการจัดกลยุทธ์สำหรับการจัดการเรียนการสอน และยังสามารถช่วยให้ครูเข้าใจพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนอีกด้วย ประกอบด้วยข้อคำถามจาก 6 องค์ประกอบได้แก่ การอนุรักษ์มวลและปริมาตร, การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน, การควบคุมตัวแปร, การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น, การให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ และการให้เหตุผลแบบผสมผสาน รูปแบบของข้อสอบมีลักษณะของแบบทดสอบเลือกตอบหลายตัวเลือก (multiple-choice item) ซึ่งใน 1 ข้อคำถามนักเรียนจะต้องเลือกตอบ 2 ส่วน คือส่วนแรกสำหรับคำตอบ และส่วนที่สองสำหรับตอบเหตุผล จากการศึกษาและพัฒนาแบบวัดจากนักเรียนในระดับชั้น Grade 6 จำนวน 682 คน พบว่าแบบวัดมีค่าความเที่ยงจากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค เท่ากับ 0.89 ค่าความสอดคล้องภายในอยู่ในช่วง 0.13-0.85 ค่าความยากอยู่ที่ 0.55 และค่าอำนาจจำแนก 0.44

Han (2013) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ความตรงของ แบบประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Lawson ที่เรียกว่า Lawson The Classroom test of scientific reasoning (LCTSR) เนื่องจาก Han ว่าแบบประเมินของ Lawson เริ่มต้นใช้มาตั้งแต่ 1980 จนถึงปัจจุบัน แม้จะมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการตอบคำถามในปี 2000 แต่ไม่ได้พัฒนาข้อคำถามให้สอดคล้องกับการศึกษาในปัจจุบัน ใน LCTSR 1985 นั้นแบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบ 2 ชั้น (two-tier structure) โดยในชั้นแรกมีลักษณะการตอบแบบเลือกตอบจากหลายตัวเลือกและตอนที่สองเป็นแบบตอบสั้น (short answer response) ซึ่งเป็นการอธิบายเหตุผลที่ใช้ตอบในชั้นแรก การพัฒนาแบบประเมิน LCTSR ในปี 2000 ยังคงรูปแบบแบบทดสอบเลือกตอบ 2 ชั้น (two-tier structure) แต่ปรับลักษณะการตอบคำตอบในชั้นที่สอง ให้มีรูปแบบเลือกตอบจากหลายตัวเลือก โดยนักเรียนต้องเลือกตัวเลือกที่เป็นเหตุผลในการตอบของชั้นแรก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการศึกษาที่กล่าวมา Han มีมุมมองว่าประเทศสหรัฐอเมริกามีการใช้รูปแบบการศึกษาที่เรียกว่าสะเต็มศึกษา (STEM education) ในขณะที่นักวิชาการและครูยังคงใช้แบบประเมิน Lawson The Classroom test of scientific reasoning (LCTSR) ที่อาจจะไม่เหมาะสมและสอดคล้องกับ สะเต็มศึกษา (STEM education) Han จึงทำการ ประเมินความตรงของแบบทดสอบ LCTSR อีกครั้งพบว่าเกณฑ์ขั้นต่ำประมาณร้อยละ 80 สามารถใช้ในการประเมินผู้เรียนได้ และทำการวิเคราะห์ระดับความยากของแบบทดสอบ LCTSR พบว่า แบบทดสอบชุดนี้เหมาะกับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นอกจากนี้ยังพบว่าในข้อคำถามบางข้อในแบบทดสอบ LCTSR สามารถปรับและขยายองค์ประกอบการวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้มีความชัดเจนขึ้นได้ ดังนี้ ตัดองค์ประกอบการอนุรักษ์มวลและปริมาตร (Conservative the matter and volume) ออก แล้วเพิ่มการให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning), การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive

Reasoning) และการให้เหตุผลเชิงสาเหตุ (Causal Reasoning) จึงทำให้องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Han มีจำนวนทั้งหมดเป็น 8 องค์ประกอบ จากเดิมที่มีเพียง 6 องค์ประกอบ อีกทั้งยังปรับการให้คะแนนของการวัดจากแบบทดสอบ LCTSR จากเดิมที่มีการให้คะแนนเป็นคะแนนรวมที่นักเรียนจะต้องตอบคำถามในชั้นแรกได้ถูกต้องนักเรียนจึงจะได้คะแนนในชั้นที่สอง เปลี่ยนมาเป็นการให้คะแนนเป็นรายข้อ

ผลจากการพัฒนาแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในรูปแบบใหม่ตามแนวคิดของ Han นั้นมีความเหมาะสม และสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์

Cachapuz and Paixão (2005) ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในวิชาเคมีที่มีต่อความเข้าใจเรื่องธาตุทางเคมี โดยทำการศึกษากับนักเรียน Grade 9 จำนวน 2 กลุ่ม ซึ่งเป็นนักเรียนในกลุ่มที่คละความสามารถ กับครู 2 คน เมื่อทำการสอนตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 45 นาที พบว่านักเรียนทั้ง 2 กลุ่มมีความเข้าใจในเรื่องของธาตุทางเคมี มากกว่าการให้นักเรียนจดจำจากข้อมูล รวมทั้งข้อมูลจากครูทั้ง 2 คน พบว่าการสอนตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ช่วยสนับสนุนในการบูรณาการระหว่างเนื้อหาในวิชาเคมีกับกระบวนทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ทางเคมี และสร้างภาพทางเคมีที่มีความเป็นนามธรรมให้สมจริงยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

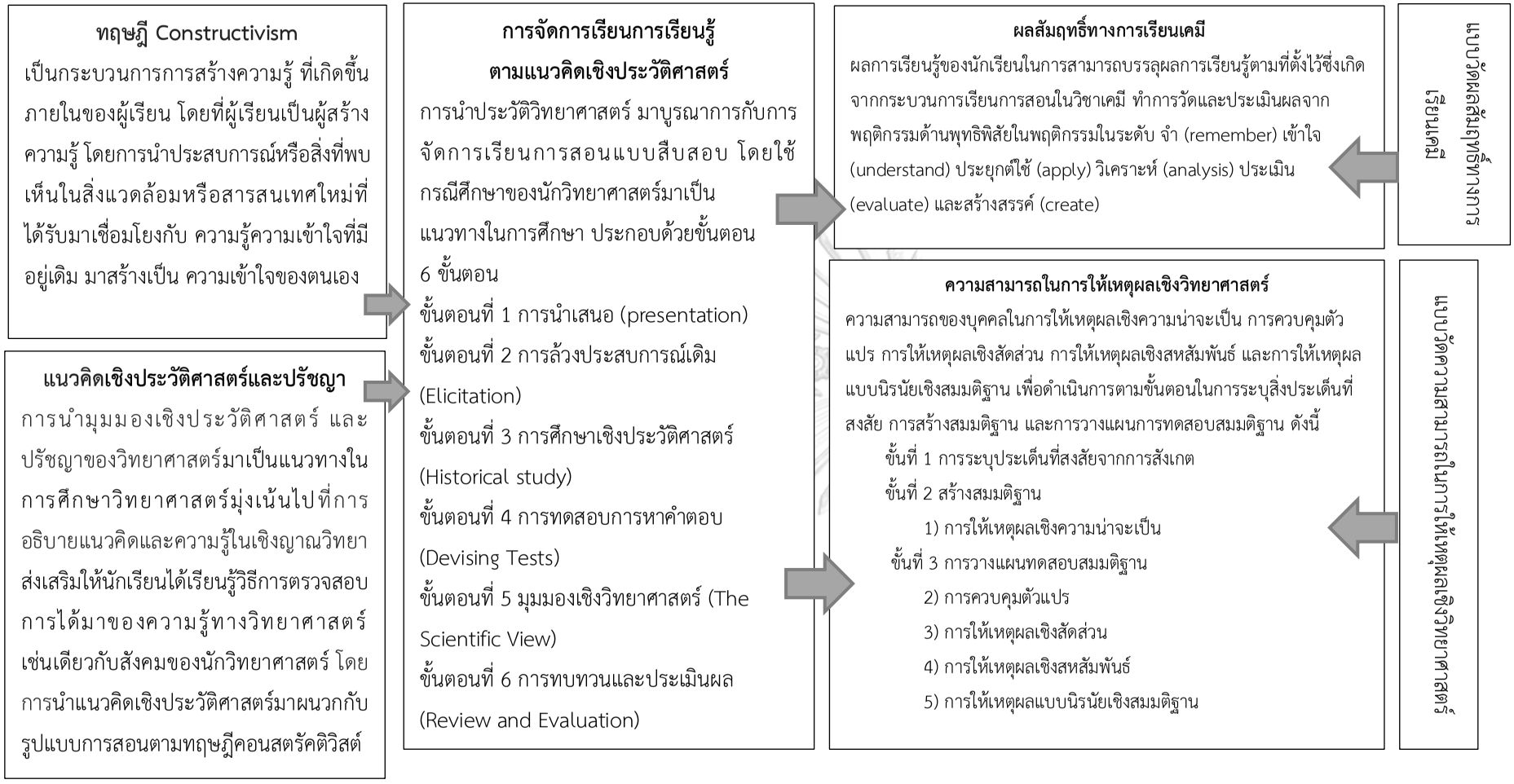
Milanovic and Trivic (2017) ทำการสำรวจผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ กับผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดร่วมสมัย ที่มีต่อระดับความเข้าใจของนักเรียนเรื่องสมบัติของแก๊ส โดยมีสมมติฐานว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ส่งผลต่อระดับความเข้าใจของนักเรียนเรื่องสมบัติของแก๊สสูงกว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดร่วมสมัย โดยทำการศึกษากับนักเรียนจำนวน 129 คน อายุ 14 ปี เข้าร่วมในโครงการวิจัย หลังจากทำแบบทดสอบแล้วนักเรียนจะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A มีจำนวนนักเรียน 63 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ และกลุ่ม B มีจำนวนนักเรียน 66 คน ได้รับการจัดการเรียนรู้ผล

ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดร่วมสมัย ผลการวิจัยพบว่าระดับความเข้าใจของนักเรียนเรื่องสมบัติของแก๊สไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อศึกษานักเรียนในกลุ่ม A ซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ พบว่าสามารถเข้าใจการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทดลองได้ดีกว่านักเรียนกลุ่ม B ซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดร่วมสมัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน มีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสืบสอบเป็นฐาน ซึ่งสอดคล้องกับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่นำประวัติวิทยาศาสตร์มาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ โดยใช้กรณีศึกษาของนักวิทยาศาสตร์มาเป็นแนวทางในการศึกษาตามกรอบแนวคิดทางประวัติศาสตร์และปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในวิชาเคมี และส่งเสริมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งมีแนวโน้มที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย 5 ประเด็น ได้แก่

1. รูปแบบการวิจัย
2. กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย
3. การพิทักษ์สิทธิ์และรักษาความลับของตัวอย่างวิจัย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวมรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีดำเนินการวิจัยแต่ละประเด็นมีรายละเอียด ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิจัยเป็น 2 ระยะ และมีรูปแบบการวิจัย ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.1 การวิจัยระยะที่ 1 การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

การวิจัยในระยะนี้เป็นการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน ที่มีคะแนนการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และมีความเป็นไปได้ที่จะมีปัญหาด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน ทำการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในลักษณะการวิจัยด้วยสถิติเชิงบรรยาย ที่มีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ

1.2 การวิจัยระยะที่ 2 การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

การวิจัยในระยะนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบการทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) ซึ่งเป็นการออกแบบการวิจัยที่มีกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียวและสมาชิกของกลุ่มเป้าหมายไม่ได้มาจากกระบวนการสุ่มและไม่มีกลุ่มควบคุม (วรรณี แกมเกตุ, 2555) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) กล่าวคือมีการจัดให้มีกลุ่มเป้าหมาย 1 กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ ดังภาพที่ 4

O_1 ---------- X ---------- O_2

ภาพที่ 4 รูปแบบการวิจัย One Group Pretest-Posttest Design

O_1 หมายถึง การวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนการจัดการเรียนการสอน

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

O_2 หมายถึง การวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังการจัดการเรียนการสอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร ใช้วิธีเลือกโรงเรียน และห้องเรียนแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยกำหนดโรงเรียนโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง ได้โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

(1) เป็นโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร เปิดสอนทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย

(2) นักเรียนมีจำนวนเพียงพอในการเก็บรวบรวมข้อมูล

(3) โรงเรียนจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

(4) ผู้บริหารและคณาจารย์ให้การสนับสนุนและร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2.2 การเลือกห้องเรียน

ผู้วิจัยกำหนดห้องเรียนจากโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการส่งเสริมการศึกษาเอกชนที่เลือกไว้โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา คือ มีการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในวิชาเคมี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ได้เป็นห้องระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 ห้องเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 การเลือกกลุ่มเป้าหมาย

การวิจัยระยะที่ 1 การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 คละห้องเรียน จำนวน 31 คน โดยพิจารณาดังนี้

(1) ทำการเลือกแบบเจาะจงได้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เฉพาะห้องเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ได้จำนวนทั้งหมด 7 ห้องเรียน

(2) ทำการสุ่มแบบอย่างง่ายมีหน่วยการสุ่มเป็นนักเรียน สุ่มตัวอย่างจากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เฉพาะแผนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยสุ่มแต่ละห้องเรียนมาจำนวน

ห้องละ 5 คน โดยมีบางกลุ่มการเรียนที่มีจำนวนนักเรียนไม่ถึง 5 คน จึงได้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 31 คน ได้แก่

2.1 ห้องเรียนแพทยศาสตร์และสาธารณสุขศาสตร์ จำนวน 5 คน

2.2 ห้องเรียนวิศวกรรมชีวการแพทย์ จำนวน 3 คน

2.3 ห้องเรียนวิศวกรรมการบินและอวกาศ จำนวน 5 คน

2.4 ห้องเรียนวิศวกรรมหุ่นยนต์และคอมพิวเตอร์ จำนวน 4 คน

2.5 ห้องเรียนวิศวกรรมศาสตร์ทั่วไป จำนวน 5 คน

2.6 ห้องเรียนสถาปัตยกรรมศาสตร์ จำนวน 5 คน

2.7 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำนวน 4 คน

(3) ทำการเลือกนักเรียนเพื่อเป็นกรณีตัวอย่างในการวิจัย โดยใช้วิธีการขอสัมภาษณ์ โดยมีเกณฑ์การเลือก คือเป็นนักเรียนที่มีคะแนนสูงที่สุดในห้องเรียน และยินดีที่จะให้สัมภาษณ์ ได้นักเรียนกรณีตัวอย่างในการวิจัย 5 คน ต่างกลุ่มการเรียน ได้แก่

2.1 ห้องเรียนแพทยศาสตร์และสาธารณสุขศาสตร์ จำนวน 1 คน

2.2 ห้องเรียนวิศวกรรมหุ่นยนต์และคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 คน

2.3 ห้องเรียนวิศวกรรมศาสตร์ทั่วไป จำนวน 1 คน

2.4 ห้องเรียนสถาปัตยกรรมศาสตร์ จำนวน 1 คน

2.5 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำนวน 1 คน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิจัยระยะที่ 2 การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยมีขั้นตอนการพิจารณาดังนี้

(1) เจาะจงเลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ จากห้องเรียนทั้งหมด ได้แก่ ห้องเรียนแพทยศาสตร์และกลุ่มสาธารณสุขศาสตร์ ห้องเรียนวิศวกรรมศาสตร์ทั่วไป ห้องเรียนวิศวกรรม ชีวการแพทย์ ห้องเรียนวิศวกรรมการบินและอวกาศ ห้องเรียนวิศวกรรมหุ่นยนต์และคอมพิวเตอร์ และห้องเรียนวิทยาศาสตร์ทั่วไป

(2) เจาะจงเลือกนักเรียนห้องเรียนแพทยศาสตร์และกลุ่มสาธารณสุขศาสตร์ โดยมีเหตุผล คือ มีการเรียนการสอนตรงกับสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในวิชาเคมี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ซึ่งแตกต่างจากห้องเรียนอื่น ที่จะเพิ่มผลการเรียนรู้จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) เพื่อให้ผลการวิจัยนี้สามารถใช้อ้างอิงไปยังโรงเรียนอื่น ๆ ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน ที่มีการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)ได้

3. การพิทักษ์สิทธิ์และรักษาความลับของตัวอย่างวิจัย

การวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ เลขที่ 056/63 โดยได้ดำเนินการ ดังนี้

3.1 การดำเนินการเพื่อพิทักษ์สิทธิ์ของตัวอย่างวิจัย

ผู้วิจัยอธิบายกับกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยด้วยตนเอง ดังนี้

(1) ผู้วิจัยจะทำการส่งจดหมายขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยและการทดลองใช้เครื่องมือ ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยเมื่อได้รับการตอบรับเท่านั้น

(2) ตลอดระยะการดำเนินการวิจัยและหลังจากการวิจัย ข้อมูลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจะไม่ถูกเปิดเผย และไม่มีการระบุชื่อนักเรียนและชื่อโรงเรียนในการเก็บข้อมูล

(3) หลังจากการวิจัยเสร็จสิ้น ผู้วิจัยจะทำลายข้อมูลที่ระบุถึงตัวตนของนักเรียนภายในเวลา 2 เดือน โดยลบข้อมูลออกจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ทุกชนิด

หากนักเรียนไม่เข้าร่วมโครงการวิจัยจะไม่หาผู้เข้าร่วมวิจัยมาทดแทน แต่จะดำเนินการวิจัยและรายงานผลการวิจัยตามสภาพจริงที่เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 การดำเนินการเพื่อทำความเข้าใจและขอความยินยอมจากผู้ปกครองของตัวอย่างวิจัย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยในครั้งนี้มีอายุต่ำกว่า 18 ปี จึงต้องขอความยินยอมจากผู้ปกครองของกลุ่มเป้าหมายด้วยดำเนินการ ดังนี้

(1) ผู้วิจัยเข้าไปพูดคุยและมอบเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับนักเรียนและผู้ปกครองลงนาม กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อชี้แจง ทำความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับงานวิจัยแก่กลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง มีรายละเอียดดังนี้

1.1) ในด้านวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย ผู้วิจัยชี้แจงจุดประสงค์และเนื้อหาของการจัดการเรียนรู้ว่ามีเป้าหมายเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน ไม่ได้ลดทอนความรู้หรือใช้วิธีสอนที่จะทำให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเสียผลประโยชน์ในการเรียน

1.2) การวัดและประเมินผลกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยชี้แจงการใช้รูปแบบการวัดและประเมินผลไม่แตกต่างจากการวัดและประเมินผลในห้องเรียนทั่วไป

1.3) การนำข้อมูลการวิจัยไปใช้ ไม่เปิดเผยข้อมูลของนักเรียนเป็นรายบุคคลและไม่มีการระบุชื่อนักเรียนและชื่อโรงเรียน

(2) สอบถามความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย โดยระบุว่านักเรียนจะไม่ได้รับผลกระทบต่อผลการเรียนถ้าหากไม่เข้าร่วมและ/ หรือออกจากโครงการวิจัยในระหว่างกระบวนการ

2.1) กรณีนักเรียนไม่เข้าร่วมโครงการวิจัย นักเรียนสามารถแจ้งคุณครูที่ปรึกษาหรืออาจารย์ฝ่ายลงทะเบียนเพื่อเรียนในโปรแกรมการเรียนเดิม แต่คนละตอนเรียนกันได้

2.2) กรณีนักเรียนออกจากโครงการวิจัยระหว่างกระบวนการ นักเรียนจะไม่ได้รับผลกระทบต่อการเรียน โดยนักเรียนสามารถแจ้งผู้วิจัย คุณครูที่ปรึกษา หรืออาจารย์ฝ่ายลงทะเบียนเพื่อเรียนในโปรแกรมการเรียนเดิมแต่คนละตอนเรียนกันได้

สำหรับผู้วิจัยหากนักเรียนไม่เข้าร่วมโครงการวิจัยจะไม่หาผู้เข้าร่วมวิจัยมาทดแทนแต่จะดำเนินการวิจัยและรายงานผลการวิจัยตามสภาพจริงที่เกิดขึ้น

(3) ผู้วิจัยจะทำการส่งจดหมายขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยและการทดลองใช้เครื่องมือ ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยเมื่อได้รับการตอบรับเท่านั้น

(4) ตลอดระยะการดำเนินการวิจัยและหลังจากการวิจัย ข้อมูลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจะไม่ถูกเปิดเผย และไม่มีการระบุชื่อนักเรียนและชื่อโรงเรียนในการเก็บข้อมูล

(5) หลังจากการวิจัยเสร็จสิ้น ผู้วิจัยจะทำลายข้อมูลที่ระบุถึงตัวตนของนักเรียนภายในเวลา 2 เดือน โดยลบข้อมูลออกจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ทุกชนิด

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล และเครื่องมือสำหรับการทดลอง

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบวัดความสามารถของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง กฎของแก๊ส ซึ่งมีรายละเอียดของการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

(1) แบบวัดความสามารถของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นแบบสอบเขียนตอบแบบอธิบายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีโครงสร้างข้อคำถามแบบ 2 ชั้น (two-tier structure item) โดยใช้แนวคิดมาจากแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ก่อนเรียน) ของ Johnson and Lawson (1998) เมื่อนักเรียนเขียนแสดงคำตอบทำการพิจารณาคำตอบที่นักเรียนตอบในชั้นแรก (content tiers) และพิจารณาการให้เหตุผลในชั้นที่สอง (reason tiers) ที่อยู่เบื้องหลังคำตอบในระดับที่หนึ่ง

แบบวัดความสามารถของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีจำนวน 2 ชุด ชุดแรกใช้เพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และชุดที่สองใช้เพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน จำนวนชุดละ 21 ข้อ ทำการวัดก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test)

โดยมีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1.1) ศึกษาตำรา งานวิจัย และบทความวิชาการเกี่ยวกับความหมาย ประเภท องค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และแนวทางการวัดประเมินการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยปรับจากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่าน ตามที่ระบุในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2) กำหนดนิยามศัพท์ของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 นิยามความสามารถที่เป็นองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	**นิยาม**
ขั้นที่ 1 การระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต	การนำประเด็นที่สงสัยจากการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วนำมาตั้งคำถามเชิงสาเหตุ
ขั้นที่ 2 สร้างสมมติฐาน	การกำหนดปัจจัยที่น่าจะเป็นสาเหตุในการทำให้เกิดสิ่งที่สงสัย ทำนายเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้
องค์ประกอบที่ 1 การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น	การให้เหตุผลในการคาดคะเนเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการความน่าจะเป็น
ขั้นที่ 3 การวางแผนการทดสอบสมมติฐาน	การออกแบบการทดลอง เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบสมมติฐาน และตอบคำถามการทดลอง
องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน	การแสดงเหตุผลจากการใช้ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนที่เท่ากัน
องค์ประกอบที่ 3 การควบคุมตัวแปร	การกำหนดตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น และกำหนดตัวแปรที่ต้องควบคุม
องค์ประกอบที่ 4 การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์	การแสดงเหตุผลโดยการกำหนดความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างตัวแปรต้นกับผลที่เกิดขึ้น
องค์ประกอบที่ 5 การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน	การแสดงเหตุผลในการสร้างสมมติฐานซึ่งได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ และการพยากรณ์ผลลัพธ์จากการตั้งสมมติฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3) สร้างข้อคำถามสำหรับการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับนิยาม และพฤติกรรมชี้วัด มีแนวทางในการสร้างข้อคำถามตามองค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของ Benford and Lawson (2001) **กำหนดสถานการณ์ที่ส่งเสริมให้ใช้ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์** 3 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 7 ข้อ ได้ข้อคำถามจำนวนทั้งสิ้น 21 ข้อ โดยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียน และฉบับหลังเรียนมีสถานการณ์ที่ต่างกัน ดังนี้สำหรับแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียน ประกอบด้วยสถานการณ์ไข่ไก่ - ไก่ไข่ สถานการณ์ต้นอ่อนทานตะวัน และสถานการณ์วงจรชีวิตของปลาแซลมอน และสำหรับแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิง

วิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียนประกอบด้วยสถานการณ์ยาแอสไพริน สถานการณ์ชุดว่ายน้ำ และสถานการณ์น้ำหมึก

กำหนดโครงสร้างของแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับนิยามและพฤติกรรมชี้วัด ดังตารางที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 โครงสร้างของแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	หมายเลขข้อคำถาม						รวม (ข้อ)
	แบบวัดก่อนเรียน			แบบวัดหลังเรียน			
	สถานการณ์ 1	สถานการณ์ 2	สถานการณ์ 3	สถานการณ์ 1	สถานการณ์ 2	สถานการณ์ 3	
ขั้นการระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต คือ การระบุประเด็นที่สงสัยจากการสังเกตต่อปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น	ข้อ 1	ข้อ 8	ข้อ 15	ข้อ 1	ข้อ 8	ข้อ 15	6
การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น คือการให้เหตุผลในการคาดคะเนเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดจากตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	ข้อ 3	ข้อ 9	ข้อ 16	ข้อ 2	ข้อ 9	ข้อ 17	6
ขั้นการวางแผนการทดสอบสมมติฐาน คือ การออกแบบการทดลอง เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบสมมติฐาน และการประเมินผลการตรวจสอบสมมติฐาน	ข้อ 6	ข้อ 11	ข้อ 19	ข้อ 7	ข้อ 12	ข้อ 21	6
การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน คือการให้เหตุผลจากการใช้ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนที่เท่ากัน	ข้อ 4	ข้อ 13	ข้อ 20	ข้อ 5	ข้อ 14	ข้อ 19	6
การควบคุมตัวแปร คือ การกำหนดตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น และการควบคุมตัวแปร	ข้อ 7	ข้อ 10	ข้อ 18	ข้อ 3	ข้อ 10	ข้อ 18	6
การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ คือการให้เหตุผลโดยการกำหนด	ข้อ 2	ข้อ 12	ข้อ 21	ข้อ 4	ข้อ 13	ข้อ 20	6

องค์ประกอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	หมายเลขข้อคำถาม						รวม (ข้อ)
	แบบวัดก่อนเรียน			แบบวัดหลังเรียน			
	สถานการณ์ 1	สถานการณ์ 2	สถานการณ์ 3	สถานการณ์ 1	สถานการณ์ 2	สถานการณ์ 3	
ความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างตัวแปร							
การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน คือการให้เหตุผลโดยการสร้างสมมติฐานซึ่งได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ และการพยากรณ์ผลของปรากฏการณ์จากการตั้งสมมติฐาน	**ข้อ 5**	**ข้อ 14**	**ข้อ 17**	**ข้อ 6**	**ข้อ 11**	**ข้อ 16**	6
รวม(ข้อ)	7	7	7	7	7	7	42

CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มความซับซ้อนในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Dolan and Grady (2010) ซึ่งเดิมได้เสนอระดับความซับซ้อนของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับคุณครูวิทยาศาสตร์ในการประเมินความซับซ้อนในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไว้ 4 ระดับ ได้แก่ ระดับซับซ้อนน้อย (least complex) ระดับซับซ้อนบางส่วน (somewhat complex) ระดับซับซ้อนมาก (more complex) และระดับซับซ้อนมากที่สุด (most complex) อย่างไรก็ตาม Dolan and Grady (2010) ได้เสนอไว้ว่าสำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เกณฑ์ที่ใช้ในการจัดกลุ่มความซับซ้อนควรอยู่ในระดับซับซ้อนมากก็เพียงพอแล้ว งานวิจัยนี้จึงจำแนกระดับความซับซ้อนในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็น 3 ระดับ ดังนี้

(1) ระดับซับซ้อนน้อย (least complex) มีคะแนนในช่วง 0 – 14 คะแนน

(2) ระดับซับซ้อนบางส่วน (somewhat complex) มีคะแนนในช่วง 15 – 28 คะแนน

(3) ระดับซับซ้อนมาก (more complex) มีคะแนนในช่วง 29 – 42 คะแนน

แสดงรายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ระดับความซับซ้อนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์		
	ซับซ้อนน้อย (0)	ซับซ้อนบางส่วน (1)	ซับซ้อนมาก (2)
การระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต	นักเรียนไม่สามารถตั้งคำถามหรือ ตั้งคำถามไม่สอดคล้องกับประเด็นที่สงสัย	นักเรียนตั้งคำถามได้โดยไม่ระบุสาเหตุในคำถามแต่แสดงเหตุผลบนพื้นฐานของการสังเกตจากข้อมูลที่กำหนดให้	นักเรียนตั้งคำถามได้สอดคล้องกับประเด็นที่สงสัย แสดงสาเหตุในคำถาม แสดงเหตุผลบนพื้นฐานของการสังเกตจากข้อมูลที่กำหนดให้
การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น	จากตัวแปรที่เกี่ยวข้อง นักเรียนไม่สามารถคาดคะเนเหตุการณ์ที่น่าจะเกิดขึ้นได้ หรือ คาดคะเนเหตุการณ์ที่น่าจะเกิดขึ้นได้เพียง 1 คำตอบ โดยจากข้อมูลที่กำหนดให้เท่านั้น	จากตัวแปรที่เกี่ยวข้อง นักเรียนคาดคะเนเหตุการณ์ที่น่าจะเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ได้ใช้หลักการความน่าจะเป็นในการทำนายอย่างเป็นระบบ	จากตัวแปรที่เกี่ยวข้อง นักเรียนคาดคะเนเหตุการณ์ที่น่าจะเกิดขึ้นได้มากกว่า 1 คำตอบ จากข้อมูลที่กำหนดให้ โดยใช้หลักการความน่าจะเป็นในการทำนายอย่างเป็นระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

องค์ประกอบ	ระดับความซับซ้อนของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์		
	ซับซ้อนน้อย (0)	ซับซ้อนบางส่วน (1)	ซับซ้อนมาก (2)
การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน	นักเรียนไม่สามารถตั้งสมมติฐานได้ หรือตั้งสมมติฐานที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ หรือ เป็นสมมติฐานที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับคำถามเชิงสาเหตุ	นักเรียนตั้งสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ เป็นสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถามเชิงสาเหตุ แต่เป็นสมมติฐานที่ไม่ได้อยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเบื้องต้น	นักเรียนตั้งสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ เป็นสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถามเชิงสาเหตุ และเป็นสมมติฐานที่อยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเบื้องต้น
การควบคุมตัวแปร	นักเรียนกำหนดชนิดของตัวแปรไม่ได้ หรือนักเรียนกำหนดชนิดของตัวแปรไม่ได้ แต่ไม่แสดงหลักการและเหตุผลในการเลือกตัวแปร	นักเรียนกำหนดชนิดของตัวแปรได้ แต่ให้หลักการและเหตุผลในการเลือกตัวแปรไม่ชัดเจน	นักเรียนกำหนดชนิดของตัวแปรได้ และมีหลักการและเหตุผลในการเลือกตัวแปรชัดเจน
การวางแผนการทดสอบสมมติฐาน	นักเรียนออกแบบการทดลองไม่ได้ หรือ ออกแบบการทดลองแต่ไม่สอดคล้องกับคำถาม	นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้สอดคล้องกับคำถามแต่ไม่สามารถแสดงเงื่อนไขที่ต้องควบคุมในการออกแบบการทดลอง	นักเรียนสามารถออกแบบการทดลองได้ สอดคล้องกับคำถามและสามารถแสดงเงื่อนไขที่ต้องควบคุมในการออกแบบการทดลอง
การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน	นักเรียนตอบคำถามไม่ได้ หรือนักเรียนตอบคำถามได้ แต่ไม่แสดงเหตุผลของคำตอบ	นักเรียนตอบคำถามได้ คำตอบและเหตุผลมีความสอดคล้องกัน แต่ไม่ได้อธิบายเหตุผลของคำตอบด้วยการคำนวณเรื่องสัดส่วน	นักเรียนตอบคำถามได้ คำตอบและเหตุผลมีความสอดคล้องกัน สามารถอธิบายเหตุผลของคำตอบด้วยการคำนวณเรื่องสัดส่วน
การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์	นักเรียนตอบคำถามไม่ได้ หรือ นักเรียนตอบคำถามได้ แต่ไม่แสดงเหตุผลของคำตอบ	นักเรียนตอบคำถามได้ แต่แสดงเหตุผลที่ระบุให้เห็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามไม่ชัดเจน	นักเรียนตอบคำถามได้ คำตอบและเหตุผลมีความสอดคล้องกัน และในการการอธิบายเหตุผลสามารถแสดงเหตุผลที่ระบุให้เห็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.5) ดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมในด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นนำแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขเรียบร้อยแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย (1) อาจารย์ประจำสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ (2) อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (3) อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา (รายนามในภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาความสอดคล้องกับนิยาม และองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ก่อนเรียน) มีค่าความสอดคล้องระหว่างคำถามกับนิยามอยู่ในช่วง 0.67 – 1.00 และมีค่าความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนในช่วง 4.00 – 5.00 และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (หลังเรียน) มีค่าความสอดคล้องระหว่างคำถามกับนิยามอยู่ในช่วง 0.67 – 1.00 และมีค่าความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนในช่วง 3.67 – 5.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ค) ทั้งนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุง ดังนี้

(1) ควรปรับสถานการณ์ที่ 2 เรื่องต้นอ่อนทานตะวัน โดยให้คำนึงถึงความหนาแน่นที่ปลูกต้นอ่อนทานตะวันต่อพื้นที่ ซึ่งอาจจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันได้

(2) ปรับเกณฑ์การให้คะแนนของข้อ3 ข้อ 9 ข้อ16 ข้อ23 และ ข้อ30 ให้ครอบคลุม กรณีที่นักเรียนอธิบายเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ไม่ตรงกับจำนวนที่ระบุไว้

(3) ข้อ12 ระวังเรื่องการใช้คำระหว่างคำว่า อัตราส่วนกับสัดส่วน

(4) ข้อ 5 ปรับข้อความที่ใช้ให้เป็นประโยคคำถาม

1.6) ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้าน ความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก โดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 41 คน ซึ่งไม่ใช่นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ทำแบบวัด

1.7) พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการทดลองใช้แล้ว ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถด้านการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดทั้งฉบับด้วยการตรวจสอบความเที่ยงด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's Alpha Coefficient: α)

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.89

(2) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดรายข้อด้วยการหาระดับความยาก (Level of Difficulty; P) และอำนาจจำแนก (Power of Discrimination; r)

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าความยากในช่วง 0.21 - 0.79 และมีค่าอำนาจจำแนกในช่วง 0.22 - 0.47

(3) ทดสอบค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ให้คะแนน (Raters' agreement) หรือ ความเป็นปรนัย (Objectivity) ระหว่างครูผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่านกับผู้วิจัย วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แบบเพียร์สันโปรดักโมเมนต์ (Pearson Production-Moment Coefficient) (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2559) โดยวิเคราะห์และจะยอมรับค่าความเที่ยงที่มากกว่า 0.7 ขึ้นไป

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าความเป็นปรนัยในช่วง 0.81-0.86

1.8) นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้ไขแล้ว ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้ในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีเป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อ ประกอบด้วย แบบสอบประเภทเลือกตอบแบบหลายตัวเลือก (multiple – choice) จำนวน 20 ข้อ และแบบสอบประเภทแสดงวิธีทำ จำนวน 10 ข้อ

แบบวัดแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีเป็นแบบวัดที่ใช้วัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยหลังเรียน (Post-test) ของนักเรียน ในระดับพฤติกรรมจำ เข้าใจ นำไปใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ของ Bloom โดย Anderson และ Krathwohl (Revised Bloom's taxonomy) โดยดำเนินการตามขั้นตอนในการสร้างแบบวัด ดังนี้

2.1) ศึกษาหลักสูตร มาตรฐานและตัวชี้วัด จุดประสงค์รายวิชา และขอบเขตของเนื้อหาวิชาเคมีเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามผลการเรียนรู้

และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในวิชาเคมี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ในหน่วยการเรียนรู้แก๊สและสมบัติของแก๊ส ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในวิชาเคมี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

สาระเคมี	ผลการเรียนรู้
เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมี และสมบัติของสาร แก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	5.1 อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎ ของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์ - ลูสแซก
	5.2 คำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส
	5.3 คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิจำนวนโมล หรือมวลของแก๊ส จากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ

2.2) กำหนดนิยามพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ของนักเรียน ในระดับพฤติกรรมจำ เข้าใจ นำไปใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ของ Bloom โดย Anderson และ Krathwohl (Revised Bloom's taxonomy) สามารถแสดงความหมายได้ ดังตารางที่ 13 (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2559)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 นิยามระดับพฤติกรรมพุทธิพิสัยของ Bloom โดย Anderson และ Krathwohl (Revised Bloom's taxonomy)

ระดับพฤติกรรม	นิยาม
จำ (remember)	การจดจำข้อมูลสารสนเทศที่เกิดจากความจำระยะยาว
เข้าใจ (understand)	การสร้างความหมายจากข้อความ โดยการบรรยาย เขียน หรือวาดภาพเพื่อสื่อสาร
ประยุกต์ใช้ (apply)	การนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์เฉพาะ
วิเคราะห์ (analysis)	การจำแนกสิ่งต่าง ๆ ให้เป็นองค์ประกอบย่อย ๆ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น
ประเมิน (evaluate)	การตัดสินสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์หรือมาตรฐาน
สร้างสรรค์ (create)	การสร้างสิ่งต่าง ๆ ให้เป็นรูปแบบใหม่ หรือโครงสร้างใหม่

2.3) กำหนดโครงสร้างและสัดส่วนคะแนนของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส ตามแนวคิดจากคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี 3 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ที่มุ่งเน้นการวัดระดับพฤติกรรมพุทธิพิสัยด้านการนำไปใช้ ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 เป็นแบบสอบประเภทเลือกตอบแบบหลายตัวเลือก (multiple – choice) จำนวน 20 ข้อ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นตัวคำถาม (stem) และส่วนที่เป็นคำตอบตัวเลือก (options) จำนวน 4 ตัวเลือก

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบประเภทแสดงวิธีทำ จำนวน 10 ข้อ ประกอบด้วย ข้อมูลส่วนนำ (introductory material) แล้วตามด้วย ข้อคำถาม หรือ ชุดข้อคำถาม นักเรียนต้องใช้ข้อมูลจากข้อมูลส่วนนำในการตอบคำถาม และแสดงวิธีทำ

โดยมีโครงสร้างของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องกฎของแก๊ส ดังตารางที่ 14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 14 โครงสร้างของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กฎของแก๊ส

จุดประสงค์การเรียนรู้	คำถามตอนที่ 1 จำแนกตามระดับพฤติกรรม (ข้อละ 1 คะแนน)						คำถามตอนที่ 2 จำแนกตามระดับพฤติกรรม (คะแนนแสดงในวงเล็บ)						รวม
	จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์	จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์	
1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของแก๊ส และคำนวณปริมาตรหรือความดันโดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎของบอยล์	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3 ข้อ 4						ข้อ 2 (2)	ข้อ 1 (2)			6
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและอุณหภูมิของแก๊ส และคำนวณปริมาตรหรืออุณหภูมิโดยใช้ ความสัมพันธ์ตามกฎของชาร์ล	ข้อ 5	ข้อ 6 ข้อ 7	ข้อ 8						ข้อ 3 (2)		ข้อ 4 (3)		6
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิแก๊ส และคำนวณความดัน หรืออุณหภูมิโดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎของเกย์ลูสแซก	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11 ข้อ 12					ข้อ 6 (2)			ข้อ 5 (3)		6
4. อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร		ข้อ 13	ข้อ 14								ข้อ 7	ข้อ 10	6

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุดประสงค์การเรียนรู้	คำถามตอนที่ 1 จำแนกตามระดับพฤติกรรม (ข้อละ 1 คะแนน)						คำถามตอนที่ 2 จำแนกตามระดับพฤติกรรม (คะแนนแสดงในวงเล็บ)						รวม
	จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์	จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์	
ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส			ข้อ 15 ข้อ 16								(3)	(7)	
5. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและจำนวนโมลของแก๊ส และคำนวณปริมาตรหรือจำนวนโมล โดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร	ข้อ 17	ข้อ 18 ข้อ 19	ข้อ 20							ข้อ 8 (3) ข้อ 9 (3)			6
จำนวนข้อคำถาม	4	7	9					1	2	3	3	1	30
คะแนน	20						30						50

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.4) การกำหนดคะแนนในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบประเภทเลือกตอบแบบหลายตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีการกำหนดคะแนน ดังนี้ ตอบถูก ได้ 1 คะแนน ตอบผิด หรือไม่ตอบ ได้ 0 คะแนน

ตอนที่ 2 แบบสอบประเภทแสดงวิธีทำ จำนวน 10 ข้อ กำหนดให้คะแนนในแต่ละข้อ ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบประเภทแสดงวิธีทำในตอนที่ 2

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนน
1	ระบุว่าความสัมพันธ์เปลี่ยนตามกฎของบอยล์	1
	วาดรูปบอลลูนที่ความสูง 500 เมตร**ใหญ่**กว่าที่ระดับพื้นดิน	1
	รวมข้อที่ 1	2
2	เลือกความสัมพันธ์ที่ใช้ในการคำนวณได้ถูกต้อง	1
	แทนค่าและคำนวณค่าปริมาตรได้ถูกต้อง	1
	รวมข้อที่ 2	2
3	ระบุว่าเปลี่ยนตามกฎของชาร์ล	1
	วาดรูปลูกปิงปองที่ไม่บุบ	1
	รวมข้อที่ 3	2
4	เลือกความสัมพันธ์ที่ใช้ในการคำนวณได้ถูกต้อง	1
	แทนค่าและคำนวณค่าอุณหภูมิได้ถูกต้อง	1
	เลือกแบบกล่องใสได้ถูกต้อง และให้เหตุผลในประเด็นดังนี้ - มีปริมาตรเพียงพอในการบรรจุลูกโป่ง - มีราคาทุนที่ถูกที่สุด	1
	รวมข้อที่ 4	3
5	เลือกความสัมพันธ์ที่ใช้ในการคำนวณได้ถูกต้อง	1
	แทนค่าและคำนวณค่าอุณหภูมิได้ถูกต้อง	1
	การสรุปคำตอบในประเด็นต่อไปนี้ - สามารถเคลื่อนย้ายได้ในประเทศไทยขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ย 40 °C ได้ - ถังเชื้อเพลิงนี้สามารถทนอุณหภูมิได้ไม่เกิน 77 °C	1
	รวมข้อที่ 5	3
6	ระบุว่าสัมพันธ์กับกฎของเกย์ ลูสแซก	1
	ระบุเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในประเด็น ดังนี้ - กระป๋องอาจจะระเบิด	1
	รวมข้อที่ 6	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนน
7	เลือกความสัมพันธ์ที่ใช้ในการคำนวณได้ถูกต้อง	1
	แทนค่าและคำนวณค่าอุณหภูมิได้ถูกต้อง	1
	ระบุคำตอบว่าความดันในภาชนะใบเพียงพอในการนำไปใช้ และระบุเหตุผลในประเด็นดังนี้ - ความดันอากาศในภาชนะใบใหม่มีค่ามากกว่า 700 torr	1
	รวมข้อที่ 7	3
8	ระบุว่าเปลี่ยนตามกฎของอาโวกาโดร	1
	ระบุเหตุผลในประเด็น ดังนี้ - การเป่าอากาศเข้าไปในลูกโป่งเป็นการเพิ่มจำนวนโมลของอากาศจึงทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น	1
	- ขณะเป่าลูกโป่งอุณหภูมิและความดันไม่มีการเปลี่ยนแปลง	1
	รวมข้อที่ 8	3
9	เลือกความสัมพันธ์ที่ใช้แทนค่าและคำนวณได้ถูกต้อง	1
	คำนวณร้อยละโดยโมล หรือร้อยละโดยปริมาตร เพื่อเปรียบเทียบได้	1
	ระบุคำตอบและเหตุผลในการเลือกเติมลมยาง ดังนี้ สามารถเลือกเติมลมยางชนิดใดก็ได้ เพราะร้อยละโดยโมล(หรือร้อยละโดยปริมาตร)ของแก๊สที่เหลืออยู่มีค่าเท่ากัน	1
	รวมข้อที่ 9	3
10	เลือกความสัมพันธ์ที่ใช้ในการคำนวณได้ถูกต้อง	1
	แทนค่าและคำนวณค่าปริมาตรได้ถูกต้อง	1
	วาดภาพแสดงส่วนประกอบได้ชัดเจน ในประเด็นดังนี้ - แสดงอุปกรณ์ที่ใช้	2
	- แสดงค่าที่คำนวณได้ ประกอบในแผนภาพ	1
	อธิบายหลักการทำงานได้เข้าใจ และถูกต้อง ในประเด็นดังนี้ - อธิบายหลักการทำงานของเครื่องเพิ่มออกซิเจนได้เข้าใจ	1
	- อธิบายความสัมพันธ์การทำงานของเครื่องกับสูตรที่ใช้ในการคำนวณ	1
	รวมข้อที่ 10	7
	คะแนนรวมทั้งหมด	30

2.5) ดำเนินการสร้างแบบวัดแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส จากนั้นนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมในด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้ แล่วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นนำแบบวัดแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส ที่แก้ไขเรียบร้อยแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประกอบด้วย (1) อาจารย์ประจำภาควิชาพื้นฐานทางการศึกษา (2) ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา (3) ครูวิทยาศาสตร์ (รายนามในภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องกับนิยาม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีที่ต้องการวัด โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความสอดคล้อง (IOC) ของ**แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส** โดยผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่ามีคะแนนความสอดคล้องของนิยามของพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยในระดับต่าง ๆ ในช่วง 0.67 – 1.00 และมีคะแนนความเหมาะสมของคำตอบกับระดับคะแนนในช่วง 3.00 – 4.67 (รายละเอียดในภาคผนวก ค) ทั้งนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงดังนี้

(1) คำถามข้อ 1 ข้อ 5 ข้อ 9 และ ข้อ 17 มีการใช้คำว่ากฎซ้ำซ้อน อาจจะทำให้นักเรียนสับสนควรปรับคำที่ใช้

(2) ตัวเลือกในข้อ 6 ข้อ 10 และ ข้อ 18 ปรับภาพที่ใช้ให้ชัดเจน และสื่อความหมาย หากภาพไม่ชัดเจนควนเพิ่มรายละเอียดลงในภาพ

(3) คำถามข้อ15 นำคำว่า “กลั่นลำดับส่วน” ออก

(4) คำถามข้อ16 เพิ่มคำว่า “สมมติว่าฟองอากาศไม่แตก” เข้าไปในคำถาม

(5) คำถามข้อ1 ในตอนที่ 2 (อัตนัย) ควรเปลี่ยนสถานการณ์เพราะ ความสูงของดาดฟ้าโรงเรียนอาจจะยังทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรที่ไม่ชัดเจน และเมื่อเปลี่ยนสถานการณ์แล้วควรคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่อาจจะมีผลต่อปริมาตรด้วย

2.6) **ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้าน ความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก** โดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 39 คน และไม่ใช่นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ทำแบบวัด

2.7) **พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการทดลองใช้แล้ว ดังนี้**

การวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊สดังนี้

(1) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดทั้งฉบับด้วยการตรวจสอบความเที่ยงด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach’s Alpha Coefficient: α)

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.95

(2) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดรายข้อด้วยการหาระดับความยาก (Level of Difficulty; P) และอำนาจจำแนก (Power of Discrimination; r)

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส ตอนที่ 1 มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ในช่วง 0.34 - 0.74 และ 0.21 – 0.84 ตามลำดับ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส ตอนที่ 2 มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ในช่วง 0.20 - 0.63 และ 0.34 - 0.74 ตามลำดับ

(3) ทดสอบค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ให้คะแนน (Raters' agreement) หรือ ความเป็นปรนัย (Objectivity) ระหว่างครูผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่านกับผู้วิจัย วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แบบเพียร์สันโปรดักโมเมนต์ (Pearson Production-Moment Coefficient) (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2559) โดยวิเคราะห์และจะยอมรับค่าความเที่ยงที่มากกว่า 0.7 ขึ้นไป

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส (อัตนัย) มีค่าความเป็นปรนัยในช่วง 0.95 - 1.00

2.8) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส ที่ปรับแก้ไขแล้ว ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้ในการวิจัย

4.2 เครื่องมือสำหรับการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

(1) ศึกษาหลักสูตร มาตรฐานและตัวชี้วัด จุดประสงค์รายวิชา และขอบเขตของเนื้อหาวิชาเคมีเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในวิชาเคมี หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

(2) กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ รายวิชา ว 30223 เคมี(เพิ่มเติม) 3 หน่วยที่ 1 เรื่อง แก๊สและสมบัติของแก๊ส ซึ่งมีระยะเวลาที่ใช้จำนวน 16 คาบ (640 นาที) เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ โดยมีโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

คาบ	หัวข้อ	ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้	เวลา (นาที)	ขั้นตอนการสอนตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์
1-2	กฎของบอยล์	การค้นพบของบอยล์ในอดีต	80	ขั้นที่1 การนำเสนอ ขั้นที่2 การล้วงประสบการณ์เดิม ขั้นที่3 การศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ ขั้นที่4 การทดสอบการหาคำตอบ
3-4		การทดลองเพื่อยืนยันข้อสรุปของบอยล์	80	ขั้นที่5 มุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ ขั้นที่6 การทบทวนและประเมินผล
5-6	กฎของชาร์ล	ยุคแห่งการประดิษฐ์บอลลูน	80	ขั้นที่1 การนำเสนอ ขั้นที่2 การล้วงประสบการณ์เดิม ขั้นที่3 การศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ ขั้นที่4 การทดสอบการหาคำตอบ
7-8		การศึกษากฎของชาร์ล	80	ขั้นที่5 มุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ ขั้นที่6 การทบทวนและประเมินผล
9-10	กฎของเกย์ ลูสแซก	บันทึกของเกย์ลูสแซก	80	ขั้นที่1 การนำเสนอ ขั้นที่2 การล้วงประสบการณ์เดิม ขั้นที่3 การศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ ขั้นที่4 การทดสอบการหาคำตอบ
11-12		แก๊สในอุดมคติและกฎของเกย์ ลูสแซก	80	ขั้นที่5 มุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ ขั้นที่6 การทบทวนและประเมินผล
13-14	กฎของอาโวกาโดร	สมมติฐานที่ถูกลืม	80	ขั้นที่1 การนำเสนอ ขั้นที่2 การล้วงประสบการณ์เดิม ขั้นที่3 การศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ ขั้นที่4 การทดสอบการหาคำตอบ
15-16		การศึกษากฎของอาโวกาโดร	80	ขั้นที่5 มุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ ขั้นที่6 การทบทวนและประเมินผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ได้มีการนำผลการวิจัยในระยะที่ 1 สำหรับการศึกษาความสามารถในการให้หตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนำมาปรับใช้กับแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

ข้อค้นพบจากการวิจัยในระยะที่ 1	**แนวคิดในการออกแบบการจัดการเรียนรู้**
1. การตั้งคำถามเชิงสาเหตุแบบไม่ระบุปัจจัยที่สงสัย	ในขั้นของการนำเสนอครูวางแผนการใช้คำถามอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เช่นใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนระบุปัจจัยก่อน แล้วจึงใช้คำถามที่ส่งเสริมให้นักเรียนตั้งคำถามเชิงสาเหตุ
2. ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความหมายของคำว่า “ตัวแปรอิสระ” โดยเข้าใจว่าตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรที่มีหรือไม่มีก็ได้	อธิบายความหมายของตัวแปรอิสระในขั้นของการล้วงประสบการณ์เดิม เมื่อครูให้นักเรียนคาดคะเนผลที่เกิดจากตัวแปรอิสระ
3. คาดคะเนผลที่เกิดจากตัวแปรอิสระอย่างไม่เป็นระบบ	ครูใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนระบุคำตอบอย่างเป็นระบบ และยกตัวอย่างการคาดคะเนคำตอบอย่างเป็นระบบให้นักเรียน
4. ความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความหมายของคำว่า “การตั้งสมมติฐาน” โดยเข้าใจว่าการตั้งสมมติฐานเป็นการตั้งคำถาม	อธิบายความหมายของการตั้งสมติฐานในขั้นของการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ เมื่อนักวิทยาศาสตร์ทำการตรวจสอบสมมติฐานเพื่อค้นหาความจริงบางประการ

(3) กำหนดบทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในวิชาเคมีของ Monk and Osborne (1997) ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 บทบาทครูและนักเรียนในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 1 การนำเสนอ (presentation)ครูนำเสนอปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เพื่อให้นักเรียนสนใจ และชวนสงสัยต่อสิ่งที่ครูนำเสนอ	1. นำเสนอปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน 2. ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสงสัย	1. สังเกตปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอ 2. พยายามทบทวนความรู้เดิมของตนเองในการพยายามตอบคำถามในสิ่งที่สงสัย
ขั้นตอนที่ 2 การล้วงประสบการณ์เดิม (Elicitation)จากปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอในขั้นตอนที่ 1 นักเรียนจะทำการแสดงความคิดของตนเองภายใต้แนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์	1. เปิดโอกาสให้นักเรียนเห็นความสำคัญของความคิด และมุมมองที่หลากหลาย 2. รวบรวมความคิดที่มาจากประสบการณ์เดิมของนักเรียน 3. กำหนดรูปแบบในการรวบรวมความคิดของนักเรียน เช่น การวาดรูป การอภิปราย การใช้ผังมโนทัศน์	1. แสดงความคิดที่นักเรียนคาดว่าน่าจะเป็นคำตอบของปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอด้วยการตอบคำถามตามประสบการณ์และความรู้เดิมของตนเอง 2. อภิปราย แลกเปลี่ยน เปรียบเทียบแนวคำตอบของตนเองและเพื่อนในห้องเรียน 3. กระตือรือร้นในการแสดงความคิด
ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study) ศึกษาเรื่องราวประวัติศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์	1. เลือกรูปแบบการนำเสนอเรื่องประวัติศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมกับบทเรียนโดยการเรียบเรียงเรื่องประวัติศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์แล้วถ่ายทอดอย่างเป็นระบบ มีหลักฐานที่ปรากฏเพียงพอในการศึกษาและ ค้นหาคำตอบ 3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิด	1. ปฏิบัติกิจกรรมอย่างกระตือรือร้น 2. ค้นหา คาดคะเน และสร้างแนวทางของคำตอบในประเด็นที่นักเรียนสงสัย เชื่อมโยงกับการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ 3. กำหนดแนวทางในการค้นหาคำตอบ ภายใต้การอภิปราย เปรียบเทียบ คำตอบที่ได้รับใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	โอกาสให้ผู้เรียนได้ สร้างแนวทางของคำตอบในสิ่งที่นักเรียนสงสัยในมุมมองของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และมุมมองของกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างความรู้	ชั้นเรียน
ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบการหาคำตอบ (Devising Tests) จากแนวทางของคำตอบที่น่าจะเป็นสาเหตุของปรากฏการณ์ นักเรียนจะทำการสร้างสมมติฐาน และออกแบบการทดลองเพื่อ ตรวจสอบคำตอบ	1. รวบรวมแนวทางของคำตอบที่นักเรียนช่วยกันนำเสนอ 2. แสดงสมมติฐานที่หลากหลายจากการช่วยกันนำเสนอของนักเรียน 3. เปิดโอกาสให้นักเรียนออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานด้วยการทดลอง 4. ใช้ดุลยพินิจในการพิจารณาความเหมาะสมในการทดลองในชั้นเรียน 5. ครูให้ความสำคัญและแสดงให้เห็นแง่มุมของความหลากหลาย หากมีผลการทดลองที่แตกต่างกัน	1. นำเสนอสมมติฐานจากแนวคิดที่ได้รับจากการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ 2. นำเสนอกระบวนการตรวจสอบสมมติฐาน ด้วยการออกแบบการทดลอง 3. อภิปรายในชั้นเรียนถึงความเหมาะสมและเป็นไปได้ในการทำการทดลอง 3. ปฏิบัติกิจกรรมด้วยความตั้งใจ 4. อภิปรายผลของการตรวจสอบสมมติฐาน
ขั้นตอนที่ 5 มุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ (The Scientific View) นำเสนอแนวคิดในมุมมองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และนำนักเรียนสู่การทดลองที่เป็นปัจจุบัน และสามารถทำได้จริง	1. ครูนำเสนอนำเสนอแนวคิดในมุมมองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง อย่างชัดเจน และตรงประเด็น 2.นำนักเรียนสู่การทดลองที่เป็นปัจจุบัน และสามารถทำได้จริงในชั้นเรียน	1. ปฏิบัติกิจกรรมด้วยความตั้งใจ 2. รวบรวมหลักฐานที่ได้จากการทดลองในชั้นเรียน และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากการเรียนทั้งหมด เพื่อสรุปผลการตรวจสอบสมมติฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ในชั้นเรียน	3. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คำนึงถึงมุมมองของความคิดที่แตกต่างกันเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการของการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์	
ขั้นตอนที่ 6 การทบทวนและประเมินผล (Review and Evaluation) ขั้นตอนที่จะทำให้นักเรียนได้ทบทวนและพิจารณา ความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำตอบนักเรียนค้นพบ เชื่อมโยงความรู้กับปรากฏการณ์กับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน	1. เปิดโอกาสให้นักเรียนทบทวนความคิด และประเมินความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับผลการตรวจสอบสมมติฐาน 2. สรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการตรวจสอบสมมติฐาน นำมาสู่การสรุปคำตอบของนักเรียน 3. อภิปรายคำตอบของนักเรียนร่วมกันในชั้นเรียน และให้ผลป้อนกลับแก่นักเรียน	1.ทบทวนและพิจารณาความถูกต้องของหลักฐานที่นักเรียนได้รับ ทั้งในขั้นตอนที่ศึกษาจากเรื่องประวัติศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์ และการทดลองในยุคสมัยปัจจุบัน 2. ประเมินความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์ทั้งหมดที่ได้รับกับผลการตรวจสอบสมมติฐาน นำมาสู่การสรุปคำตอบในประเด็นที่สงสัย 3. พิจารณาคำตอบของตนเอง อภิปราย และเปรียบเทียบกับเพื่อนในชั้นเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่เสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย (1) อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ (2) อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์ (3) ครูวิทยาศาสตร์ (รายละเอียดในภาคผนวก ค) เพื่อตรวจพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอน ตรวจสอบความถูกต้องของสาระที่สอนตลอดจนภาษาที่ใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แล้วจึงนำผลการตรวจสอบของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไข

ผลการตรวจคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้เชิงประวัติศาสตร์พบว่า ผู้ทรงคุณวุฒิให้คะแนนความสอดคล้องของรายละเอียดกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ตั้งแต่ 0.67-1.00 (รายละเอียดในภาคผนวก ค) และผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

4.1) กิจกรรมที่เตรียมไว้อาจจะใช้เวลามากกว่าที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ อาจจะลดเวลาที่ใช้ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบ แต่ในผนวกคำถามไปขณะที่ทำกิจกรรม

4.2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2 (กฎของบอยล์) ในขั้นนำอาจจะใช้หมอนเป่าลมของจริงแทนรูปภาพ

4.3) ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ครูมักจะใช้คำถามเป็นส่วนมาก ควรเพิ่มแนวทางการคิดของนักเรียนว่าให้ตอบอย่างไร ช่วยกันตอบทั้งห้องเรียน หรือ จับคู่ จับกลุ่ม แล้วตอบคำถาม

4.4) ในขั้นของการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ครูอาจจะนำเสนอวีดิทัศน์ที่สามารถให้นักเรียนกลับไปเปิดดูเพื่อทบทวนได้เองเสริมเข้าไป

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว ส่งคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนกลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2

(6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนกลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 ไปหาคุณภาพเครื่องมือเชิงคุณภาพ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 41 คน

(7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่ปรับแก้ไขแล้ว ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้ในการวิจัย

5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวมรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลมีการประสานงานและชี้แจงรายละเอียดโครงการวิจัยกับผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1 การประสานงานในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ก่อนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ผู้วิจัยดำเนิน ดังนี้

(1) ส่งจดหมายขออนุญาตเก็บข้อมูลวิจัย และทดลองใช้เครื่องมือซึ่งออกโดย คณะครุศาสตร์ ถึงผู้อำนวยการโรงเรียน

(2) เมื่อจดหมายได้รับการพิจารณาอนุมัติ ผู้วิจัยติดต่อประสานงานและอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัยให้อาจารย์ฝ่ายลงทะเบียน คุณครูที่ปรึกษา และอาจารย์ที่เกี่ยวข้องรับทราบ ด้วยตนเอง

(3) ผู้วิจัยประสานงานขออนุญาตครูที่ปรึกษาด้วยตนเอง ในการเข้าพบผู้ปกครองและนักเรียนในวันมอบตัวของนักเรียน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 เพื่อชี้แจงจุดประสงค์รายละเอียดโครงการวิจัยและลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมในการวิจัยทั้งนักเรียนและผู้ปกครอง

5.2 การชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย บทบาทของครูและนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยตนเอง โดยอธิบายให้นักเรียนและผู้ปกครองทราบ ดังนี้

(1) การรักษาความลับของผู้เข้าร่วมวิจัยโดยตลอดระยะการดำเนินการวิจัยและหลังจากการวิจัย ข้อมูลของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจะไม่ถูกเปิดเผย และไม่มีการระบุชื่อนักเรียนและชื่อโรงเรียนในการเก็บข้อมูล

(2) การสอบถามความสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย โดยระบุว่านักเรียนจะไม่ได้รับผลกระทบต่อผลการเรียนถ้าหากไม่เข้าร่วมและ/ หรือออกจากโครงการวิจัยในระหว่างกระบวนการ

(3) ผู้วิจัยทำการส่งจดหมายขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยและการทดลองใช้เครื่องมือ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเมื่อได้รับการตอบรับเท่านั้น

(4) อธิบายและชี้แจงวิธีการเก็บข้อมูลและทำลายข้อมูลเมื่อเสร็จสิ้นงานวิจัย ผู้วิจัยขออนุญาตเก็บเอกสารและบันทึกผลลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล และดำเนินการทำลายเอกสารและลบข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัยเป็นเวลา 2 เดือน ซึ่งตลอดการวิจัยจะไม่มีการเปิดเผยข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนและชื่อโรงเรียน หรือข้อมูลอื่นที่ระบุถึงตัวตนของนักเรียนได้

5.3 การดำเนินการวิจัยระยะที่ 1 การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

(1) ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการศึกษาความสามารถในการให้หตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยตนเอง

(2) ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลโดยวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 ห้องเรียน ได้นักเรียนจำนวน 31 คน โดยใช้เวลาในการทำแบบวัด 60 นาที

(3) ทำการตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

(4) ทำการเลือกนักเรียนเพื่อเป็นกรณีตัวอย่างในการวิจัย โดยใช้วิธีการขอสัมภาษณ์ได้นักเรียนกรณีตัวอย่างในการวิจัย 7 คน ต่างห้องเรียน โดยมีเกณฑ์การเลือก คือเป็นนักเรียนที่มีคะแนนสูงที่สุดในห้องเรียน และยินดีที่จะให้สัมภาษณ์

(5) ผู้วิจัยขออนุญาตสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ เนื่องจากการสัมภาษณ์อยู่ในช่วงการระบาดของเชื้อโรคไวรัสโคโรนา 2019 (COVID - 2019) ดังนั้น ผลการติดต่อเพื่อขอสัมภาษณ์ ผู้วิจัย

ได้นักเรียนในการสัมภาษณ์ทั้งหมด 5 คน โดยมีนักเรียน 2 คน ปฏิเสธที่จะให้สัมภาษณ์ โดยมีขั้นตอนการสัมภาษณ์ ดังนี้

(5.1) กล่าวทักทายและชวนสนทนาในเรื่องทั่วไปเพื่อลดความวิตกกังวลของผู้ให้สัมภาษณ์

(5.2) ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการสัมภาษณ์ว่าเป็นไปเพื่อทำความเข้าใจการคิดและเหตุผลในการตอบคำถามของผู้ให้สัมภาษณ์

(5.3) ผู้วิจัยส่งเฉพาะข้อมูลสถานการณ์จากแบบวัดความสามารถในการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนล่วงหน้า 15 นาที จากนั้นผู้วิจัยอ่านโจทย์จากแบบวัดความสามารถในการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และทวนคำตอบของนักเรียน และตั้งคำถามให้นักเรียนขยายความและอธิบายว่าเหตุใดจึงตอบคำถามเช่นนั้นระหว่างที่นักเรียนตอบคำถาม

(5.4) ผู้วิจัยจดบันทึกคำพูดของนักเรียน และขอให้นักเรียนขยายความเพิ่มเติมเมื่อผู้วิจัยไม่เข้าใจในสิ่งที่นักเรียนพูด

5.4 การดำเนินการวิจัยระยะที่ 2 การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

เนื่องจากการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถสอนนักเรียนในห้องเรียนตามปกติ การดำเนินการสอนในงานวิจัยนี้จึงเป็นการสอนทางไกลโดยใช้แอพลิเคชันทีม (Microsoft TEAMS) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4.1 ก่อนดำเนินการสอน

(1) ผู้วิจัยแนะนำรายวิชาเรียน ชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในวิชาเคมี บทบาทของครูและนักเรียนแก่กลุ่มเป้าหมายด้วยตนเอง ผ่านการสอนทางไกลด้วย

(2) ก่อนที่จะดำเนินการสอนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ ทำการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในรูปแบบการสอบแบบออนไลน์โดยแอพลิเคชันทีม และใช้แบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ก่อนเรียน) จำนวน 21 ข้อเป็นระยะเวลา 60 นาที และใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เป็นระยะเวลา 60 นาที เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาหาคะแนนจุดตัด

5.4.2 ระหว่างดำเนินการสอน

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนเชิงประวัติศาสตร์ในวิชาเคมี ใช้เวลาจำนวน 16 คาบเรียน เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวผู้วิจัยเองตามขั้นตอนผ่านการสอนออนไลน์แบบผสานเวลาด้วยแอพลิเคชันทีม (Microsoft TEAMS) และมีการปรับรูปแบบให้เหมาะสม ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบออนไลน์

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นตอนที่ 1 การนำเสนอ (presentation)ครูนำเสนอปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เพื่อให้นักเรียนสนใจ และชวนสงสัยต่อสิ่งที่ครูนำเสนอ	1. ครูนำเสนอปรากฏการณ์ที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนผ่านการแบ่งปันทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ (share screen) 2. ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสงสัย	1. สังเกตปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอ 2. พยายามทบทวนความรู้เดิมของตนเองและตอบคำถามผ่านการพิมพ์ตอบ หรือแสดงสัญลักษณ์ยกมือเมื่อต้องการสื่อสารกับครูและเพื่อนในห้องเรียน
ขั้นตอนที่ 2 การล้วงประสบการณ์เดิม (Elicitation)จากปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอในขั้นตอนที่ 1 นักเรียนจะทำการแสดงความคิดของตนเองภายใต้แนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์	ครูรวบรวมความคิดที่มาจากประสบการณ์เดิมของนักเรียนแล้วนำเสนอในรูปแบบการวาดรูป หรือการอภิปรายผ่านการแบ่งปันทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ (share screen)	แสดงความคิดที่นักเรียนคาดว่าน่าจะเป็นคำตอบของปรากฏการณ์ที่ครูนำเสนอด้วยการพิมพ์ตอบ อภิปราย แลกเปลี่ยน โต้ตอบ เพื่อเปรียบเทียบแนวคำตอบของตนเองและเพื่อนในห้องเรียน
ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study) ศึกษาเรื่องราวประวัติศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์	1. แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย ๆ เพื่อให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ 2. กำหนดเวลาในการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มย่อยเรียงลำดับตามเวลาที่กำหนดไว้ เช่น กลุ่มที่ 1 เวลา 13:00 – 13:15 น. กลุ่มที่ 2เวลา 13:20 – 13:35 น. 3. ครูเข้าร่วมการทำกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละกลุ่มย่อยและบันทึกวีดิโอการทำกิจกรรมในแต่ละกลุ่มย่อย เพื่อนำวีดิโอในแต่ละกลุ่มย่อยมานำเสนอในห้องเรียนทั้งห้องแล้วทำการอภิปรายร่วมกัน	1. ปฏิบัติกิจกรรมอย่างกระตือรือร้น 2. ทำการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์และนำเสนอผ่านการแบ่งปันทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ (share screen) และการพิมพ์โต้ตอบกับเพื่อนร่วมกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	4. รูปแบบในการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ให้ปรับตามความเหมาะสมของประวัติเชิงวิทยาศาสตร์นั้น ๆ เช่นการแสดงบทบาทสมมติ การเล่าเรื่อง เป็นต้น	
ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบการหาคำตอบ (Devising Tests) จากแนวทางของคำตอบที่น่าจะเป็นสาเหตุของปรากฏการณ์ นักเรียนจะทำการสร้างสมมติฐาน และออกแบบการทดลองเพื่อ ตรวจสอบคำตอบ	1. ครูให้นักเรียนนำเสนอแนวทางสำหรับการออกแบบเพื่อตรวจสอบสมมติฐานผ่านระบบออนไลน์ด้วยแอพลิเคชันวันโน้ต (OneNote) แล้วทำการศึกษาด้วยตนเองที่บ้าน 2. ครูให้คำแนะนำในการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานที่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและความเป็นไปได้ในการลงมือปฏิบัติ 3. เมื่อนักเรียนส่งวีดิโอการทดลองของนักเรียนมาแล้ว ครูนำวีดิโอของนักเรียนที่มีมุมมองที่หลากหลายมาเป็นตัวอย่างในการอภิปรายร่วมกัน	นักเรียนทำการอัดคลิปวีดิโอการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานแล้วส่งผ่านแอพลิเคชันวันโน้ต (OneNote)
ขั้นตอนที่ 5 มุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ (The Scientific View) นำเสนอแนวคิดในมุมมองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และนำนักเรียนสู่การทดลองที่เป็นปัจจุบันและสามารถทำได้จริงในชั้นเรียน	1. ครูนำเสนอนำเสนอแนวคิดในมุมมองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอย่างชัดเจน และตรงประเด็นผ่านการศึกษาจากการทดลองเสมือนจริง	1. ปฏิบัติกิจกรรมด้วยความตั้งใจ 2. รวบรวมหลักฐานที่ได้จากการการศึกษาจากการทดลองเสมือนจริง วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากการเรียนทั้งหมด เพื่อสรุปผลการตรวจสอบสมมติฐาน
ขั้นตอนที่ 6 การทบทวนและประเมินผล (Review and Evaluation) ขั้นตอนที่จะทำให้นักเรียนได้ทบทวนและพิจารณา ความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับคำตอบนักเรียนค้นพบ เชื่อมโยงความรู้กับปรากฏการณ์กับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน	เปิดโอกาสให้นักเรียนทบทวนความคิด และประเมินความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับผลการตรวจสอบสมมติฐาน อภิปรายคำตอบของนักเรียนร่วมกันในชั้นเรียน และให้ผลป้อนกลับแก่นักเรียน	1.ทบทวนและพิจารณาความถูกต้องของหลักฐานที่นักเรียนได้รับ ทั้งในขั้นตอนที่ศึกษาจากเรื่องประวัติศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์ และการทดลองในยุคสมัยปัจจุบัน อภิปราย และเปรียบเทียบกับเพื่อนในชั้นเรียน หรือแสดงสัญลักษณ์ยกมือเมื่อต้องการสื่อสารกับครูและเพื่อนในห้องเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4.3 หลังการสอน

หลังดำเนินการสอนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ ดำเนินการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในรูปแบบการสอบแบบออนไลน์โดยแอพลิเคชันทีม และใช้แบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (หลังเรียน) จำนวน 21 ข้อเป็นระยะเวลา 60 นาที และวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เป็นระยะเวลา 60 นาที

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ระยะ และใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ผล ดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยในระยะที่ 1 เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

(1) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละค่าเฉลี่ย จากคำตอบของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

(2) นำคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด แล้วจัดกลุ่มตามระดับความซับซ้อนในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

(3) นำคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งจำแนกตามองค์ประกอบของนักเรียน มาเทียบกับเกณฑ์แล้วจัดกลุ่มแบ่งตามระดับความซับซ้อน

(4) ถอดคำสัมภาษณ์ที่ได้จากนักเรียนทั้ง 5 คน แล้วใส่รหัสข้อมูล และนำคำสัมภาษณ์ของนักเรียนให้อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อลงรหัสข้อมูลเช่นกัน

(5) ตรวจสอบการลงรหัสข้อมูลระหว่างอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้วิจัย

(6) นำรหัสข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แบบข้ามกรณีโดยพิจารณาร่วมกับคำตอบที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยระยะที่ 2 การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

การวิจัยในระยะที่ 2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน ดังนี้

(1) การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

1.1) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) จากคำตอบของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.2) ตรวจสอบการกระจายของข้อมูลที่ได้จากค่า normality test แล้วจึงทดสอบความแตกต่างของคะแนนความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ ด้วยสถิติค่าทีแบบกลุ่มเป้าหมายไม่เป็นอิสระออกจากกัน (dependent sample t-test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

(2) **การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เทียบกับเกณฑ์**

2.1) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ คะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และคะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) จากคำตอบของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.2) กำหนดเกณฑ์คะแนนจุดตัด (Cut-off score) ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีตามวิธีของ Berk (1980 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2539) ได้กล่าวว่า คะแนนจุดตัดเป็นคะแนนที่ใช้สำหรับเป็นเกณฑ์ในการนำผลการสอบทดสอบอิงเกณฑ์ไปเปรียบเทียบว่านักเรียนมีคะแนนสูงหรือต่ำกว่าคะแนนจุดตัด ถ้าคะแนนสูงกว่าคะแนนจุดตัดแสดงว่า นักเรียนเป็นผู้รอบรู้สมควรที่จะผ่านไปเรียนจุดประสงค์การเรียนใหม่ต่อไป แต่ถ้าคะแนนสอบต่ำกว่าคะแนนจุดตัดก็แสดงว่านักเรียนไม่รอบรู้ โดยนำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มรอบรู้ซึ่ง

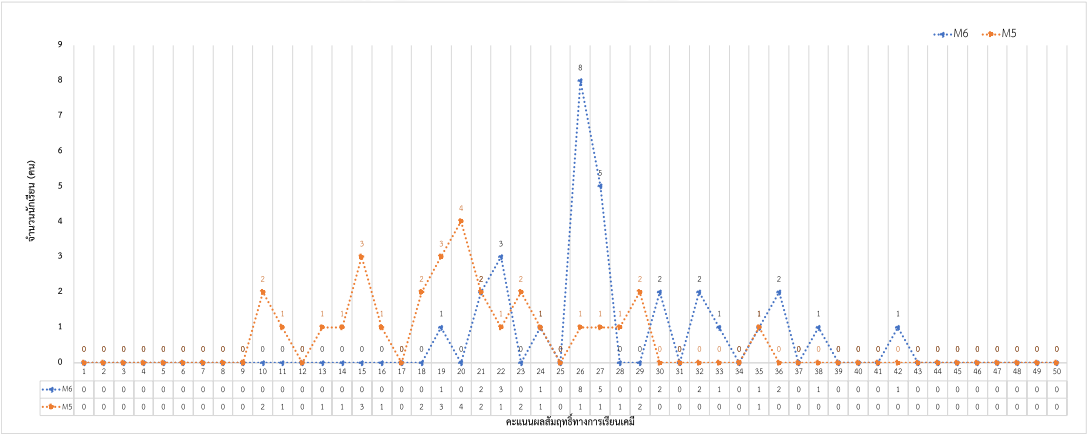
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในปีการศึกษา 2563 ที่เคยเรียนเรื่องกฎของแก๊สมาแล้ว จำนวน 30 คน

2.3) นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (ก่อนเรียน) ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนกลุ่มรอบรู้มาแจกแจงความถี่ เพื่อพิจารณาจุดตัดของกราฟจะได้ลักษณะกลุ่มนักเรียนเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มรอบรู้จริง (True Master) กลุ่มไม่รอบรู้จริง (True Non-Master) กลุ่มรอบรู้ไม่จริง (False Master) และกลุ่มไม่รอบรู้ไม่จริง (False Non-Master) ดังนี้

	ได้รับการสอน	ไม่ได้รับการสอน
รอบรู้โดยการทำนาย (PM = TM + FM)	รอบรู้จริง (True Master: TM)	รอบรู้ไม่จริง (False Master: FM)
ไม่รอบรู้โดยการทำนาย (PN = FN + TN)	ไม่รอบรู้ไม่จริง (False Non master: FN)	ไม่รอบรู้จริง (True Non master: TN)
	กลุ่มรอบรู้	กลุ่มไม่รอบรู้

สามาถแสดงแผนภาพที่ 5 แสดงจุดตัดของคะแนน ได้ดังนี้



ภาพที่ 5 แผนภูมิคะแนนจุดตัดของคะแนน

จากแผนภาพที่จะได้จุดตัดของกราฟที่คะแนน 21, 22.5, 24, 28, 29.5 และ 35 จากนั้นนำคะแนนที่จุดตัดของกราฟไปคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจอย่างถูกต้อง ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจอย่างผิด และสัมประสิทธิ์ความแม่นตรงของคะแนนจุดตัด

2.4) กำหนดความน่าจะเป็นในการตัดสินใจอย่างถูกต้องจาก P(TM) + P(TN) และกำหนดความน่าจะเป็นในการตัดสินใจอย่างผิดจาก P(FM) + P(FN) โดยคำนวณจาก

$P(TM) = \frac{TM}{(M+N)}$; P(TM)แทนค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มมาตรฐานหลังเรียนผ่านเกณฑ์

$P(FM) = \frac{FM}{(M+N)}$; P(FM) แทนค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มก่อนเรียนผ่านเกณฑ์

$P(TN) = \frac{TN}{(M+N)}$; P(TN) แทนค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนไม่ผ่านเกณฑ์

$P(FN) = \frac{FN}{(M+N)}$; P(FN) แทนค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มหลังเรียนไม่ผ่านเกณฑ์

M แทนจำนวนนักเรียนทั้งหมดหลังเรียน

N แทนแทนจำนวนนักเรียนทั้งหมดก่อนเรียน

2.5) กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความแม่นตรงของคะแนนจุดตัด ซึ่งเป็นระดับความถูกต้องของคะแนนจุดตัดที่จะพยากรณ์นักเรียนว่าเป็นไปตามเกณฑ์ภายนอกมากน้อยเพียงไร หรือสหสัมพันธ์ระหว่างจุดตัดกับเกณฑ์ภายนอกโดยใช้ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์มาคำนวณ ดังนี้

$$\emptyset_{vc} = \frac{P(TM) - BR(SR)}{\sqrt{BR(1-BR)SR(1-SR)}}$$

$\emptyset_{vc}$; แทนค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนจุดตัด

BR; แทนค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มมาตรฐานหลังเรียนในประชากร หาจาก P(FN) +P(TM)

SR; แทนค่าความน่าจะเป็นของการพยากรณ์กลุ่มผ่านเกณฑ์ในประชากร หาได้จาก P(TM) + P(FM)

สามารถแสดงค่าที่คำนวณได้ ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 แสดงคะแนนจุดตัดของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

คะแนนจุดตัด	**P(TN)+P(TM)**	**P(FN)+P(FM)**	**Phi coefficient**
21*	0.80	0.20	0.64
22.5	0.75	0.25	0.50
24	0.79	0.21	0.59
28	0.61	0.39	0.28
29.5	0.67	0.33	0.45
35	0.57	0.43	0.27

จากตารางพบว่าคะแนน 21 และ 24 คะแนน มีความน่าจะเป็นในการตัดสินใจถูกต้องใกล้เคียงกัน คือ 0.80 และ 0.79 แต่เมื่อพิจารณาที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนจุดตัดแล้วพบว่าที่คะแนน 21 คะแนนมีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนจุดตัด 0.64 ซึ่งมีค่าสูงกว่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกคะแนนที่ 21 คะแนนเป็นเกณฑ์คะแนนจุดตัดสำหรับการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน

2.6) นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังเรียนตรวจสอบด้วยสถิติค่าทีกับเกณฑ์ที่กำหนด (one sample t-test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่

1.1 คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.2 ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

1.3 การวิเคราะห์ผลจากการศึกษากรณีตัวอย่างของการวิจัย

ระยะที่ 2 ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่

2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

2.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีระหว่างหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เทียบกับเกณฑ์

สามารถนำเสนอข้อมูลแต่ละช่วงของการวิจัย ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่ 1 ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

การวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยสถิติบรรยาย และจากการศึกษากรณีตัวอย่างของการวิจัย สามารถแสดงได้ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 21 ข้อ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 42 คะแนน เมื่อพิจารณาแยกตามองค์ประกอบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จะมีคะแนนเต็มองค์ประกอบละ 6 คะแนน สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนและองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$
การระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต (Q)	3.84	0.95	63.98
การวางแผนการทดสอบสมมติฐาน (PL)	1.90	1.69	31.72
การควบคุมตัวแปร (CV)	1.90	1.77	31.72
การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (PP)	1.26	1.22	20.97
การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ (CR)	1.19	1.09	19.89
การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน (HD)	0.90	1.12	15.05
การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (PB)	0.52	0.71	8.60
รวมทุกองค์ประกอบ	11.48	5.30	27.34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์ตาราง พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 42 คะแนน แยกเป็น 7 องค์ประกอบ องค์ประกอบละ 6 คะแนน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยรวม 11.48 คะแนน (ร้อยละ 27.34) และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยแยกองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ได้คะแนนสูงที่สุดคือ การระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกตมีคะแนนเฉลี่ย 3.84 คะแนน (ร้อยละ 63.98) และองค์ประกอบที่ได้คะแนนต่ำที่สุดคือ การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็นมีคะแนนเฉลี่ย 0.52 คะแนน (ร้อยละ 8.60)

1.2 การวิเคราะห์ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

เมื่อนำคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 31 คน มาจัดกลุ่มตามระดับความซับซ้อนในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 3 ระดับตามช่วงคะแนน ได้แก่ ระดับซับซ้อนน้อย มีช่วงคะแนนอยู่ที่ 0 - 14 คะแนน ระดับซับซ้อนบางส่วน มีช่วงคะแนนอยู่ที่ 15 - 28 คะแนน และระดับซับซ้อนมากมีช่วงคะแนนอยู่ที่ 29 - 42 คะแนน แสดงผลดังตารางที่ 22

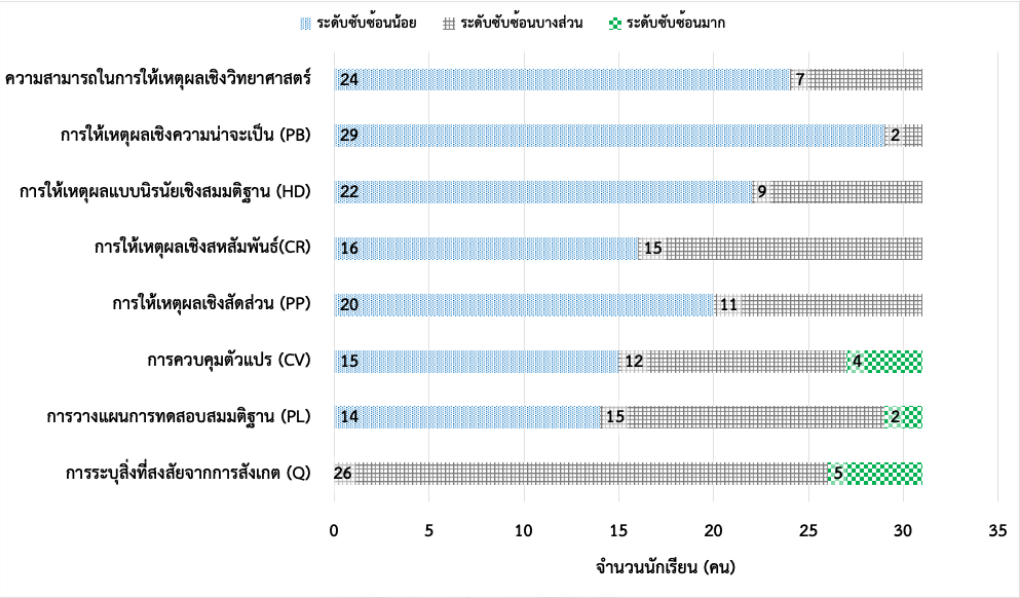
ตารางที่ 22 ระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ระดับความสามารถ	จำนวนนักเรียน	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ซับซ้อนน้อย (0 – 14 คะแนน)	24	77.42
ซับซ้อนบางส่วน (15 – 28 คะแนน)	7	22.58
ซับซ้อนมาก (29 – 42 คะแนน)	0	0
รวม	31	100

จากตารางที่ 3 สรุปได้ว่า นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนน้อยมีจำนวนมากที่สุด คือ 24 คน (ร้อยละ 77.42) และไม่พบนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนมาก

เมื่อนำคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 31 คน มาจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แล้วจัดกลุ่มคะแนนนักเรียนแบ่งตามระดับความซับซ้อน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับซับซ้อนน้อย ระดับซับซ้อนบางส่วนและระดับซับซ้อนมาก สามารถแสดงผลดังแผนภาพที่ 6 ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 6 แผนภูมิจำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความซับซ้อน

เมื่อพิจารณาตามระดับความซับซ้อนของแต่ละองค์ประกอบ สามารถสรุปได้ดังนี้

ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับซับซ้อนน้อย พบมากที่สุดในองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น จำนวน 29 คน รองลงมาคือองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน จำนวน 22 คน และ องค์ประกอบด้านการระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต พบว่าเป็นองค์ประกอบที่ไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับซับซ้อนน้อย

ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับซับซ้อนบางส่วนพบมากที่สุดในองค์ประกอบด้านการระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต จำนวน 26 คน รองลงมาคือองค์ประกอบด้านการวางแผนการทดสอบสมมติฐานและองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ จำนวนนักเรียนเท่ากัน 15 คน

ระดับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับซับซ้อนมากพบเพียง 3 องค์ประกอบที่มีนักเรียนอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ องค์ประกอบด้านการระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต จำนวน 5 คน องค์ประกอบด้านการควบคุมตัวแปร จำนวน 4 คน และ องค์ประกอบด้านการวางแผนการทดสอบสมมติฐาน จำนวน 2 คน

1.3 การวิเคราะห์ผลจากการศึกษากรณีตัวอย่างของการวิจัย

ผลของการวิเคราะห์คำตอบจากการศึกษากรณีตัวอย่างของการวิจัย จากนักเรียนจำนวนทั้งหมด 5 คน แต่ละคนมาจากโปรแกรมการเรียนแตกต่างกันและเป็นนักเรียนที่มีคะแนนสูงสุดของแต่ละโปรแกรมการเรียน โดยพิจารณาคำตอบที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลจากการสัมภาษณ์ อธิบายจำแนกตามองค์ประกอบของ ได้ดังนี้

1.3.1 การวิเคราะห์ผลจากการศึกษากรณีตัวอย่างของการวิจัยในภาพรวม

จากนักเรียนที่เป็นกรณีตัวอย่าง 5 คน มีนักเรียน 4 คน มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนน้อย และมีนักเรียนเพียง 1 คน ที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนบางส่วน โดยพบว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนบางส่วนนั้นเมื่อเผชิญสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนสามารถระบุปัจจัยที่สาเหตุของตัวแปรตามได้อย่างถูกต้อง แม้ในสถานการณ์นั้นจะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลากหลาย อย่างไรก็ตามนักเรียนยังมีความลังเลในการตั้งคำถามเชิงสาเหตุจึงเลือกที่จะตั้งคำถามเชิงสาเหตุโดยที่ไม่ระบุปัจจัยที่สงสัย เมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดไข่ไก่และตั้งคำถามจากสถานการณ์ไข่ไก่ - ไก่ไข่ นักเรียนตอบว่า

> *“ ก็คือว่าจากข้อมูลที่ให้มาผมว่า อายุของไก่ มีโอกาสเป็นสาเหตุที่ทำให้ขนาดของไข่ต่างกันมากที่สุด แต่ผมก็คิดว่าสีของไฟ หรืออุณหภูมิในโรงเลี้ยงก็อาจจะมีผลต่อขนาดไข่ไก่ด้วยครับ ผมเลยตั้งคำถามว่าปัจจัยอะไรที่มีผลต่อขนาดของไข่ ประมาณ ๆ นี้แหละครับ”*
>
> นักเรียนคนที่ 3

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนบางส่วน มีความเข้าใจความหมายของตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม สามารถระบุตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งเข้าใจความหมายของการตั้งสมมติฐานและเข้าใจว่าสมมติฐานไม่ควรแสดงด้วยประโยคคำถาม สมมติฐานของนักเรียนคนที่ 3 จึงระบุตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในสมมติฐานได้ถูกต้อง แต่ยังมีความคลาดเคลื่อนในประเด็นของการตั้งสมมติฐานคือ นักเรียนตั้งสมมติฐานด้วยประโยคบอกเล่า เมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนตั้งสมมติฐานอีกครั้งในสถานการณ์ต้นอ่อนทานตะวัน นักเรียนตอบว่า

> *“อ่า... (เงียบ 5วิ) น่าจะตั้งว่า ดินแต่ละประเภทจะมีผลต่อการงอกและงอกเป็นต้นสมบูรณ์ที่แตกต่างกัน อะไรประมาณนี้”*
>
> นักเรียนคนที่ 3

นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนน้อย พบว่าเมื่อเผชิญสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนจะสามารถระบุปัจจัยที่สาเหตุของตัวแปรตามได้เพียงเฉพาะสถานการณ์ที่มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพียงตัวแปรเดียว แต่ในสถานการณ์ที่มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลากหลายนักเรียนจะไม่สามารถระบุตัวแปรได้ และ จะตั้งคำถามเชิงสาเหตุโดยที่ไม่ระบุปัจจัยที่สงสัย เมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดไข่ไก่ และตั้งคำถามจากสถานการณ์ไข่ไก่ - ไก่ไข่ นักเรียนตอบว่า

“เอ่อ...อายุของไก่และอุณหภูมิมีผลต่อขนาดของไข่หรือไม่ ประมาณนี้ครับ”

นักเรียนคนที่ 21

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนน้อยมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความหมายของคำที่เกี่ยวข้อง เช่น คำว่าตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และการตั้งสมมติฐาน จึงส่งผลให้นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างจำกัด

โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์จำแนกตามองค์ประกอบในหัวข้อต่อไป

1.3.2 การวิเคราะห์ผลจากการศึกษากรณีตัวอย่างของการวิจัยจำแนกตามองค์ประกอบ

(1) องค์ประกอบด้านการระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต

องค์ประกอบด้านการระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกตเป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนร้อยละเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่นโดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 63.98 อย่างไรก็ตามพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถอยู่ในระดับซับซ้อนบางส่วน คิดเป็นร้อยละ 83.87 จากนักเรียนทั้งหมด จากจำนวนดังกล่าวพบว่าปัญหาของนักเรียนในการระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต คือการตั้งคำถามเชิงสาเหตุแบบไม่ระบุปัจจัยที่สงสัย

เมื่อพิจารณานักเรียน 5 คน ที่เป็นกรณีตัวอย่างของการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในระดับซับซ้อนบางส่วนซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม และพบว่านักเรียนทั้ง 5 คนมีปัญหาในลักษณะเดียวกันคือ การตั้งคำถามเชิงสาเหตุแบบไม่ระบุปัจจัยที่สงสัย ซึ่งนักเรียนทั้ง 5 คนจะสามารถระบุปัจจัยที่สงสัยได้ชัดเจนก็ต่อเมื่อมีสถานการณ์มีการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรตามเพียงปัจจัยเดียว เช่นสถานการณ์ต้นอ่อนทานตะวันเป็นสถานการณ์ที่อธิบายการทดลองของเด็กชายธีร์ในการศึกษาว่าดินยี่ห้อใดส่งผลต่อการงอกของต้นอ่อนทานตะวัน นักเรียนจะสามารถตั้งคำถามและระบุปัจจัยที่สงสัยได้ถูกต้อง ในขณะที่สถานการณ์ที่มีการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรตามหลากหลาย และต้อง

ใช้การตีความในการหาแบบแผนเพื่อระบุว่าสิ่งใดเป็นปัจจัยที่ถูกต้องของสถานการณ์นักเรียนจะไม่สามารถระบุได้ ทั้งนี้จากการสัมภาษณ์มีนักเรียนแสดงเหตุผลว่า นักเรียนคิดว่าปัจจัยที่เป็นสาเหตุอาจจะมีได้หลากหลาย การไม่ระบุปัจจัยที่สงสัยดีกว่าการระบุปัจจัยที่สงสัยเพียงประเด็นเดียว เมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนอธิบายว่าเพราะเหตุใดนักเรียนจึงไม่ระบุปัจจัยที่นักเรียนกำลังสงสัยในการตั้งคำถาม นักเรียนตอบว่า

“ก็....คือแบบมันมีหลายอย่าง เลยตั้งรวม ๆ ไปเลยดีกว่าครับ”

นักเรียนคนที่ 7

“ใช่ครับ คือสำหรับผม ผมจะไม่ตัดปัจจัยอื่นออก เพราะบางทีที่เราคิดตอนแรกมันอาจจะผิดอะไรงี้ครับ”

นักเรียนคนที่ 3

นอกจากนี้ยังมีนักเรียนบางส่วนระบุปัจจัยที่ไม่ถูกต้อง เช่นสถานการณ์ไข่ไก่-ไก่ไข่ เป็นสถานการณ์ที่เด็กชายปิงปองกำลังสงสัยว่าสิ่งใดเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของไข่ไก่ ซึ่งสถานการณ์นี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดไข่ไก่คือ อายุของไก่ แต่เมื่อผู้วิจัยให้นักเรียนระบุปัจจัยที่นักเรียนสงสัยว่าจะมีผลต่อขนาดของไข่ไก่ มีนักเรียนตอบว่า

“ถ้าส่งผลที่สุดนะครับ เอ่อก็ น่าจะเป็นสีของไฟครับ”

นักเรียนคนที่ 30

“น่าจะเป็นที่อายุ กับอุณหภูมิอะครับ”

นักเรียนคนที่ 21

“น่าจะเป็นที่สีของไฟโรงเลี้ยงครับ”

นักเรียนคนที่ 20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(2) องค์ประกอบด้านการควบคุมตัวแปร

องค์ประกอบด้านการควบคุมตัวแปรเป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนร้อยละเฉลี่ยเพียง 31.72 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถอยู่ในระดับซับซ้อนน้อย คิดเป็นร้อยละ 48.39 ของนักเรียนทั้งหมด จากจำนวนดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปัญหาของนักเรียนในการระบุตัวแปร คือ นักเรียนระบุตัวแปรไม่ถูกต้อง หรืออาจจะระบุตัวแปรได้แต่แสดงเหตุผลในการระบุตัวแปรไม่ถูกต้อง

เมื่อพิจารณานักเรียน 5 คน ที่เป็นกรณีตัวอย่างของการวิจัยพบว่าระดับความซับซ้อนในการระบุตัวแปรสอดคล้องกับผลการวัดจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม และพบว่านักเรียนทั้ง 5 คนมีปัญหา ดังนี้

นักเรียน 3 คน จากนักเรียนทั้ง 5 คน จะระบุตัวแปรได้เฉพาะสถานการณ์ที่มีการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรตามเพียงปัจจัยเดียวเช่น ในสถานการณ์ต้นอ่อนทานตะวันเป็นสถานการณ์ที่อธิบายการทดลองของเด็กชายธีร์ในการศึกษาว่าดินยี่ห้อใดส่งผลต่อการงอกของต้นอ่อนทานตะวัน นักเรียนจะสามารถระบุตัวแปรอิสระ และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง ในขณะที่สถานการณ์ที่มีการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรตามหลากหลาย และต้องใช้การตีความในการหาแบบแผนเพื่อระบุว่าสิ่งใดเป็นตัวแปรอิสระ และตัวแปรควบคุม นักเรียนจะไม่สามารถระบุตัวแปรอิสระได้ ซึ่งเป็นเพราะว่า นักเรียนไม่เข้าใจความหมายของตัวแปรอิสระ เมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนอธิบายความหมายของตัวแปรอิสระ (ตัวแปรต้น) ตามที่นักเรียนความเข้าใจ นักเรียนตอบว่า

“ตัวแปรอิสระ อื้ม... ไม่ครับ อันนี้ผมพูดตรง ๆ เลย ผมไม่เข้าใจคำว่าตัวแปรอิสระมากนักนะครับ แต่คิดว่าน่าจะเป็นปัจจัยอื่น ๆ ที่เราไม่ได้ควบคุมครับ อาจจะเป็นสภาพอากาศ เพราะอากาศเราอาจจะควบคุมมันไม่ได้หรือไม่ก็แบบอะไรที่ควบคุมไม่ได้”

นักเรียนคนที่ 30

“เอ่อ..ก็น่าจะแบบว่า อืม... เข้าใจว่าตัวแปรอิสระหมายถึงตัวแปรที่จะมีหรือไม่มีก็ได้”

นักเรียนคนที่21

“ตัวแปรต้นก็คือการตั้งคำถามครับ สำหรับผมมันคือการตั้งเกี่ยวว่ามันมีผลอะไรตามมาที่เราต้องการ”

นักเรียนคนที่20

นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียน 2 คน จากนักเรียนทั้ง 5 คนสามารถระบุตัวแปรอิสระได้เมื่อสถานการณ์ที่มีการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรตามเพียงปัจจัยเดียว และพอที่จะระบุตัวแปรอิสระในสถานการณ์ที่มีการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรตามหลากหลายปัจจัยได้บ้าง เพราะนักเรียนทั้ง 2 คน เข้าใจความหมายของคำว่าตัวแปรอิสระ เมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนอธิบายความหมายของตัวแปรอิสระ(ตัวแปรต้น)ตามที่นักเรียนความเข้าใจ นักเรียนตอบว่า

“เป็นตัวที่เป็นต้นเหตุ แล้วก็จะต่างกันในการทดลอง”

นักเรียนคนที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

“อืม ก็เป็นตัวแปรที่เราศึกษา”

นักเรียนคนที่ 3

(3) องค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น

องค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็นเป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนร้อยละเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่นโดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 8.60 และพบว่านักเรียนเกือบทั้งหมดมีระดับความสามารถอยู่ในระดับซับซ้อนน้อยคิดเป็นร้อยละ 93.55 จากนักเรียนทั้งหมด จากจำนวนดังกล่าวพบว่าปัญหาของนักเรียนในการให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น คือ การคาดคะเนคำตอบโดยไม่ได้คำนึงถึงหลักความน่าจะเป็น และไม่แสดงคำตอบในลักษณะของการทำนายผล

เมื่อพิจารณานักเรียน 5 คน ที่เป็นกรณีตัวอย่างของการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในระดับซับซ้อนน้อยซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม และพบว่านักเรียนทั้ง 5 คนมีปัญหาในลักษณะเดียวกันคือ นักเรียนคาดคะเนคำตอบโดยไม่ได้คำนึงถึงหลักความน่าจะเป็น

เมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนคาดคะเนผลที่อาจจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ต้นอ่อนทานตะวันโดยที่แนวคำตอบที่ถูกต้องนักเรียนควรคาดคะเนคำตอบว่า จำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมีได้ทั้งหมด 4 คำตอบ ได้แก่ 1) ดินตราปลาทองทำให้ต้นอ่อนทานตะวันที่งอกแล้วกลายเป็นต้นอ่อนทานตะวันที่สมบูรณ์มีจำนวนมากที่สุด 2) ดินตรานกยูงทำให้ต้นอ่อนทานตะวันที่งอกแล้วกลายเป็นต้นอ่อนทานตะวันที่สมบูรณ์มีจำนวนมากที่สุด 3) ดินตราค้างคาวทำให้ต้นอ่อนทานตะวันที่งอกแล้วกลายเป็นต้นอ่อนทานตะวันที่สมบูรณ์มีจำนวนมากที่สุด และ 4) ดินทั้ง 3 ชนิด ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันที่งอกแล้วกลายเป็นต้นอ่อนทานตะวันที่สมบูรณ์มีจำนวนไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนสามารถแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนได้ ดังนี้

“2 แบบครับ คือ มี เกี่ยว เอ่อ ส่งผลการงอก ไม่ส่งผลต่อการงอก”

นักเรียนคนที่ 7

“ผมคาดเดาได้ 2 สถานการณ์ครับ อันแรกคือ ดินที่ใช้คุณภาพแตกต่างกัน กับ สอง คือจำนวนเมล็ดที่ปลูกมากอัตราที่จะรอดก็มาก”

นักเรียนคนที่ 20

อย่างไรก็ตามมีนักเรียนเพียง 1 คน ที่มีการคาดคะเนผลที่อาจจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ต้นอ่อนทานตะวันโดยคำนึงคำนึงถึงหลักความน่าจะเป็น แต่การคาดคะเนผลยังทำได้ไม่ครอบคลุม เมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนคาดคะเนผลที่อาจจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ต้นอ่อนทานตะวัน สามารถแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนได้ ดังนี้

“ก่อนที่จะทดลองปลูก ผมจะทำนายไว้ 2 คำตอบ สำหรับผม ผมก็ว่าไม่ตราค้างคาวก็ตราปลาทองแหละครับที่น่าจะให้ผลดีสุด”

นักเรียนคนที่ 3

(4) องค์ประกอบด้านการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน

องค์ประกอบด้านการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐานเป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนร้อยละเฉลี่ยเพียงร้อยละ 15.05 และพบว่านักเรียนส่วนมากมีระดับความสามารถอยู่ในระดับซับซ้อนน้อยคิดเป็นร้อยละ 70.97 จากนักเรียนทั้งหมด จากจำนวนดังกล่าวพบว่าปัญหาของนักเรียนในการให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน คือ การตั้งสมมติฐานด้วยประโยคคำถาม หรือการตั้งสมมติฐานด้วยประโยคบอกเล่าในลักษณะของการสรุปผลการทดลอง

เมื่อพิจารณานักเรียน 5 คน ที่เป็นกรณีตัวอย่างของการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในระดับซับซ้อนน้อยซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวมและพบว่านักเรียนทั้ง 5 คนมีปัญหาในลักษณะเดียวกันคือ นักเรียนไม่ได้ตั้งสมมติฐานด้วยประโยคเงื่อนไขซึ่งแสดงถึงการคาดคะเนผลที่อาจจะเกิดขึ้นจากการตรวจสอบสมมติฐาน เมื่อผู้วิจัยของให้นักเรียนตั้งสมมติฐานในสถานการณ์ต้นอ่อนทานตะวัน นักเรียนแสดงคำตอบดังตัวอย่าง

“ก็ ดินแต่ละชนิดมีผลต่อการงอกของต้นอ่อนทานตะวันหรือไม่”

นักเรียนคนที่ 7

“ดินตราค้างคาวทำให้เมล็ดทานตะวันงอกมาอุดมสมบูรณ์จริงหรือไม่”

นักเรียนคนที่ 30

“อายุไก่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของไข่”

นักเรียนคนที่ 21

โดยพบว่านักเรียน 4 คน จากนักเรียนทั้ง 5 คน มีการตั้งสมมติฐานด้วยประโยคคำถามหรือประโยคบอกเล่า โดยมีสาเหตุมาจากนักเรียนไม่เข้าใจคำว่าสมมติฐาน และเมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนอธิบายความหมายของคำว่าสมมติฐานตามที่นักเรียนเข้าใจนักเรียนตอบมาดังนี้

“ก็ตั้งคำถามไว้ก่อนที่จะไปหาคำตอบครับ”

นักเรียนคนที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

“เคยได้ยินครับ อืม ผมคิดว่าสมมติฐานน่าจะคล้ายๆ กับ คือ เอ่อ การคาดคะเนคำตอบก่อนที่จะทดลอง ซึ่งก็เหมือนกับการตั้งคำถามไว้ล่วงหน้าว่าจริงหรือไม่จริง”

นักเรียนคนที่ 30

“ก็คือ ถ้าเราคิดว่ามันเป็นไปได้ที่จะเกิด ต้องตั้งคำถามว่าเกิดได้จริงมั้ยอะครับ”

นักเรียนคนที่ 20

“ก็ คล้ายๆกับ การตั้งว่า การสมมติให้ว่าแบบว่าไอ้ตัวนี้มันมีปัจจัยหลักที่ทำให้ตัวนี้เปลี่ยนแปลง สมมติฐานมันเหมือนกับว่าเราต้องตั้งคำถามไว้อะครับ ตั้งไว้ แล้วเราจะหาคำตอบ เหมือนตั้งเป็นโจทย์เลยครับ”

นักเรียนคนที่ 21

อย่างไรก็ตามมีนักเรียนเพียง 1 คน จากนักเรียนทั้ง 5 คน ที่ตั้งคำถามด้วยประโยคเงื่อนไขสลับกับการตั้งสมมติฐานด้วยประโยคคำถาม โดยที่นักเรียนคนนี้เข้าใจความหมายของการตั้งสมมติฐาน เพราะเมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนอธิบายความหมายของคำว่าสมมติฐานตามที่นักเรียนเข้าใจนักเรียนตอบมาว่า

“ก็คือ สิ่งที่เราคาดว่าน่าจะเกิดขึ้นจากการทดลอง”

นักเรียนคนที่ 3

(5) องค์ประกอบด้านการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐาน

องค์ประกอบด้านการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานเป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนร้อยละเฉลี่ยเพียงร้อยละ 31.72 และพบว่านักเรียนส่วนมากมีระดับความสามารถอยู่ในระดับซับซ้อนบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 48.39 จากนักเรียนทั้งหมด จากจำนวนดังกล่าวพบว่าปัญหาของนักเรียนในการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐาน คือ นักเรียนพอจะออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานได้บ้าง แต่ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทดลองได้ไม่ครบถ้วน นอกจากนี้ยังมีนักเรียนอีกบางส่วนที่ไม่สามารถเรียบเรียงขั้นตอนสำหรับการออกแบบเพื่อตรวจสอบสมมติฐานได้

เมื่อพิจารณานักเรียน 5 คน ที่เป็นกรณีตัวอย่างของการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในระดับซับซ้อนบางส่วนซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม และพบว่านักเรียนทั้ง 5 คนมีปัญหาในลักษณะเดียวกันคือ นักเรียนพอที่จะออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานได้บ้างแต่ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทดลองไม่ครบ โดยเฉพาะการกำหนดขั้นตอนของการสังเกตตัวแปรตามในการตรวจสอบสมมติฐาน นักเรียนมักจะใช้คำว่า “บันทึกผล”ในการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐาน แต่

ไม่ได้ระบุว่าให้บันทึกผลตัวแปรใด และไม่ได้อธิบายว่าควรจะมีวิธีการสังเกต หรือวิธีการวัดตัวแปรตามที่กำลังมีการเปลี่ยนแปลงนั้น อย่างไรก็ตามนักเรียนเข้าใจความหมายของการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐาน เพราะเมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนอธิบายว่า การออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานคืออะไร และมีลักษณะเช่นไร นักเรียนแสดงคำตอบ ดังตัวอย่าง

“ครับก็ มันก็คือการ อืม คิดว่าเราจะทดลองยังไง เหมือนวิธีทดลอง”

นักเรียนคนที่ 7

(6) องค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเชิงสัดส่วน

องค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเชิงสัดส่วนเป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนร้อยละเฉลี่ยเพียง ร้อยละ 20.97 อย่างไรก็ตามพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถอยู่ในระดับซับซ้อนน้อย คิดเป็นร้อยละ 64.52 จากนักเรียนทั้งหมด จากจำนวนดังกล่าวพบว่าปัญหาของนักเรียนในการให้เหตุผลเชิงสัดส่วน คือ นักเรียนคำนวณการใช้สัดส่วนไม่ถูกต้อง

เมื่อพิจารณานักเรียน 5 คน ที่เป็นกรณีตัวอย่างของการวิจัยพบว่า มีนักเรียนเพียง 1 คนที่มีการคำนวณถูกต้องทั้งหมดในทุกสถานการณ์ และนักเรียน 4 คนจาก 5 คนมีการคำนวณการใช้สัดส่วนถูกต้องและไม่ถูกต้องปะปนกัน โดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพราะในทุกสถานการณ์ที่กำหนดให้จะมีการกระตุ้นให้นักเรียนตอบคำถามและแสดงเหตุผลด้วยการคำนวณเชิงสัดส่วนเหมือนกัน เช่น จากสถานการณ์ต้นอ่อนทานตะวันเมื่อคำถามต้องการให้นักเรียนระบุว่าดินชนิดใดมีผลทำให้ต้นอ่อนทานตะวันเจริญเป็นต้นที่สมบูรณ์มากที่สุดเพราะเหตุใด และนักเรียนควรจะตอบว่า ดินตราค้างคาว เพราะทำให้ต้นอ่อนทานตะวันเจริญเป็นต้นที่สมบูรณ์ถึงร้อยละ 80 ของเมล็ดที่ปลูก จะเห็นได้ว่าการที่นักเรียนจะตอบคำถามได้ถูกต้องจะต้องมีการคิดหาสัดส่วนในการอ่านผลการทดลองและคำนวณการใช้สัดส่วน

จากการสัมภาษณ์ทำให้พบว่ามีนักเรียนเพียง 2 คน จากนักเรียนทั้งหมด 4 คน ที่ใช้การคิดหาสัดส่วนในการอ่านผลการทดลอง เมื่อผู้วิจัยขอให้นักเรียนตอบคำถามว่าดินชนิดใดมีผลทำให้ต้นอ่อนทานตะวันเจริญเป็นต้นที่สมบูรณ์มากที่สุดเพราะเหตุใด นักเรียนตอบว่า

“ดินตราค้างคาวครับ เพราะมีเปอร์เซ็นต์การ...(งอกของ) ต้นที่งอกเยอะที่สุดครับ แล้วต้นที่งอกสมบูรณ์ก็มีค่าเยอะที่สุดด้วยครับ”

นักเรียนคนที่ 7

“เอ่อ ชนิดค้างคาว เออก็เทียบสัดส่วนอะครับ”

นักเรียนคนที่ 21

(7) องค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์

องค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์เป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนร้อยละเฉลี่ยเพียงร้อยละ 19.89 และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถอยู่ในระดับซับซ้อนน้อย คิดเป็นร้อยละ 51.61 จากนักเรียนทั้งหมด จากจำนวนดังกล่าวพบว่าปัญหาของนักเรียนในการให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ คือ นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามไม่ถูกต้อง หรือ ไม่ได้แสดงให้เห็นว่าตัวแปรอิสระมีผลต่อตัวแปรตามในลักษณะที่สัมพันธ์กันแบบใด

เมื่อพิจารณานักเรียน 5 คน ที่เป็นกรณีตัวอย่างของการวิจัยพบว่า มีนักเรียนเพียง 1 คนที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรถูกต้องทั้งหมดในทุกสถานการณ์ และนักเรียน 4 คน จากทั้งหมด 5 คนมีการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรถูกต้องและไม่ถูกต้องปะปนกัน เมื่อผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติมพบว่าในสถานการณ์ที่มีการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรตามเพียงปัจจัยเดียว เช่น สถานการณ์ต้นอ่อนทานตะวันเป็นสถานการณ์ที่อธิบายการทดลองของเด็กชายธีร์ในการศึกษาว่าดินยี่ห้อใดส่งผลต่อการงอกของต้นอ่อนทานตะวัน นักเรียนจะสามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ถูกต้อง และสามารถแสดงตัวอย่างการตอบของนักเรียน ได้ดังนี้

“ผมก็จะสรุปว่า ดินแต่ละประเภทมีผลกับการงอกของเมล็ดต้นอ่อนทานตะวันครับ”

นักเรียนคนที่ 30

“เอ่อ ก็ชนิดของดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนตะวันครับ”

นักเรียนคนที่ 21

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเปลี่ยนเป็นสถานการณ์วงจรชีวิตของปลาแซลมอน ที่อธิบายการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในการศึกษาสาเหตุที่ทำให้ปลาแซลมอนว่ายทวนกระแสน้ำเพื่อกลับไปวางไข่ ณ จุดกำเนิดพมีนักเรียนจำนวน 3 คน จากนักเรียนทั้งหมด 4 คน ให้เหตุผลด้วยการคาดคะเนตัวแปรอิสระอื่น ๆ ที่อาจจะเกี่ยวข้องในการทดลองมาสนับสนุนการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม สามารถแสดงตัวอย่างการตอบของนักเรียน ได้ดังนี้

“คิดว่า อืม ปลาแซลมอนกลับมาวางไข่ที่จุดเดิมโดยใช้ อาจจะมีสัมผัสอื่นของปลา เช่น สนามแม่เหล็กอะไรแบบนี้แต่ไม่ใช่สายตานำทางแน่ ๆ”

นักเรียนคนที่ 7

“เอิ่ม ผมคิดว่าน่าจะสรุปว่า ปลาแซลมอนไม่ได้ใช้ เอ่อ การดูเส้นทางในการกลับมาวางไข่ครับ แสดงว่าปลาต้องใช้อย่างอื่น ที่ดูจากกราฟนะครับ ปลาแซลมอนที่ไม่ถูกปิดตาจะว่ายน้ำกลับมาวางไข่น้อยกว่าปลาที่ไม่ถูกปิดตา แสดงว่าอาจจะใช้ผิวหนังหรือว่าอาจจะเป็นอุณหภูมิกระแสน้ำ ประมาณนี้ครับ”

นักเรียนคนที่ 30

“ก็คือ แบบว่าการมองเห็นของปลาไม่มีผลต่อการว่ายน้ำกลับไปวางไข่ก็แสดงว่าปลาต้องใช้อย่างอื่นปะครับ”

นักเรียนคนที่ 21

ผลที่ได้จากการวิจัยในระยะที่ 1 ทำให้ผู้วิจัยได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการนำมาปรับใช้กับแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่อไป ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 2

ระยะที่ 2 ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

ผลการวิจัยในระยะนี้ ประกอบด้วย

2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เทียบกับเกณฑ์

2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบ

วัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์(ก่อนเรียน) จำนวน 21 ข้อ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 42 คะแนนและแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์(หลังเรียน) จำนวน 21 ข้อ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 42 คะแนน เช่นกัน สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่ได้จากแบบวัดการให้หตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้เชิงประวัติศาสตร์แสดงผล ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแตกต่างของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

ขั้นตอนและองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	**ก่อนเรียน**			**หลังเรียน**			**t-test**
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	
การระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต (Q)	3.23	1.25	53.89	4.93	1.17	82.22	5.817*
การวางแผนการทดสอบสมมติฐาน (PL)	2.43	1.67	40.56	3.60	1.30	60.00	3.193*
การควบคุมตัวแปร (CV)	2.60	1.94	43.33	4.93	1.01	82.22	5.683*
การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (PP)	2.03	1.37	33.89	3.13	1.30	52.22	3.056*
การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์ (CR)	1.97	1.56	32.78	4.70	1.51	78.33	7.303*
การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน (HD)	0.67	0.84	11.11	3.80	1.80	63.33	8.915*
การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (PB)	0.83	0.94	13.89	4.53	1.36	75.56	14.054*
รวมทุกองค์ประกอบ	13.77	5.91	32.78	29.52	6.24	70.28	10.530*

*p < .05

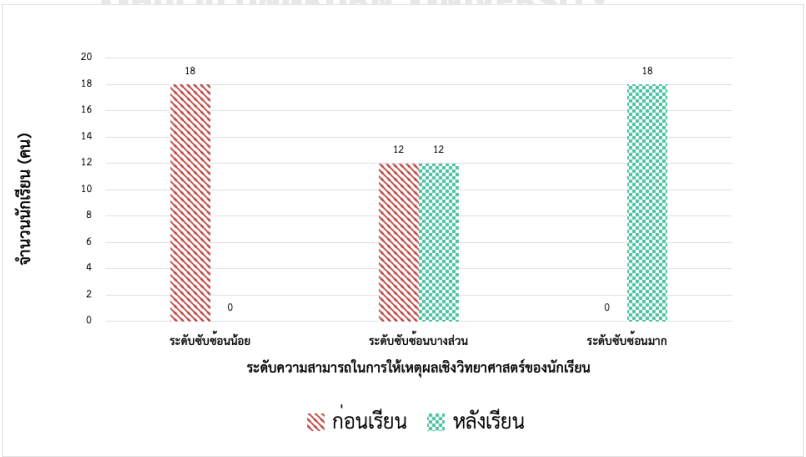
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 23 พบว่า คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติและมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 13.77 คะแนน จากคะแนนเต็ม 42 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 32.78 ในส่วนของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติและมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 29.52 คะแนน จากคะแนนเต็ม 42 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.28

เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระจากกัน พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกองค์ประกอบ

2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

เมื่อนำคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 30 คน มาเปรียบเทียบด้วยการจัดกลุ่มตามระดับความซับซ้อนในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 3 ระดับตามช่วงคะแนน ได้แก่ ระดับซับซ้อนน้อย มีช่วงคะแนนอยู่ที่ 0 - 14 คะแนน ระดับซับซ้อนบางส่วน มีช่วงคะแนนอยู่ที่ 15 - 28 คะแนน และระดับซับซ้อนมากมีช่วงคะแนนอยู่ที่ 29 - 42 คะแนน แสดงผลดังแผนภาพที่ 7

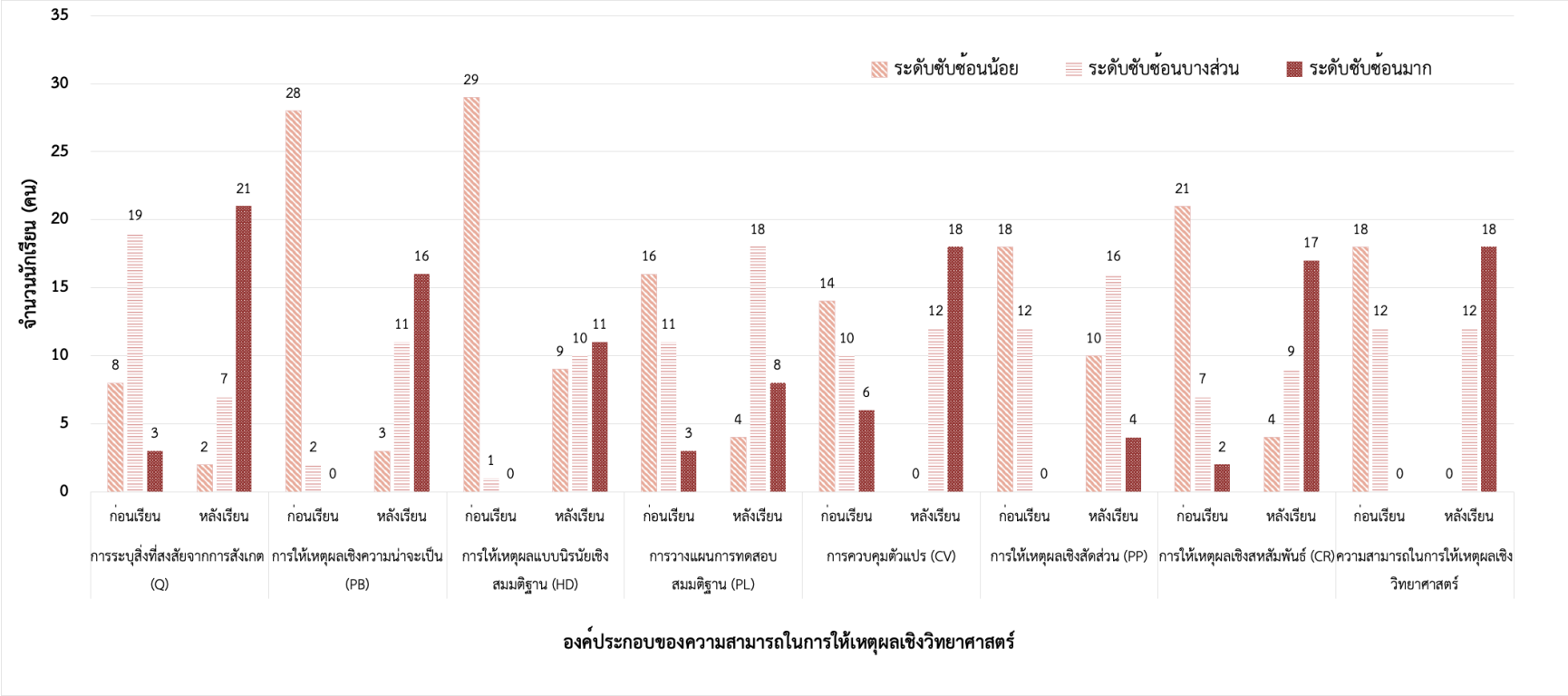


ภาพที่ 7 แผนภูมิแสดงจำนวนนักเรียนแบ่งตามระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากแผนภาพที่ 7 พบว่า ก่อนเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับซับซ้อนน้อยจำนวน 18 คน ระดับซับซ้อนบางส่วน 12 คน และไม่พบนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนมาก ในขณะที่จำนวนนักเรียนหลังเรียนมีนักเรียนที่อยู่ในระดับซับซ้อนมากจำนวน 18 คน ระดับซับซ้อนบางส่วน 12 คน และไม่พบนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนน้อย

เมื่อเปรียบเทียบระดับความสามารถของนักเรียนระหว่าง**ก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์**ในแต่ละองค์ประกอบเมื่อแบ่งตามระดับความซับซ้อน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับซับซ้อนน้อย ระดับซับซ้อนบางส่วนและระดับซับซ้อนมาก โดยพิจารณาตามองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถแสดงผลดังแผนภาพที่ 8 ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 8 แผนภูมิเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

จากแผนภาพที่ 8 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์จะเห็นว่าในทุกองค์ประกอบมีจำนวนนักเรียนที่อยู่ในระดับซับซ้อนน้อยลดลง และมีจำนวนนักเรียนที่อยู่ในระดับซับซ้อนมากเพิ่มขึ้น

2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เทียบกับเกณฑ์

การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีระหว่างหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์กับเกณฑ์ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี (หลังเรียน) จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบวัดที่วัดระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย 6 ระดับ ได้แก่ จำ เข้าใจ นำไปใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ ในแต่ละระดับพฤติกรรมมีคะแนนไม่เท่ากัน (มีรายละเอียดแสดงในบทที่ 3) มีคะแนนเต็มทั้งฉบับ 50 คะแนน

นำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีมาเทียบกับเกณฑ์ซึ่งมีค่า 21 คะแนน โดยเป็นเกณฑ์ที่ได้มาจากการคำนวณหาคะแนนจุดตัดของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายกับนักเรียนกลุ่มรอบรู้ซึ่งแสดงรายละเอียดการคำนวณและเลือกคะแนนคะแนนจุดตัดที่เหมาะสมไว้ในบทที่ 3 สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เทียบกับเกณฑ์เทียบกับเกณฑ์ ได้ผลดังตารางที่ 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกณฑ์ และการทดสอบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เทียบกับเกณฑ์เทียบกับเกณฑ์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียน	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	SD	เกณฑ์ (คะแนน)	t-test
คะแนนเฉลี่ย	41.10	82.20	7.01	21	15.70*
คะแนนระดับพฤติกรรมจำ	3.87	96.67	0.35		
คะแนนระดับพฤติกรรมเข้าใจ	8.50	94.44	0.78		
คะแนนระดับพฤติกรรมนำไปใช้	10.23	78.72	1.88		

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี หลังเรียน	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	SD	เกณฑ์ (คะแนน)	t-test
คะแนนระดับพฤติกรรมวิเคราะห์	6.53	81.67	1.39		
คะแนนระดับพฤติกรรมประเมินค่า	7.03	78.15	2.01		
คะแนนระดับพฤติกรรมสร้างสรรค์	4.73	67.62	3.18		

*p < .05

จากตารางที่ 24 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์มีค่าเท่ากับ 41.10 คะแนน (ร้อยละ 82.20) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.01 คะแนน ส่วนเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบมีค่าเท่ากับ 21 คะแนน เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเทียบกับเกณฑ์ โดยใช้สถิติทดสอบทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (one sample t-test) พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยประเภทการทดลองเบื้องต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อน และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์กับเกณฑ์ กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 61 คน โดยกำหนด 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มเป้าหมายสำหรับการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 31 คน และกลุ่มเป้าหมายสำหรับการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ 30 คนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ 1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีความเที่ยงเท่ากับ 0.89 และ 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.95 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที (t-test) และกำหนดเกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีโดยใช้คะแนนจุดตัด (Cut-off score) ซึ่งพิจารณาจากสัมประสิทธิ์ฟี (Phi coefficient)

ผู้วิจัยแสดงรายละเอียดสรุปผลวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ไว้ดังนี้

สรุปผลวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียน สามารถสรุปได้เป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

กลุ่มเป้าหมายสำหรับการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 31 คน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 11.48 คะแนน (ร้อยละ 27.34) และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยแยกองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบที่ได้คะแนนสูงที่สุดคือ การระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกตมีคะแนนเฉลี่ย 3.84 คะแนน (ร้อยละ 63.98) และองค์ประกอบที่ได้คะแนนต่ำที่สุดคือ การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็นมีคะแนนเฉลี่ย 0.52 คะแนน (ร้อยละ 8.60) นักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนบางส่วนสามารถระบุตัวแปรอิสระได้ถูกต้อง แต่ยังตั้งคำถามเชิงสาเหตุและตั้งสมมติฐานได้แบบไม่สมบูรณ์ ในขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับซับซ้อนน้อยระบุตัวแปรอิสระไม่ได้ ตั้งคำถามเชิงสาเหตุแบบไม่สมบูรณ์ และตั้งสมมติฐานด้วยประโยคคำถาม

ระยะที่ 2 ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

1. กลุ่มเป้าหมายสำหรับการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 30 คน มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 29.52 คะแนน (ร้อยละ 70.28) สูงกว่าคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ของนักเรียนซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 13.77 คะแนน (ร้อยละ 32.78) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. กลุ่มเป้าหมายสำหรับการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนระหว่างหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 41.10 คะแนน (ร้อยละ 82.20) สูงกว่าเกณฑ์คะแนนซึ่งมีค่า 21 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ระยะที่ 2 ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

สามารถนำเสนอได้ ดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ผลการวิจัยสรุปว่า คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวมมีค่าเพียงร้อยละ 27.34 แม้ว่าจะมีองค์ประกอบด้านการระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกตที่มีคะแนนร้อยละเฉลี่ยสูงที่สุดแต่ก็ยังอยู่ในระดับซับซ้อนบางส่วน และมีคะแนนองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็นต่ำที่สุดโดยมีค่าเพียงร้อยละ 8.60

สาเหตุที่นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำมาจากเหตุผล 2 ประการ คือ

ประการแรก การจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นรูปแบบการบรรยาย และกิจกรรมการทดลองที่ครูจัดขึ้นเพียงเพื่อให้นักเรียนสรุปข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยขาดการสนับสนุนให้นักเรียนใช้ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ โดยจากการถามครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายอย่างไม่เป็นทางการ พบว่า ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นครูได้ใช้วิธีการสอนบรรยายเป็นหลัก และมีเพียงน้อยครั้งที่ใช้วิธีทดลอง และในการทดลองมักจะเป็นการทดลองตามวิธีการที่ครูกำหนดส่งผลให้นักเรียนไม่ได้รับการฝึกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

> *“ในหนึ่งภาคเรียนนักเรียนจะมีโอกาสได้เข้าห้องปฏิบัติการ 3 - 4 ครั้งเท่านั้นเนื่องจากข้อจำกัดของเวลาเรียน ส่วนการทดลองครูก็จะเป็นคนเตรียมให้ การตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน และระบุตัวแปร พี่จะเป็นคนบอกนักเรียนขณะทำการทดลอง”*
>
> **ครูวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**
> **4 กันยายน 2563**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สอดคล้องกับที่ Coll, Dahsah, and Faikhamta (2010) อธิบายไว้ว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยยังคงเน้นการบรรยายเป็นส่วนมาก และที่ นภษร จุ้ยอินทร์ และสุทธิกัญจน์ ทิพยเกษร (2559) พบว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไม่ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลโดยอาศัยประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์เพื่อสรุปความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ได้

ประการที่สอง นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และขาดการตีความหลักฐานในการแสดงเหตุผล ระหว่างการสัมภาษณ์นักเรียน พบว่า นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์บางประการ เช่น เข้าใจว่า “ตัวแปรอิสระ” หมายถึง ตัวแปรอะไรก็ได้ และ “สมมติฐาน” หมายถึง การตั้งคำถาม เป็นต้น และนักเรียนไม่สามารถตีความหลักฐานเพื่อนำมาใช้ในการแสดงเหตุผลได้ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องที่หลากหลาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Erlina et al. (2018) ที่พบว่าคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละน้อยกว่า 50 มีสาเหตุมาจากนักเรียนขาดความรู้และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และสุนีย์ คล้ายนิล และคณะ (2546) ได้อธิบายลักษณะนักเรียนไทยไว้ว่า นักเรียนไม่สามารถระบุอธิบายและประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ที่หลากหลายได้ ไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างการอธิบายและการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งต่าง ๆ และนักเรียนไม่สามารถแสดงออกถึงการใช้ความคิดและการมีความเป็นเหตุเป็นผลเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่ 2 ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

(1) การเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปว่า คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ของนักเรียน สูงกว่าคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามที่สมมติฐานกำหนด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิง

ประวัติศาสตร์สามารถส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดตามกระบวนการของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตและให้ความสำคัญกับวิธีการที่มีในการแสดงถึงการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีช่วงเวลาสำคัญในการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างสมมติฐานที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ ทำการระบุและการควบคุมของตัวแปรที่เกี่ยวข้องผ่านกระบวนการทดสอบที่เป็นธรรม มีการรวบรวมข้อมูลที่เชื่อถือได้การใช้แบบจำลองทางสถิติพื้นฐานเพื่อแสดงความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของการวัด ตลอดจนสามารถสื่อความหมายในการสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน จึงทำให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์มีขั้นตอนและรายละเอียดในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ขั้นการนำเสนอ (Presentation) ในขั้นตอนนี้ส่งเสริมองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้าน**การระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต**ด้วยการตั้งคำถามเชิงสาเหตุ เป็นเพราะว่าเมื่อครูนำเสนอเหตุการณ์ที่กระตุ้นความสงสัยของนักเรียน จะส่งผลให้นักเรียนได้พิจารณาตัวแปรที่เป็นสาเหตุของเหตุการณ์ และได้ฝึกการตั้งคำถามแบบระบุปัจจัยที่สงสัย สอดคล้องกับ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2560) ที่กล่าวถึงขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ในขั้นสร้างความสนใจ (E_1) ไว้ว่า กิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นกับนักเรียนคือให้นักเรียนสังเกตสิ่งเร้าเพื่อสงสัยและตั้งคำถามสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นการล้วงประสบการณ์เดิม (Elicitation) ขั้นตอนนี้ส่งเสริมองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้าน**การควบคุมตัวแปร** และ**การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น** เป็นเพราะว่า เมื่อครูให้นักเรียนนำเสนอสาเหตุที่เป็นไปได้จากเหตุการณ์ที่ครูยกตัวอย่างไว้ นักเรียนจะมีการคำนึงถึงตัวแปรที่เป็นสาเหตุและตัวแปรที่เป็นผล แล้วทำการคาดคะเนคำตอบที่เกิดขึ้น สอดคล้องกับ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2560) ที่กล่าวถึงขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ในขั้นสร้างความสนใจ (E_1) ไว้ว่ากิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นกับนักเรียนให้นักเรียนสังเกตสิ่งเร้าเพื่อสงสัยและตั้งคำถามสำคัญแล้ว ควรให้นักเรียนทำการคาดคะเนคำตอบและทำการตั้งสมมติฐานด้วย

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำกิจกรรมของนักเรียนในการคาดคะเนคำตอบ พบว่าความสามารถในการคาดคะเนคำตอบของนักเรียนในการให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็นมีแนวโน้มพัฒนาเพิ่มขึ้น เช่น เปรียบเทียบการเขียนแสดงคำตอบในการคาดคะเนผลที่เกิดขึ้นของนักเรียนคนเดียวกันระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 กับ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 แสดงตัวอย่างได้ ดังนี้

คำถาม *หากนักเรียนคิดว่าอุณหภูมิมีผลต่อความหนาแน่นของแก๊สแล้ว นักเรียนคิดว่าผลที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งหมดมีกี่แบบ อะไรบ้าง*

คำตอบ *2 แบบ 1) ถ้าอุณหภูมิยิ่งสูงขึ้น ความหนาแน่นจะยิ่งลดลง*

2) ถ้าอุณหภูมิยิ่งสูงขึ้น ความหนาแน่นจะยิ่งเพิ่มขึ้น

คำตอบของนักเรียน (รหัส BM)

จากกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

คำถาม *หากนักเรียนคิดว่าอุณหภูมิมีผลต่อความดันของแก๊สแล้ว นักเรียนคิดว่าผลที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งหมดมีกี่แบบ อะไรบ้าง*

คำตอบ *5 แบบ 1) ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ความดันจะลดลง*

2) ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ความดันจะเพิ่มขึ้น

3) ถ้าอุณหภูมิลดลง ความดันจะลดลง

4) ถ้าอุณหภูมิลดลง ความดันจะเพิ่มขึ้น

5) อุณหภูมิไม่มีผลต่อความดัน

คำตอบของนักเรียน (รหัส BM)

จากกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study) เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการส่งเสริมองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ครบทุกองค์ประกอบ ได้แก่ **การระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน การควบคุมตัวแปร การออกแบบการตรวจสอบสมมติฐาน** และ**การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์** เนื่องจากในขั้นตอนนี้นักเรียนได้ศึกษากระบวนการสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในอดีตผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ได้แก่ ตั้งคำถามที่นักวิทยาศาสตร์สงสัย ตลอดจนการกำหนดตัวแปร การออกแบบการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูล จนถึงการให้เหตุผลในการสร้างข้อสรุป เป็นขั้นตอนที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกฝนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Yip (2006) ที่พบว่า เมื่อครูบูรณาการประวัติวิทยาศาสตร์เข้ากับรูปแบบการสอนแบบสืบสอบ ประวัติวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นขั้นตอนการทำงานในอดีตจะเป็นจุดเริ่มต้นทางความคิดและเป็นตัวอย่างให้กับนักเรียนในการเข้าใจวิธีการได้มาของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific thinking) ซึ่งการเรียนรู้นี้เป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ตามที่ ทิศนา แขมมณี (2554) กล่าวถึงการเรียนรู้จากประสบการณ์ไว้ว่า กระบวนการเรียนรู้ที่จะสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายได้นั้น ครูจำเป็นต้องจัดประสบการณ์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ให้ผู้เรียนก่อนแล้วจึงให้ผู้เรียนนำสิ่งที่เกิดขึ้นมาพิจารณาไตร่ตรองจนกระทั่งสร้างเป็นความคิดรวบยอด แล้วจึงนำความคิดรวบยอดนั้นไปปฏิบัติหรือประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่การทดสอบการหาคำตอบ (Devising Tests) เป็นขั้นตอนที่ทำให้นักเรียนทำความเข้าใจการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ให้ลึกซึ้งผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทำให้นักเรียนได้ฝึกการใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบด้วยการตรวจสอบแนวทางของคำตอบในประเด็นที่สงสัยโดยกระบวนการตรวจสอบสมมติฐาน กำหนดตัวแปรอิสระที่ศึกษา กำหนดตัวแปรที่ต้องควบคุม ระบุวิธีการสังเกตตัวแปรตามจากการทดลอง และออกแบบขั้นตอนการทดสอบอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานของนักเรียนนั้นจะเป็นการออกแบบการทดลองที่เลียนแบบแนวคิดการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในอดีต สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Yip (2006) ที่พบว่า เมื่อครูบูรณาการประวัติวิทยาศาสตร์เข้ากับรูปแบบการสอนแบบสืบสอบ เป็นการ

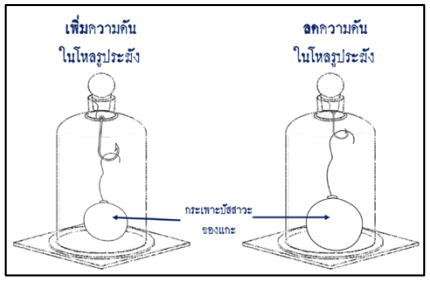
ช่วยให้นักเรียนได้รับคำแนะนำในการออกแบบเพื่อสำรวจแนวความคิดของตนเอง เข้าใจวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการประเมินหลักฐาน ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการสืบสอบความรู้ด้วยตนเอง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นทดสอบหาคำตอบพบว่านักเรียนออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานตามแนวคิดที่ได้รับมาจากการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ ดังภาพภาพที่ 9 และภาพที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับภาพจำลองการสาธิตการทดลองของบอยล์ตามภาพที่ 11

ภาพที่ 9 ตัวอย่างการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานของนักเรียนคนที่ 1 ในการศึกษากฎของบอยล์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 10 ตัวอย่างการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานของนักเรียนคนที่ 2 ในการศึกษากฎของบอยล์



ภาพที่ 11 ภาพจำลองการสาธิตการทดลองของบอยล์

ขั้นมุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ (The Scientific View) เป็นขั้นตอนที่มีจุดเน้นสำคัญในการทำความเข้าใจหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบด้าน**การควบคุมตัวแปร**ที่นักเรียนได้ทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามหลักการ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ครูนำเสนอ อภิปรายว่าการตรวจสอบความสัมพันธ์ดังกล่าวควรคำนึงถึงตัวแปรควบคุม และนักเรียนจะต้องนำผลการทดลองมาใช้ในการคำนวณเชิงสัดส่วน เพื่อสรุปเป็นความสัมพันธ์เชิงสมการทางคณิตศาสตร์จึงส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบด้าน**การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน**ด้วย ตัวอย่างเช่น การเรียนรู้สมบัติของแก๊สตามกฎของบอยล์ นักเรียนจะนำผลการทดลองระหว่างความดันกับปริมาตรมาคำนวณเชิงสัดส่วนเพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตร โดยกำหนดให้อุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊สเป็นตัวแปรควบคุม

ขั้นการทบทวนและประเมินผล (Review and Evaluation) ในขั้นนี้นักเรียนได้วิเคราะห์ผลการทดลองจากการศึกษาสมบัติของแก๊สทั้ง 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ ขั้นการทดสอบหาคำตอบ และขั้นมุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ ทำให้นักเรียนเกิดการฝึกฝนในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามที่เกิดขึ้นในแต่ละการทดลองส่งผลให้เกิดการส่งเสริมองค์ประกอบของความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้าน**การให้เหตุผลเชิงสหสัมพันธ์**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีของนักเรียนระหว่างหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์กับเกณฑ์

ผลการวิจัยสรุปว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 41.10 คะแนน (ร้อยละ 82.20) สูงกว่าเกณฑ์คะแนนซึ่งมีค่า 21 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนด แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีได้ เนื่องจากสาเหตุต่อไปนี้

ประการแรก การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ ส่งเสริมให้นักเรียนแสวงหาคำตอบ เกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองและสนับสนุนให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดสอดคล้องกับ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข

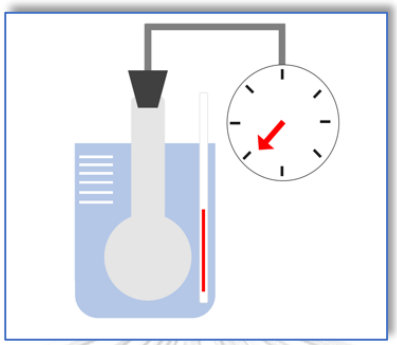
(2560) ที่ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ไว้ว่า ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างด้วยตนเองนั้นจะทำให้เกิดโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) ปรากฏในช่วงความจำระยะยาว (long – term memory) เป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ผู้เรียนสามารถจำได้ถาวร และสามารถนำไปใช้ได้ในสถานการณ์ต่าง ๆ เพราะโครงสร้างทางปัญญา คือ กรอบของแบบแผนที่บุคคลสร้างขึ้น เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตีความหมาย ให้เหตุผล แก้ปัญหา ตลอดจนเป็นพื้นฐานในการสร้างโครงสร้างทางปัญญาใหม่

ประการที่สอง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ช่วยลดความเป็นนามธรรมในวิชาเคมีและช่วยเติมเต็มแนวคิดในการสำรวจตรวจสอบในประเด็นที่สงสัย เป็นเพราะว่าขั้นตอนของการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study) เป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้นักเรียนได้รับแนวคิดในการศึกษาความรู้ในวิชาเคมีผ่านการทำงานของนักวิทยาศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรม เมื่อนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติคล้ายกับสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทำในอดีตส่งผลให้นักเรียนเข้าใจความรู้ในวิชาเคมีและกระบวนการในการได้มาซึ่งความรู้ สอดคล้องกับ Rosária S (2000) ที่กล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ภายใต้บริบทของการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ มีคุณลักษณะที่เพิ่มมุมมองให้ผู้เรียนเห็นว่าการทำงานของนักวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งธรรมดาในฐานะของมนุษย์คนหนึ่ง และสามารถช่วยให้นักเรียนเพิ่มความเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Cachapuz and Paixão (2005) ที่ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนการรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ในวิชาเคมีที่มีต่อความเข้าใจเรื่องธาตุทางเคมี พบว่าการสอนตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเรื่องของธาตุทางเคมีมากกว่าการให้นักเรียนจดจำจากข้อมูลและยังสนับสนุนการบูรณาการระหว่างเนื้อหาในวิชาเคมีกับกระบวนทางวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ทางเคมี และสร้างภาพทางเคมีให้มีความสมจริงยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Quilez (2004) ที่พบว่าการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์มาใช้กับเรื่องสมดุลเคมีผ่านวิวัฒนาการของค่าพลังงานสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (electron affinity) ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์สำคัญในหัวข้อของปฏิกิริยาที่ไม่สมบูรณ์ และ ปฏิกิริยาผันกลับได้ซึ่งอยู่ในเรื่องสมดุลเคมี

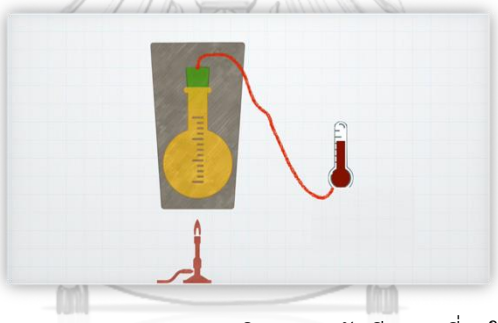
จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในการจัดการเรียนรู้เชิงประวัติศาสตร์ศาสตร์พบว่า นักเรียนสามารถเข้าใจแนวทางในการศึกษาเนื้อหาความรู้ทางเคมีได้อย่างเป็นรูปธรรม สามารถออกแบบการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำรวจตรวจสอบในประเด็นที่สงสัยและนำไปสู่ความเข้าใจเนื้อหาในวิชาเคมีได้หลังจากที่นักเรียนได้ผ่านขั้นตอนการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์มาแล้ว เช่น ตัวอย่างภาพการออกแบบการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดัน (การศึกษากฎของเกย์ ลูสแซก) จะเห็นได้ว่านักเรียนทั้ง 2 คน ออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานคล้ายกันเป็นเพราะว่าได้รับแนวคิดมาจากการทำงานของ. เกย์ ลูสแซก ดังภาพที่ 12 และภาพที่ 13



ภาพที่ 12 ตัวอย่างการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานของนักเรียนคนที่ 1 ในการศึกษากฎของเกย์ ลูสแซก



ภาพที่ 13 ตัวอย่างการออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานของนักเรียนคนที่ 2 ในการศึกษากฎของเกย์ ลูสแซก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประการที่สาม การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและเกิดความคงทนของความรู้ ซึ่งเกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ได้ฝึกฝนทบทวนความรู้ซ้ำทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนและสามารถจดจำเนื้อหาได้อย่างถาวร เป็นเพราะว่าในขั้นของการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study) เป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในตัวแปรที่กำลังศึกษา เป็นขั้นตอนที่เชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมที่นักเรียนมีกับประสบการณ์ใหม่เข้าด้วยกันผ่านการมีส่วนร่วมไปกับการจำลองกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในอดีต นอกจากนี้ขั้นของการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study) ยังเป็นจุดเริ่มต้นแนวคิดที่ช่วยให้นักเรียนออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานได้ด้วยตนเองในขั้นของการทดสอบหาคำตอบ (Devising test) และยังได้ตรวจสอบ

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแล้วสรุปเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ในขั้นมุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ (The scientific view) ทำให้นักเรียนมีการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่หลายครั้ง สอดคล้องกับ Ausubel (1969 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2541) ที่ได้อธิบายว่า การเรียนรู้อย่างมีความหมายจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้รวมหรือเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่ ซึ่งอาจเป็นความคิดรวบยอดหรือความรู้ที่ได้รับใหม่เข้าไว้ในโครงสร้างทางปัญญาช่วยขยายความรู้เดิมหรือมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ ความรู้ใหม่ที่นักเรียนรับไว้ในโครงสร้างทางปัญญาแล้วจะเป็นความรู้ที่คงทน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yip (2006) ที่พบว่าเมื่อครูบูรณาการประวัติวิทยาศาสตร์เข้ากับกระบวนการสอนแบบสืบสอบแล้วสามารถช่วยเพิ่มความคงทนของความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ได้

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

การวิจัยนี้พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์สามารถช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีได้ อย่างไรก็ตามหากครูจะนำแนวคิดนี้ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้มีข้อควรแนะนำ ดังต่อไปนี้

1. จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ต้องใช้เวลามากและไม่สามารถสอนครบทั้งหมด 6 ขั้นได้ภายในการสอนเพียง 1 – 2 คาบ จึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1.1 ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ครั้ง ครั้งละ 1 - 2 คาบ โดยวางแผนล่วงหน้าให้เนื้อหาและกิจกรรมมีความต่อเนื่องกัน เช่น ครั้งที่ 1 สอนตั้งแต่ขั้นการนำเสนอ (Presentation) จนถึงขั้นการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study) และสอนครั้งที่ 2 ตั้งแต่ขั้นการทดสอบการหาคำตอบ (Devising Tests) ถึงขั้นการทบทวนและประเมินผล (Review and Evaluation) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการจัดการในแต่ละคาบเรียน

1.2 ครูควรบริหารจัดการเวลาให้มีประสิทธิภาพโดยในขั้นการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study) ควรมอบหมายให้นักเรียนศึกษาล่วงหน้าเพื่อเตรียมความพร้อมในการอภิปราย หรือทำกิจดรรมในคาบเรียน และสำหรับขั้นการทดสอบการหาคำตอบ (Devising Tests) ครูควรมอบหมายให้นักเรียนออกแบบการตรวจสอบสมมติฐานเป็นการบ้านซึ่งจะทำให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นักเรียนมีเวลาในการออกแบบมากขึ้นและออกแบบได้อย่างสร้างสรรค์เนื่องจากได้คิดอย่างอิสระเมื่อใช้เวลานอกห้องเรียน

2. จากการสืบค้นข้อมูลประวัติศาสตร์เพื่อเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้พบอุปสรรคในการเข้าถึงข้อมูล และความถูกต้องของข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ดังนั้นครูจึงควรวางแผนล่วงหน้าในการเตรียมสอน เพื่อให้มีเวลาสืบค้นและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลประวัติศาสตร์จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย

3. จากการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่า ขั้นการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study) นักเรียนรู้สึกว่าการฟังหรือการอ่านเรื่องราวประวัติศาสตร์ไม่น่าสนใจและไม่น่าตื่นเต้น ครูจึงควรใช้วิธีการและกิจกรรมที่มีความหลากหลาย เช่น การศึกษากฎของชาร์ล มีลักษณะของเรื่องเชิงประวัติศาสตร์เป็นการแข่งขันการประดิษฐ์บอลลูนระหว่างทีมของชาร์ลกับพี่น้อง โรเบิร์ต กับ ทีมพี่น้อง Montgolfière ครูก็ควรนำเสนอเรื่องเชิงประวัติศาสตร์ในรูปแบบการแข่งขันเชิงทฤษฎี (Confrontation) ซึ่งมีจุดเด่นอยู่ที่การนำเสนอรูปแบบวิธีการเชิงประวัติศาสตร์ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ผ่านการแข่งขันของทฤษฎีทำให้นักเรียนได้เห็นถึงการเรียงลำดับและการพัฒนาของของทฤษฎี และออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนแสดงบทบาทสมมติโดยแบ่งเป็นทีมระหว่างทีมของชาร์ลกับพี่น้องโรเบิร์ต กับ ทีมพี่น้อง Montgolfière แล้วทำการแข่งขันกันในการประดิษฐ์บอลลูนสอดคล้องกับเรื่องเชิงประวัติศาสตร์ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ขั้นการทดสอบการหาคำตอบ (Devising Tests) ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ นักเรียนสามารถริเริ่มการออกแบบเพื่อตรวจสอบสมมติฐานในเรื่องที่กำลังศึกษาได้หลากหลายวิธีการ จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ที่มีต่อความคิดริเริ่มหรือความคิดสร้างสรรค์

2. เนื่องจากงานวิจัยนี้ดำเนินการวิจัยกับเนื้อหาเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส ซึ่งมีลักษณะธรรมชาติของเนื้อหาเป็นกฎทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรชัดเจน จึงอาจมีการศึกษาวิจัยกับเนื้อหาอื่นที่มีธรรมชาติคล้ายกันว่าจะได้ผลสอดคล้องกันหรือไม่ เช่น เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับกฎทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์

บรรณานุกรม

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. (2547). *จันทร์เพ็ญนิพนธ์*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

โชติกา ภาษีผล ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง และ กมลวรรณ ตังธนกานนท์. (2558). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2559). การสร้างเครื่องมือวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2554). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 14): สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นภษร จุ้ยอินทร์ และ สุทธิกัญจน์ ทิพยเกษร. (2559). ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ได้รับการสอนแบบพีโออี. *Journal of Graduate Research, 7*(2), 153-166.

พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ. (2558). ธรรมชาติของวิชาเคมีและการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชา. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว* (*Srinakharinwirot Science Journal), 31*(2), 187-200.

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

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2560). *ทักษะ 7C ของครู 4.0*. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2539). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สุวีริยสาสน์.

วรรณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ องค์การมหาชน. (2561). *สรุปผลการทดสองทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561*. Retrieved from http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2561.pdf

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยศาสตร์และเทคโนโลยี*: กรุงเทพมหานคร: แหล่งที่มา https://goo.gl/xRyKZg.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.* กระทรวงศึกษาธิการ: กรุงเทพฯ แหล่งที่มา http://www.scimath.org/e-books/8417/flippingbook/index.html

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). *กรอบทิศทางแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2574*. แหล่งที่มา http://backoffice.onec.go.th/uploaded/Outstand/2016-EdPlan60-74.pdf.

สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ. (2546). *การเรียนรู้เพื่อโลกวันพรุ่งนี้รายงานการประเมินการเรียนรู้จาก PISA 2003*. กรุงเทพฯ: สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education, 22*(9), 2087-2107.

Allchin, D., Anthony, E., Bristol, J., Dean, A., Hall, D., & Lieb, C. (1999). History of science-with labs. *Science & Education, 8*(6), 619-632.

American Association for the Advancement of Science. (1994). *Benchmarks for science literacy*: Oxford University Press.

Australian Curriculum Assessment and Reporting Authority (ACARA). (2016). Senior secondary curriculum. Retrieved from https://www.australiancurriculum.edu.au/senior-secondary-curriculum/science/representation-of-general-capabilities/

Bao, L., Xiao, Y., Koenig, K., & Han, J. (2018). Validity evaluation of the Lawson classroom test of scientific reasoning. *Physical Review Physics Education Research, 14*(2). doi:10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020106

Benford, R., & Lawson, A. E. (2001). Relationships between Effective Inquiry Use and the Development of Scientific Reasoning Skills in College Biology Labs.

Brown, N. J. S., Furtak, E. M., Timms, M., Nagashima, S. O., & Wilson, M. (2010). The

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Evidence-Based Reasoning Framework: Assessing Scientific Reasoning. *Educational Assessment, 15*(3-4), 123-141. doi:10.1080/10627197.2010.530551

Brush, S. G. (1989). History of science and science education. *Interchange, 20*(2), 60-70.

Cachapuz, A., & Paixão, F. (2005). A historical approach to teaching the concept of the chemical element. *School Science Review, 86*, 91--94.

Coll, R. K., Dahsah, C., & Faikhamta, C. (2010). The influence of educational context on science learning: a cross-national analysis of PISA. *Research in Science & Technological Education, 28*(1), 3-24.

Deming, J. C., O'Donnell, J. R., & Malone, C. J. (2012). Scientific literacy: Resurrecting the phoenix with thinking skills. *Science Educator, 21*(2), 10-17.

Ding, L., Wei, X., & Liu, X. (2016). Variations in University Students' Scientific Reasoning Skills Across Majors, Years, and Types of Institutions. *Research in Science Education, 46*(5), 613-632. doi:10.1007/s11165-015-9473-y

Dolan, E., & Grady, J. (2010). Recognizing students' scientific reasoning: A tool for categorizing complexity of reasoning during teaching by inquiry. *Journal of Science Teacher Education, 21*(1), 31-55.

Erlina, N., Susantini, E., Wasis, Pandiangan, P., & Wicaksono, I. (2018). The effectiveness of evidence-based reasoning in inquiry-based physics teaching to increase students' scientific reasoning. *Journal of Baltic Science Education, 17*(6), 972-985. Retrieved from http://ezproxy.car.chula.ac.th/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselc&AN=edselc.2-52.0-85058821002&site=eds-live

Giere, R. N. (1991). *Understanding scientific reasoning. (3rd ed.).* Fort Worth, Tex. : Holt, Rinehart, and Winston, c1991.

Gronlund, N. E., & Waugh, C. K. (2009). *Assessment of student achievement.*: Pearson.

Han, J. (2013). *Scientific reasoning: Research, development, and assessment.* The Ohio State University,

Heering, P., & Höttecke, D. (2014). Historical-investigative approaches in science teaching. In *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 1473-1502): Springer.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Johnson, M. A., & Lawson, A. E. (1998). What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes? *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 35*(1), 89-103.

Kambeyo, L. (2017). Scientific reasoning skills: a theoretical background on science education. *14*, 40-64.

Kral, E. A. (1997). Scientific Reasoning and Achievement in a High School English Course. *Skeptical Inquirer, 21*(3), 34-39.

Kuhn, D. (2010). *What is Scientific Thinking and How Does it Develop?* : Wiley-Blackwell.

Kuhn, D., Schauble, L., & Garcia-Mila, M. (1992). Cross-domain development of scientific reasoning. *Cognition and instruction, 9*(4), 285-327.

Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching, 15*(1), 11-24.

Lawson, A. E. (2000a). The generality of hypothetico-deductive reasoning: Making scientific thinking explicit. *The American Biology Teacher, 62*(7), 482-495.

Lawson, A. E. (2000b). *Lawson classroom test of scientific reasoning*. Retrieved from http://www.public.asu.edu/~anton1/AssessArticles/Assessments/Mathematics%20Assessments/Scientific%20Reasoning%20Test.pdf

Lawson, A. E. (2004). The nature and development of scientific reasoning: A synthetic view. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*(3), 307-338. doi:10.1007/s10763-004-3224-2

Lawson, A. E. (2010). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education*, n/a-n/a. doi:10.1002/sce.20357

Lawson, A. E., Banks, D. L., & Logvin, M. (2007). Self-efficacy, reasoning ability, and achievement in college biology. *Journal of Research in Science Teaching, 44*(5), 706-724. doi:10.1002/tea.20172

Lohman, D. F., & Lakin, J. M. (2009). Reasoning and intelligence. *Handbook of intelligence*, 1-47.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences, 15*(2), 153-191.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Milanovic, V. D., & Trivic, D. D. (2017). The historical or the contemporary context: which of the two ensures a deeper understanding of gas properties? *Chemistry Education Research and Practice, 18*(4), 549-558.

Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: A model for the development of pedagogy. *Science Education, 81*(4), 405-424.

Morris, B. J., Croker, S., Masnick, A. M., & Zimmerman, C. (2012). The emergence of scientific reasoning. In *Current topics in children's learning and cognition*: IntechOpen.

National Research Council. (2013). *Next Generation Science Standards*: Washington, DC: The National Academies Press. .

Opitz, A., Heene, M., & Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning – a review of test instruments. *Educational Research and Evaluation, 23*(3-4), 78-101. doi:10.1080/13803611.2017.1338586

Piaget, J. (1964). Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching, 2*(3), 176-186.

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

Quilez, J. (2004). A historical approach to the development of chemical equilibrium through the evolution of the affinity concept: some educational suggestions. *Chemistry Education Research and Practice, 5*(1), 69-87.

Roadrangka, V., Yeany, R., & Padilla, M. (1983). *The construction of a group assessment of logical thinking (GALT).* Paper presented at the 56th annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, Texas, April.

Rosária S, J. (2000). Teaching with historical models. In *Developing models in science education* (pp. 209-226): Springer.

Solomon, J., Duveen, J., Scot, L., & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(4), 409-421.

Stammen, A. N., Malone, K. L., & Irving, K. E. (2018). Effects of Modeling Instruction

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Professional Development on Biology Teachers' Scientific Reasoning Skills. Retrieved from http://ezproxy.car.chula.ac.th/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.25AC8F33&site=eds-live

Stinner, A., McMillan, B. A., Metz, D., Jilek, J. M., & Klassen, S. (2003). The renewal of case studies in science education. *Science & Education, 12*(7), 617-643.

Sungur, S., & Tekkaya, C. (2003). Students' achievement in human circulatory system unit: The effect of reasoning ability and gender. *Journal of Science Education and Technology, 12*(1), 59-64.

Susilowati, S. M. E., & Anam, K. (2017). Improving Students' Scientific Reasoning and Problem-Solving Skills by The 5E Learning Model. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education, 9*(3). doi:10.15294/biosaintifika.v9i3.12022

Tobin, K. G., & Capie, W. (1981). The development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological measurement, 41*(2), 413-423.

Tolvanen, S., Jansson, J., Vesterinen, V.-M., & Aksela, M. (2014). How to use historical approach to teach nature of science in chemistry education? *Science & Education, 23*(8), 1605-1636.

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

Yip, D. Y. (2006). Integrating history with scientific investigations. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association, 52*(3).

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. (2000). The Development of Scientific Reasoning Skills. *Developmental Review, 20*(1), 99-149. doi:10.1006/drev.1999.0497

Zimmerman, C. (2005). The development of scientific reasoning skills: What psychologists contribute to an understanding of elementary science learning. *Final draft of a report to the National Research Council Committee on Science*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Learning Kindergarten through Eighth Grade. Washington, DC: National Research Council.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก **รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ**

ภาคผนวก ข **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1. เครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. เครื่องมือสำหรับการทดลอง

ภาคผนวก ค **คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1. แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี
3. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1. อาจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์	อาจารย์ประจำสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิดา จำรัส	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร และการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ประพันธ์ พงศ์โสภณ	อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวรี ญานปรีชาเศรษฐ	อาจารย์ประจำภาควิชาพื้นฐานทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา	ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์วศวิศว์ ปุณณสุขขีรมณ์	ครูวิทยาศาสตร์ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มิ่งขวัญ ภาคสัญไชย	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันธนา ตอเงิน	อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์สุวรรณา อัมพรดนัย	ครูวิทยาศาสตร์ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. เครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย
   1.1 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
   1.2 ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่องกฎของแก๊ส
2. เครื่องมือสำหรับการทดลอง
   2.1 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
(ฉบับก่อนเรียน)

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นแบบวัดที่ประกอบด้วย 3 สถานการณ์และคำถามจำนวน 21 ข้อ **ขอให้นักเรียนอ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถาม**
2. แบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีลักษณะการตอบ 2 ระดับ คือ
   ระดับที่ 1 เป็นการตอบในระดับคำตอบของคำถาม
   ระดับที่ 2 เป็นการตอบในระดับของการแสดงเหตุผล หรือ การอธิบายคำตอบในระดับที่ 1
3. ขอให้นักเรียนเขียนแสดงคำตอบด้วยตัวบรรจงลงในแบบวัดฉบับนี้ด้วยปากกาน้ำเงิน หรือปากกาดำ
4. นักเรียนมีเวลาในการทำแบบวัดฉบับนี้ทั้งหมด 60 นาที
5. แบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับนี้**ไม่มีผลต่อคะแนนสอบของนักเรียนในวิชาใด**

ตัวอย่าง การตอบคำถามในแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ขอให้นักเรียนอ่านข้อมูลต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม

พ่อครัวคนหนึ่งกำลังทำขนมปังสูตรใหม่โดยต้องการให้ขนมปังฟูและนุ่ม ซึ่งมีขั้นตอนการทำ คือ การนำส่วนผสมทั้งหมดมารวมกันแล้วทำการนวดแป้ง เมื่อนวดแป้งเรียบร้อยแล้วจะต้องพักแป้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมงเพื่อให้แป้งขึ้นฟู โดยพ่อครัวออกแบบสูตรไว้ ดังนี้

สูตรที่ 1 แป้งสาลี 100 g + น้ำร้อน + ยีสต์
สูตรที่ 2 แป้งสาลี 100 g + น้ำอุณหภูมิปกติ + ยีสต์
สูตรที่ 3 แป้งสาลี 100 g + น้ำอุณหภูมิปกติ
สูตรที่ 4 แป้งสาลี 200 g + น้ำเย็นจัด + ยีสต์

ข้อที่ 1

1.1) ถ้าพ่อครัวสงสัยว่ายีสต์มีผลต่อการฟูขึ้นของขนมปังหรือไม่ นักเรียนคิดว่าพ่อครัวควรเลือกขนมปังสูตรใดมาเปรียบเทียบกัน

___สูตรที่ 2 และ 3_____

1.2) เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกขนมปังสูตร 2 สูตรนั้นมาเปรียบเทียบกัน

_____เพราะใช้ปริมาณยีสต์ต่างกันในขณะที่ส่วนผสมอื่น ๆ เหมือนกัน_____

ชื่อ _____นามสกุล_____

ห้องเรียน _____เลขที่_____เลขประจำตัว_____

ขอให้อ่านข้อมูลจากสถานการณ์ที่ 2 ต้นอ่อนทานตะวัน แล้วตอบคำถามข้อ ข้อที่ 8 - 14

สถานการณ์ที่ 2 ต้นอ่อนทานตะวัน

เด็กชายธีร์ทำการทดลองปลูกต้นอ่อนทานตะวัน จำนวนทั้งหมด 3 แปลง ในสวนเกษตรของโรงเรียน โดยทุกแปลงใช้เมล็ดต้นอ่อนทานตะวันจากถุงเดียวกัน แต่ใช้ดินในการปลูกต่างชนิดกันและใช้จำนวนเมล็ดในการปลูกไม่เท่ากันเพราะมีขนาดพื้นที่ไม่เท่ากันจึง หลังจากนั้นพบว่าเด็กชายธีร์บันทึกการปลูกต้นอ่อนทานตะวันไว้เป็นตาราง ดังนี้

	จำนวนเมล็ดที่ใช้ปลูก (เมล็ด)	**จำนวนต้นที่งอก** (ต้น)	**จำนวนต้นที่งอกแล้วสมบูรณ์** (ต้น)
แปลงที่ 1 (ดินตราปลาทอง)	150	80	60
แปลงที่ 2 (ดินตรานกยูง)	120	72	36
แปลงที่ 3 (ดินตราค้างคาว)	100	70	56

ข้อที่ 8

8.1) นักเรียนคิดว่าเด็กชายธีร์ควรตั้งคำถามในทดลองปลูกต้นอ่อนทานตะวันว่าอย่างไร

_____

_____

8.2) นักเรียนคิดว่าข้อมูลใดที่ทำให้เด็กชายธีร์ควรตั้งคำถามเช่นนั้น

_____

_____

ข้อที่ 9

9.1) จากคำถามการทดลองของเด็กชายธีร์ นักเรียนคิดว่าคำตอบที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งหมดมีได้กี่คำตอบ

_____

_____

_____

9.2) ให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งหมด ให้ครบตามจำนวนที่นักเรียนตอบในข้อ 9.1

_____

_____

_____

_____

_____

_____

ข้อที่ 10

10.1) จากการทดลองของเด็กชายธีร์ นักเรียนคิดว่าเด็กชายธีร์กำหนดให้สิ่งใดเป็นตัวแปรอิสระ (ตัวแปรต้น) และตัวแปรควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

_____

_____

_____

10.2) เพราะเหตุใดเด็กชายธีร์จึงเลือกสิ่งนั้นเป็นตัวแปรอิสระ (ตัวแปรต้น)

_____

_____

_____

10.3) เพราะเหตุใดเด็กชายธีร์จึงเลือกสิ่งนั้นเป็นตัวแปรควบคุม

_____

_____

_____

ข้อที่ 11

11.1) นักเรียนควรจะออกแบบวิธีการทดลองอย่างไรให้สอดคล้องกับการทดลองเด็กชายธีร์ ขอให้นักเรียนตอบเป็นข้อ ๆ แต่ละข้ออธิบายพอสังเขป

_____

_____

_____

_____

_____

_____

11.2) ขอให้นักเรียนอธิบายเหตุผลที่เด็กชายธีร์ออกแบบการทดลองเช่นนั้น

_____

_____

_____

ข้อที่ 12

12.1) จากผลการปลูกต้นอ่อนทานตะวันของเด็กชายธีร์ที่แสดงในตาราง เด็กชายธีร์จะสามารถสรุปความสัมพันธ์จากการทดลองของตนเองว่าอย่างไร

_____

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

12.2) อะไรเป็นเหตุผลที่ทำให้เด็กชายธีร์ควรสรุปความสัมพันธ์จากการทดลองของตนเองเช่นนั้น

_____

_____

_____

ข้อที่ 13

13.1) นักเรียนคิดว่าดินชนิดใดทำให้ต้อนอ่อนทานตะวันที่งอกแล้วกลายเป็นต้นอ่อนทานตะวันที่สมบูรณ์มากที่สุด

_____

_____

_____

13.2) เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกดินชนิดนั้น

_____

_____

_____

ข้อที่ 14

14.1) สมมติว่าเด็กชายธีร์ต้องการทำการทดลองอีกครั้ง เพื่อยืนยันผลจากการทดลองที่ผ่านมา นักเรียนคิดว่าเด็กชายธีร์ควรตั้งสมมติฐานในการทดลองครั้งนี้ว่าอย่างไร

_____

_____

14.2) เพราะเหตุใดเด็กชายธีร์จึงควรตั้งสมมติฐานเช่นนั้น

_____

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
(ฉบับหลังเรียน)

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เป็นแบบวัดที่ประกอบด้วย 3 สถานการณ์และคำถามจำนวน 21 ข้อ **ขอให้นักเรียนอ่านสถานการณ์แล้วตอบคำถาม**
2. แบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีลักษณะการตอบ 2 ระดับ คือ
   ระดับที่ 1 เป็นการตอบในระดับคำตอบของคำถาม
   ระดับที่ 2 เป็นการตอบในระดับของการแสดงเหตุผล หรือ การอธิบายคำตอบในระดับที่ 1
3. ขอให้นักเรียนเขียนแสดงคำตอบด้วยตัวบรรจงลงในแบบวัดฉบับนี้ด้วยปากกาน้ำเงิน หรือปากกาดำ
4. นักเรียนมีเวลาในการทำแบบวัดฉบับนี้ทั้งหมด 60 นาที
5. แบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับนี้**ไม่มีผลต่อคะแนนสอบของนักเรียนในวิชาใด**

ตัวอย่าง การตอบคำถามในแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ขอให้นักเรียนอ่านข้อมูลต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม

พ่อครัวคนหนึ่งกำลังทำขนมปังสูตรใหม่โดยต้องการให้ขนมปังฟูและนุ่ม ซึ่งมีขั้นตอนการทำ คือ การนำส่วนผสมทั้งหมดมารวมกันแล้วทำการนวดแป้ง เมื่อนวดแป้งเรียบร้อยแล้วจะต้องพักแป้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้แป้งขึ้นฟู โดยพ่อครัวออกแบบสูตรไว้ ดังนี้

สูตรที่ 1 แป้งสาลี 100 g + น้ำร้อน + ยีสต์
สูตรที่ 2 แป้งสาลี 100 g + น้ำอุณหภูมิปกติ + ยีสต์
สูตรที่ 3 แป้งสาลี 100 g + น้ำอุณหภูมิปกติ
สูตรที่ 4 แป้งสาลี 200 g + น้ำเย็นจัด + ยีสต์

ข้อที่ 1

1.1) ถ้าพ่อครัวสงสัยว่ายีสต์มีผลต่อการฟูขึ้นของขนมปังหรือไม่ นักเรียนคิดว่าพ่อครัวควรเลือกขนมปังสูตรใดมาเปรียบเทียบกัน

___สูตรที่ 2 และ 3_____

1.2) เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกขนมปังสูตร 2 สูตรนั้นมาเปรียบเทียบกัน

_____เพราะใช้ปริมาณยีสต์ต่างกันในขณะที่ส่วนผสมอื่น ๆ เหมือนกัน_____

ชื่อ _____นามสกุล_____

ห้องเรียน _____เลขที่_____เลขประจำตัว_____

ขอให้อ่านข้อมูลจากสถานการณ์ที่ 1 ยาแอสไพริน แล้วตอบคำถามข้อ ข้อที่ 1 - 7

สถานการณ์ที่ 1 ยาแอสไพริน

แอสไพรินมีกระบวนการสังเคราะห์จากปฏิกิริยาอย่างง่ายระหว่าง กรดซาลิซิลิก ($C_7H_6O_3$) กับ แอซิติกแอนไฮไดรด์ ($C_4H_6O_3$) ได้ผลิตภัณฑ์เป็น แอสไพริน ($C_9H_8O_4$) และน้ำ (H_2O) ดังสมการ

$$2C_7H_6O_3 + C_4H_6O_3 \rightarrow 2C_9H_8O_4 + H_2O$$

นักเคมีท่านหนึ่งจึงทำการทดลองเพื่อหาคำตอบในสิ่งที่กำลังสงสัยบางประการ ทุกครั้งของการทดลองนักเคมีท่านนี้จะเตรียมสารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันและทุกการทดลองทำอุณหภูมิที่ 30 °C ซึ่งผลจากการทดลองการสังเคราะห์แอสไพริน สามารถแสดงได้ดังตาราง

การทดลอง	น้ำหนักสารตั้งต้น (กรัม)	เวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์แอสไพริน (นาที)	น้ำหนักแอสไพรินที่ได้ (กรัม)
การทดลองครั้งที่ 1 เติมกรด A 5 หยด	10.00	25	7.20
การทดลองครั้งที่ 2 เติมกรด B 5 หยด	10.00	20	7.40
การทดลองครั้งที่ 3 เติมเบส C 5 หยด	10.00	65	-
การทดลองครั้งที่ 4 ไม่เติม	10.00	45	7.50

ข้อที่ 1

1.1) นักเรียนคิดว่านักเคมีท่านนี้ควรตั้งคำถามก่อนการบันทึกผลไว้ว่าอย่างไร

_____

_____

_____

1.2) นักเรียนคิดว่าหลักฐานใดเป็นเหตุผลที่นักเคมีควรตั้งคำถามเช่นนั้น

_____

_____

_____

ข้อที่ 2

2.1) จากคำถามในข้อที่ 1 นักเรียนคิดว่านักเคมีท่านนี้จะสามารถคาดคะเนคำตอบที่อาจจะเกิดขึ้นขณะทดลอง ได้ทั้งหมดกี่คำตอบ

_____

_____

_____

2.2) ให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งหมด ให้ครบตามจำนวนที่นักเรียนตอบในข้อ 2.1

_____

_____

_____

_____

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 3

3.1) จากตารางบันทึกผลของนักเคมีท่านนี้ นักเรียนคิดว่าควรกำหนดให้อะไรเป็นตัวแปรอิสระ (ตัวแปรต้น) และตัวแปรควบคุม

_____

_____

_____

3.2) เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกสิ่งนั้นเป็นตัวแปรอิสระ (ตัวแปรต้น)

_____

_____

_____

3.3) เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกสิ่งนั้นเป็นตัวแปรควบคุม

_____

_____

_____

_____

ข้อที่ 4

4.1) จากตารางบันทึกผลของนักเคมีท่านนี้ นักเรียนคิดว่าจะสามารถสรุปความสัมพันธ์ในการทดลองสังเคราะห์ยาแอสไพรินว่าอย่างไร

_____

_____

_____

4.2) เพราะเหตุใดที่ทำให้นักเรียนคิดว่า นักเคมีควรสรุปความสัมพันธ์ในการทดลองสังเคราะห์ยาแอสไพรินเช่นนั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

_____

_____

_____

ข้อที่ 5

5.1) สมมติว่านักเรียนต้องการสังเคราะห์ยาแอสไพรินด้วยตนเองในเวลาอันจำกัด นอกเหนือจากสารตั้งต้นที่ต้องใช้ คือกรดซาลิซิลิก ($C_7H_6O_3$) กับ แอซิติกแอนไฮไดรด์ ($C_4H_6O_3$) ซึ่งมีน้ำหนักสารตั้งต้นรวมกันจำนวน 50 กรัม นักเรียนคิดว่าควรเติมสารละลายชนิดใดลงไปอีก

_____

_____

_____

5.2) สารละลายที่นักเรียนเลือกเติม มีผลต่อชนิดนั้น

_____

_____

ข้อที่ 6

6.1) สมมติว่านักเรียนต้องการทำการทดลองอีกครั้งเพื่อยืนยันการผลของนักเคมีท่านนี้ นักเรียนควรตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

_____

_____

_____

_____

_____

_____

6.2) เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตั้งสมมติฐานเช่นนั้น

_____

_____

_____

ข้อที่ 7

7.1) จากสมมติฐานในข้อที่ 6 นักเรียนควรวางแผนการออกแบบการทดลองว่าอย่างไร ให้นักเรียนตอบเป็นข้อ ๆ แต่ละข้ออธิบายพอสังเขป

_____

_____

_____

7.2) เพราะเหตุใดนักเคมีท่านนี้จึงต้องวางแผนการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานเช่นนั้น

_____

_____

_____

ตัวอย่าง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีเรื่อง กฎของแก๊ส
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มี 2 ตอน จำนวน 30 ข้อ
    1.1 ตอนที่ 1 แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ (20 คะแนน)
    1.2 ตอนที่ 2 แบบทดสอบแสดงวิธีทำ จำนวน 10 ข้อ (30 คะแนน)
2. นักเรียนมีเวลาในการทำแบบทดสอบฉบับนี้ 60 นาที
3. อนุญาตให้นักเรียนใช้เครื่องคำนวณในการทำแบบวัด และสามารถทดเลขลงในแบบวัดได้
4. ให้นักเรียนเขียนชื่อ – นามสกุล ชั้น เลขที่ เลขประจำตัวลงใน**แบบวัด**และ**กระดาษคำตอบ**ให้เรียบร้อย ด้วยปากกาดำ หรือ น้ำเงิน
5. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีฉบับนี้**ไม่มีผลต่อคะแนนสอบของนักเรียนในวิชาใด**

กำหนดค่าคงที่

การเปลี่ยนหน่วยของอุณหภูมิ ให้ใช้ตามความสัมพันธ์นี้ $K = 273 + {}^{\circ}C$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 แบบสอบประเภทเลือกตอบแบบ จำนวน 20 ข้อ

ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย ✕ ลงในกระดาษคำตอบ

1. สมการใดแสดงความสัมพันธ์สมบัติของแก๊สตามกฎของบอยล์

ก. $\boldsymbol{V \propto \frac{1}{P}}$ ข. $V \propto T$

ค. $V \propto n$ ง. $V \propto P$

2. ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ความดัน 2.25 atm อุณหภูมิ 487 K มีค่า 1.40 L เมื่อความดันเปลี่ยนเป็น 4.5 atm ที่อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะเปลี่ยนไปอย่างไร

ก. ปริมาตรมากกว่า 1.40 L เพราะความดันลดลง

ข. ปริมาตรมากกว่า 1.40 L เพราะความดันเพิ่มขึ้น

ค. ปริมาตรน้อยกว่ากว่า 1.40 L เพราะความดันลดลง

ง. ปริมาตรน้อยกว่ากว่า 1.40 L เพราะความดันเพิ่มขึ้น

3. พนักงานร้านอาหารแห่งหนึ่งต้องการถ่ายโอนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สำหรับทำน้ำอัดลมจากถังขนาด 1.00 L มาตรวัดความดันภายในถังแสดงค่าได้ 760 torr มายังถังแก๊สใบใหม่ที่มีปริมาตร 0.8 L อยากทราบว่ามาตรวัดความดันภายในถังใบใหม่จะแสดงค่าเท่าไหร่ ที่อุณหภูมิคงที่

ก. 0.5 atm ข. 1 atm

ค. 1.25 atm ง. 1.5 atm

4. ลูกโป่งใบหนึ่งที่ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท มีปริมาตรเป็น $\frac{3}{5}$ ของปริมาตรสูงสุดที่ลูกโป่งใบนี้จะขยายตัวได้อยากทราบว่าลูกโป่งใบนี้จะแตกเมื่อลอยขึ้นไปที่ความสูงเท่าใด (กำหนดให้ อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และ ความดันบรรยากาศลดลง 10 มิลลิเมตรปรอท ทุกความสูงที่เพิ่มขึ้น 100 เมตร)

ก. ประมาณ 2 km ข. ประมาณ 3 km

ค. ประมาณ 4 km ง. ประมาณ 5 km

5. สมการใดแสดงความสัมพันธ์สมบัติของแก๊สตามตามกฎของชาร์ล

ก. $V \propto P$ ข. $V \propto T$

ค. $T \propto n$ ง. $P \propto T$

กระดาษคำตอบตอนที่ 1

ชื่อ_____นามสกุล_____

ชั้น_____เลขที่_____เลขประจำตัว_____

ข้อ	ตัวเลือก				ข้อ	ตัวเลือก			
	ก	ข	ค	ง		ก	ข	ค	ง
1					11				
2					12				
3					13				
4					14				
5					15				
6					16				
7					17				
8					18				
9					19				
10					20				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

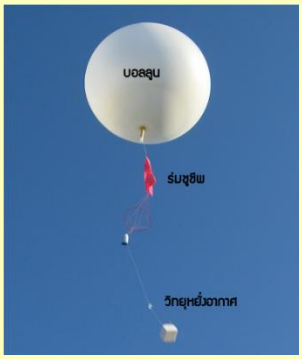
ตอนที่ 2 แบบสอบประเภทแสดงวิธีทำ จำนวน 10 ข้อ

ให้นักเรียนเขียนแสดงคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้

ขอให้นักเรียนใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 1 – 2

นักอุตุนิยมวิทยาใช้บอลลูนในการตรวจสภาพอากาศ โดยทำการบรรจุแก๊สฮีเลียมมหรือแก๊สไฮโดรเจนลงในบอลลูนจนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เมตร แล้วติดอุปกรณ์วิทยุหยั่งอากาศพร้อมกับร่มชูชีพ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลอากาศ

เมื่อปล่อยบอลลูนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศพบว่าความดันบรรยากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนคือ ความดันบรรยากาศจะลดลง 10 มิลลิเมตรปรอททุกความสูงที่เพิ่มขึ้น 100 เมตร โดยถือว่าในระยะความสูง 500 เมตรนับจากจากพื้นดิน อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก



1. ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1.1) การเปลี่ยนแปลงขนาดของบอลลูนที่ระดับความสูงจากพื้นดินไปจนถึงที่ระดับความสูง 500 เมตร เป็นไปตามกฎใดของแก๊ส

_____

_____

_____

_____

_____

_____

1.2) ให้นักเรียนวาดรูปเปรียบเทียบขนาดของบอลลูนระหว่างที่ช่วงระดับความสูงจากพื้นดินกับที่ระดับ 500 เมตร และเพราะเหตุใดบอลลูนจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นนั้น

_____

_____

_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

_____

_____

_____

2. นักอุตุนิยมวิทยาวัดปริมาตรบอลลูนที่ระดับพื้นดินได้ 900 ลิตร ขณะที่ความดันบรรยากาศมีค่า 760 มิลลิเมตรปรอท อยากทราบว่าบอลลูนขณะที่ระดับความสูง 500 เมตร บอลลูนจะมีปริมาตรเท่าใด
ในหน่วยลิตร จงแสดงวิธีทำ

_____

_____

_____

_____

_____

_____

3. ขณะที่นักเรียนกำลังตีปิงปองกับเพื่อนพบว่าลูกปิงปองบุบ นักเรียนจึงนำลูกปิงปองไปใส่ในน้ำเดือด ดังภาพ

3.1) จงวาดรูปภาพลูกปิงปองในช่องว่างว่าควรมีลักษณะเป็นอย่างไร

ภาพที่ 1	ภาพที่ 2	ลูกปิงปองหลังใส่ในน้ำเดือด
ลูกปิงปองก่อนใส่น้ำเดือด	ลูกปิงปองขณะใส่ในน้ำเดือด	เป็นเวลา 5 นาที

3.2) จากรูปลูกปิงปองที่นักเรียนตอบในข้อ 3.1) จงอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และระบุด้วยว่าการเปลี่ยนแปลงนี้เป็นไปตามความสัมพันธ์ของกฎใด

_____

_____

_____

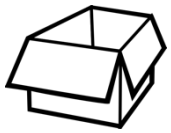
_____

_____

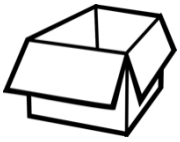
ขอให้นักเรียนใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 4

ข้อมูลกล่องพลาสติกใส

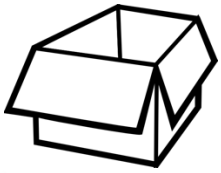
ชนิด A ขนาดบรรจุ 2.5 ลิตร
ราคากล่อง 20 บาท/กล่อง



ชนิด C ขนาดบรรจุ 3.5 ลิตร
ราคากล่อง 20 บาท/กล่อง



ชนิด B ขนาดบรรจุ 3 ลิตร
ราคากล่อง 18 บาท/กล่อง



ชนิด D ขนาดบรรจุ 4 ลิตร
ราคากล่อง 25 บาท/กล่อง

4. เจเจเปิดร้านขายลูกโป่งแฟนซี และมีบริการส่งฟรีถึงบ้าน ในการขนส่งลูกโป่งแฟนซีจะต้องทำการบรรจุลงในกล่องพลาสติกใสและใช้รถจักรยานยนต์ในการขนส่ง เจเจเริ่มต้นสูบลูกโป่งมีขนาด 2.5 ลิตร ที่อุณหภูมิ 20 $^{\circ}$C อยากทราบว่า เจเจควรเลือกกล่องพลาสติกใสชนิดใด เพราะเหตุใด (กำหนดให้ขณะขนส่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 37 $^{\circ}$C)

4.1) การคำนวณในข้อนี้ควรใช้กฎใดของแก๊ส

4.2) แสดงวิธีการคำนวณ

4.3) แสดงเหตุผลในการเลือกชนิดของกล่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563
รหัสวิชา ว 30223 วิชา เคมี (เพิ่มเติม) 3
ผู้สอน นางสาวปรารถนา เสือกลั่น

สาระเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล และกฎของเกย์ - ลูสแซก

2. คำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส

3. คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิจำนวนโมล หรือมวลของแก๊สจากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การค้นพบของบอยล์ในอดีต

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แก๊สและสมบัติของแก๊ส เวลา 2 คาบ (80 นาที)

ว 30223 เคมี(เพิ่มเติม) 3 ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ครูผู้สอน นางสาวปรารถนา เสือกลั่น

---

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของ เกย์ – ลูสแซก

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของแก๊ส (K)
2. คำนวณปริมาตรหรือความดันโดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎของบอยล์ (K)
3. ระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต (P)
4. สร้างสมมติฐานหรือการคาดคะเนคำตอบจากหลักฐาน (P)
5. เขียนแนวทางการคาดคะเนคำตอบโดยใช้การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (P)
6. ความมุ่งมั่นอดทน (A)
7. ใจกว้าง (A)

3. สาระสำคัญ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊ส อธิบายได้ด้วย กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์ -ลูสแซก และกฎของอาโวกาโดร ความสัมพันธ์เหล่านี้นำไปสู่กฎรวมแก๊สและกฎแก๊สอุดมคติ ซึ่งสามารถอธิบายในระดับอนุภาคได้ด้วยทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

4. สาระการเรียนรู้

4.1 ความรู้ (K)

จากการทดลองบอยล์สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของแก๊สในอุดมคติ คำนวณปริมาตรหรือความดันโดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎของบอยล์ ดังนี้ เมื่ออุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊สคงที่**ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน** ตามความสัมพันธ์ $V \propto \frac{1}{P}$

4.2 ทักษะ / กระบวนการ / กระบวนการคิด (P)

1. ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (P)

(1) การระบุสิ่งประเด็นที่สงสัย หมายถึง การนำประเด็นที่สงสัยจากการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วนำมาตั้งคำถามเชิงสาเหตุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น หมายถึง การให้เหตุผลในการคาดคะเนเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการความน่าจะเป็น

(3) การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน หมายถึง การแสดงเหตุผลในการสร้างสมมติฐานซึ่งได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ และการพยากรณ์ผลลัพธ์จากการตั้งสมมติฐาน

4.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์(A)

1. ความมุ่งมั่นอดทน หมายถึง มีความพยายามในการทำงานและการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน มีความกระตือรือร้นในการเรียน

2. ใจกว้าง หมายถึง การคิด พิจารณาทางเลือกอื่น ๆ ที่เป็น ไปได้ในระหว่างทำการสืบเสาะหาความรู้พร้อมทั้งยินดีรับฟังและประเมิน แนวคิดต่าง ๆ ที่ผู้อื่นนำเสนอหรือแนะนำ

5. ชิ้นงานหรือภาระงาน (หลักฐาน ร่องรอยแสดงความรู้)

1. ใบกิจกรรม “การค้นพบของบอยล์”

6. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้ / เครื่องมือวัดผล

อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1) โหลแก้วขนาด 500 ml (1 โหล /กลุ่ม)

2) ลูกโป่งขนาดเล็ก (1 ชิ้น/กลุ่ม)

3) ด้าย (1 หลอด/กลุ่ม)

4) เครื่องสูบลม (1 เครื่อง / กลุ่ม)

สื่อการสอน

1) ใบกิจกรรม “การค้นพบของกฎของบอยล์”

2) สไลด์นำเสนอ PowerPoint

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การนำเสนอ (presentation) (5 นาที)

ขั้นที่ 1 ขณะที่ครูสอนแบบถ่ายทอดสดผ่าน application MS TEAMS ครูถามคำถามแล้วให้นักเรียนตอบผ่านช่องทาง CHAT โดยไม่ต้องแบ่งกลุ่มนักเรียน

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนอย่างสุ่ม จำนวน 10 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน

2. ครูนำเสนอ ภาพหมอนรองคอชนิดเป่าลม โดยใช้สื่อ PowerPoint แล้วถามคำถามดังนี้

2.1 นักเรียนเคยนำหมอนชนิดนี้ไปใช้บนเครื่องบินหรือไม่

ตอบ เคย

2.2 ก่อนขึ้นเครื่องบิน นักเรียนควรเป่าลมในหมอนให้เต็มหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ ไม่ เพราะ เมื่อเครื่องบินเริ่มบินสู่ท้องฟ้าหมอนเป่าลมจะขยายขนาดเพิ่มขึ้น

3. ครูใช้คำถามดังนี้

3.1 นักเรียนสงสัยหรือไม่ ว่าสิ่งใดทำให้หมอนเป่าลมเปลี่ยนขนาดเมื่ออยู่บนเครื่องบิน

ตอบ สงสัย

3.2 นักเรียนควรตั้งคำถามเพื่อหาคำตอบว่าอย่างไร

ตอบ สิ่งใดเป็นสาเหตุที่ทำให้หมอนเป่าลมเปลี่ยนขนาดเมื่ออยู่บนเครื่องบิน

4. ครูให้ เวลา 3 นาที เพื่อให้นักเรียนคิดทบทวนสาเหตุที่ทำให้หมอนเป่าลมขยายขนาดเมื่ออยู่บนเครื่องบิน และอภิปรายกับเพื่อนในกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 2 การล้วงประสบการณ์เดิม (Elicitation) (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอการคาดคะเนสาเหตุในการทำให้

หมอนเป่าลมขยายขนาดเมื่ออยู่บนเครื่องบิน โดยครูรวบรวม

แนวคำตอบของนักเรียนแล้วเขียนแสดงหน้าชั้นเรียน

2. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันในห้อง

โดยครูต้องสังเกตประเด็นคำตอบของนักเรียนและจัดกลุ่มคำตอบ

ของนักเรียน โดยใช้คำถาม ดังนี้

2.1 จากคำตอบที่แต่ละกลุ่มนำเสนอ นักเรียนคิดว่าอะไรบ้างที่เป็นสาเหตุที่มีผลต่อขนาดของหมอนเป่าลมเมื่ออยู่บนเครื่องบิน

ตอบ ความดันบรรยากาศ ความสูง อุณหภูมิบนเครื่องบิน หรือ คำตอบอื่น ๆ

2.2 ถ้านักเรียนคิดว่าอุณหภูมิมีผลต่อขนาดของหมอนเป่าลมแล้ว นักเรียนคิดว่าคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดมี่กี่คำตอบ อะไรบ้าง

ตอบ 5 คำตอบ ดังนี้

1) อุณหภูมิสูงทำให้หมอนเป่าลมมีขนาดใหญ่ขึ้น

2) อุณหภูมิต่ำทำให้หมอนเป่าลมมีขนาดใหญ่ขึ้น

3) อุณหภูมิสูงทำให้หมอนเป่าลมมีขนาดเล็กลง

4) อุณหภูมิต่ำทำให้หมอนเป่าลมมีขนาดเล็กลง

ขั้นที่ 2
ขณะที่ครูสอนแบบถ่ายทอดสดผ่าน application MS TEAMS ครูรวบรวมแนวคำตอบของนักเรียนที่ตอบผ่านช่องทาง CHAT แล้วเขียนแสดงด้วยการ แชร์หน้าจอ เพื่อให้
1) นักเรียนทั้งห้องเรียนเห็นแนวคำตอบทั้งหมด
2) คาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดร่วมกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) อุณหภูมิไม่มีผลต่อขนาดของหมอนเป่าลม

2.3 ถ้านักเรียนคิดว่าความดันบรรยากาศมีผลต่อขนาดของหมอนเป่าลมแล้ว นักเรียนคิดว่าคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดมี่กี่คำตอบ อะไรบ้าง

ตอบ 5 คำตอบ ดังนี้

1) ความดันบรรยากาศสูงทำให้หมอนเป่าลมมีขนาดใหญ่ขึ้น

2) ความดันบรรยากาศต่ำทำให้หมอนเป่าลมมีขนาดใหญ่ขึ้น

3) ความดันบรรยากาศสูงทำให้หมอนเป่าลมมีขนาดเล็กลง

4) ความดันบรรยากาศต่ำทำให้หมอนเป่าลมมีขนาดเล็กลง

5) ความดันบรรยากาศไม่มีผลต่อขนาดของหมอนเป่าลม

ขณะที่ครูสอนแบบถ่ายทอดสดผ่าน application MS TEAMS ครูถามคำถามแล้วให้นักเรียนตอบผ่านช่องทาง CHAT

3. ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบแต่ละคำตอบที่นักเรียนตอบมา แล้วคาดคะเนว่าสาเหตุใดที่เป็นไปได้มากที่สุดที่ทำให้หมอนเป่าลมขยายตัวบนเครื่องบิน เช่น “ระหว่างความแตกต่างของอุณหภูมิ กับความแตกต่างของความดันบรรยากาศที่ระดับพื้นดินกับบนเครื่องบิน นักเรียนคิดว่าสิ่งใดมีความแตกต่างมากกว่ากัน และสิ่งใดมีโอกาสเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงขนาดของหมอนเป่าลมมากกว่ากัน”

4. ครูกล่าวว่า “วันนี้เราจะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันอากาศ ผ่านการค้นพบของบอยล์ ผู้ซึ่งเป็นบิดาแห่งวิชาเคมี”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 3 การศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ (Historical study) (25 นาที)

1. ครูเล่าประวัติการค้นพบของบอยล์โดยเล่าในส่วนของ**กิจกรรมที่ 1 การค้นพบสมบัติของอากาศ** จาก**ใบกิจกรรม การค้นพบกฎของบอยล์** เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเรื่องความดันอากาศและหลอดทอร์ริซีเลียน

2. ครูเล่าประวัติการค้นพบของบอยล์โดยเล่าในส่วนของ**กิจกรรมที่ 2 ความสงสัยของบอยล์** จาก**ใบกิจกรรม การค้นพบกฎของบอยล์** เพื่อให้นักเรียนระบุประเด็นที่บอยล์สงสัยจากการทดลองของ Perier

3. ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันคาดคะเนคำตอบจากประเด็นที่บอยล์สงสัย การตั้งสมมติฐานจากหลักฐาน แล้วให้นักเรียนบันทึกคำตอบที่ได้ลงใน **กิจกรรมที่ 2 ความสงสัยของบอยล์** ดังนี้

3.1 จากการอ่านประวัติการค้นพบของบอยล์ นักเรียนคิดว่าบอยล์กำลังสงสัยสิ่งใด

ตอบ ปรากฏการณ์ในหลอดทอร์ริซิเลียน หรือ การลดระดับของปรอทในหลอดทอร์ริซิเลียนที่ระดับน้ำทะเลกับที่ยอดเขามีความแตกต่างกัน

3.2 นักเรียนคิดว่าที่บริเวณของระดับน้ำทะเลกับบริเวณยอดเขา มีสิ่งใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมาก จนส่งผลให้ระดับของปรอทในหลอดทอร์ริซิเลียนลดลงต่างกัน

ตอบ ความดันอากาศ

3.3 นักเรียนคิดว่าบอยล์จะตั้งคำถามเพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความดันอากาศและปริมาตรว่าอย่างไร

ขั้นที่ 3
ขณะที่ครูสอนแบบถ่ายทอดสดผ่าน application MS TEAMS ครูเล่าประวัติของบอยล์ประกอบ PowerPoint แล้วถามคำถามแล้วให้นักเรียนตอบผ่านช่องทาง CHAT แล้วให้นักเรียนตอบคำถามประกอบกิจกรรมลงในสมุด OneNote วิชาเคมี3 ว 30223 และทบทวนด้วย VDO ตอนที่ 03 ความสงสัยของบอยล์ในอดีต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอบ ความดันอากาศมีผลต่อปริมาตรอย่างไร

3.4 สมมติว่าความดันอากาศมีผลต่อปริมาตรแล้ว นักเรียนคิดว่าบอยล์จะสามารถคาดคะเนคำตอบที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งหมดกี่คำตอบ อะไรบ้าง

ตอบ 5 คำตอบ ดังนี้

1) ความดันอากาศสูงทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น

2) ความดันอากาศต่ำทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น

3) ความดันอากาศสูงทำให้ปริมาตรลดลง

4) ความดันอากาศต่ำทำให้ปริมาตรลดลง

5) ความดันอากาศไม่มีผลต่อปริมาตร

3.5 สมมติว่านักเรียนเป็นบอยล์ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร เพราะเหตุใดจึงนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น

ตอบ ถ้าความดันอากาศมีผลต่อปริมาตรแล้ว **เมื่อความดันอากาศลดลงจะทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น** เพราะ ที่ระดับยอดเขาซึ่งมีความดันอากาศต่ำทำให้ที่ว่างสุญญากาศในหลอดทอร์ลิซิเลียนมีค่ามากกว่าที่ระดับพื้นดิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 4 การทดสอบการหาคำตอบ (Devising Tests) (40 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละคนอ่านจับใจความเอกสารหมายเลข (3) **ในกิจกรรมที่ 3 การค้นพบของบอยล์** เป็นเวลา 5 นาที

2. เมื่อนักเรียนอ่านจบครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า สมมติฐานที่นักเรียนสร้างไว้ในกิจกรรมที่ 2 สอดคล้องหรือขัดแย้งกับการทดลองของบอยล์ที่นักเรียนอ่านจับใจความ (สอดคล้องกัน)

3. ครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและบันทึกคำตอบที่ได้ลงใน **กิจกรรมที่ 3 ความสงสัยของบอยล์** ดังนี้

3.1 นักเรียนคิดว่าบอยล์กำลังศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใด และบอยล์กำหนดให้สิ่งใดเป็นตัวแปรต้น สิ่งใดเป็นตัวแปรตาม

ตอบ ศึกษาความสัมพันธ์ของความดัน กับ ปริมาตร กำหนดให้ปริมาตรเป็นตัวแปรตาม และความดันเป็นตัวแปรต้น

3.2 บอยล์สังเกตผลจากการทดลองในโหลรูประฆังคว่ำกับกระเพาะปัสสาวะแกะได้ว่าอย่างไร

ตอบ เมื่อความดันในโหลรูประฆังลดลงแล้วกระเพาะปัสสาวะของแกะพองตัว และเมื่อความดันในโหลรูประฆังเพิ่มขึ้นแล้วกระเพาะปัสสาวะของแกะหดตัว

4. ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มสมมติว่าตัวเองเป็นบอยล์และกำลังจะทำการทดลองเช่นเดียวกับบอยล์ เพื่อให้นักเรียนตรวจสอบสมมติฐาน โดยให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอน ดังนี้

4.1 กำหนดปัญหาในการทดลอง

4.2 คาดคะเนคำตอบที่อาจจะเกิดขึ้นได้และกำหนดสมมติฐาน

ขั้นที่ 4
หลังจากที่ครูสอนแบบถ่ายทอดสดผ่าน application MS TEAMS ครูให้นักเรียนตอบคำถามประกอบกิจกรรมลงในสมุด OneNote วิชาเคมี3 ว 30223 แล้วทำการศึกษาด้วยตนเอง ด้วยการทดลองจากอุปกรณ์ภายในบ้าน หรืออุปกรณ์ที่หาได้ เพื่อศึกษาระหว่างปริมาตรกับความดันของแก๊ส แล้วส่งคลิปการทดลองผ่านสมุด OneNote วิชาเคมี3 ว 30223 โดยปรับเป็นกิจกรรมรายบุคคล
และทบทวนผ่าน VDO ตอนที่ 04
การค้นพบของบอยล์ในอดีต

4.3 กำหนดตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม

4.4 ออกแบบการทดลอง

4.5 บันทึกผลการทดลอง

4.6 สรุปผลการทดลอง

5. ครูให้นักเรียนทำการทดลองของบอยล์ที่ใช้โหลรูประฆังคว่ำกับกระเพาะปัสสาวะแกะ ตามที่นักเรียนออกแบบการทดลองไว้ โดยครูให้นักเรียนใช้ลูกโป่งแทนกระเพาะปัสสาวะแกะ แล้วให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

6. ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและบันทึกคำตอบที่ได้ลงใน **กิจกรรมที่ 3 ความสงสัยของบอยล์** เพื่อสรุปความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้คำถาม ดังนี้

6.1 ผลการทดลองของนักเรียนสอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลการทดลองของบอยล์หรือไม่ อย่างไร

ตอบ ผลการทดลองสอดคล้องกัน คือ เมื่อความดันในโหลลดลงแล้วลูกโป่งจะพองตัว และเมื่อความดันในโหลเพิ่มขึ้นลูกโป่งจะหดตัว

6.2 หากนักเรียนเป็นบอยล์ นักเรียนจะยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ ยอมรับ เพราะผลการทดลองสอดคล้องกับสมมติฐาน คือ เมื่อความดันอากาศลดลงจากการสูบอากาศออกกระเพาะปัสสาวะของแกะพองตัวออก (เพิ่มปริมาตร)

6.3 ขณะที่ความดันในโหลลดลงแล้วลูกโป่งพองตัว แสดงว่าความดันภายในลูกโป่งเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น

ตอบ ลดลง เพราะ ขนาดลูกโป่งเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.4 ขณะที่ความดันในโหลเพิ่มขึ้นแล้วลูกโป่งแฟบลง แสดงว่าความดันภายในลูกโป่งเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น

ตอบ เพิ่มขึ้น เพราะ ขนาดลูกโป่งลดลง

6.5 จากการทดลองของบอยล์แสดงว่าความดันภายนอก ความดันภายใน และปริมาตรมีความสัมพันธ์กันใช่หรือไม่ ขอให้นักเรียนอธิบาย จะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับปริมาตรว่าอย่างไร

ตอบ สัมพันธ์กัน คือ เมื่อความดันภายนอกมีค่าลดลง จะส่งผลให้ความดันภายในมีค่าลดลงด้วยการเพิ่มปริมาตร

6.6 นักเรียนจะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศ(ความดันภายนอก)กับปริมาตรว่าอย่างไร

ตอบ ปริมาตรจะแปรผกผันกับความดันภายนอก

6.7 ผลจากการทดลองในโหลรูประฆังคว่ำกับกระเพาะปัสสาวะแกะของบอยล์ สามารถอธิบายปรากฏการณ์การลดลงของระดับปรอทในหลอดทอร์ริซิเลียนที่แตกต่างกัน ระหว่างที่ระดับความสูงบนยอดเขากับที่ระดับน้ำทะเล ได้อย่างไร จงอธิบายและวาดภาพเปรียบเทียบ

ตอบ บนยอดเขาความกดอากาศต่ำกว่าที่ระดับน้ำทะเลจึงทำให้ความดันภายในลดลงโดยการขยายปริมาตรจึงทำให้ระดับความสูงของปรอทภายในหลอดทอร์ริซิเลียนมีค่าต่ำกว่าที่ระดับน้ำทะเล

6.8 นักเรียนคิดว่ามีหลักฐานที่ยืนยันข้อสรุปของบอยล์ในเรื่องความดันอากาศหรือไม่อย่างไร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอบ ความดันอากาศเป็นสิ่งที่มองไม่เห็นแต่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ในการทดลองกระเพาะแกะได้ ดังนั้น บอยล์ยังไม่มีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันข้อสรุปของตนเอง

7. ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ประจำวันด้วยกัน โดยนำเสนอตารางด้วยสื่อ PowerPoint เพื่อให้นักเรียนทบทวนและเติมคำตอบเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันดังตาราง

การทดลอง	สรุป
การทดลองในโหลรูประฆังคว่ำกับกระเพาะปัสสาวะแกะ (การทดลองของบอยล์)	**สมมติฐาน:** ถ้าความดันอากาศภายนอกแปรผกผันกับปริมาตรของแก๊สในระบบแล้ว ดังนั้น เมื่อความดันภายนอกลดลงจะส่งผลให้ปริมาตรกระเพาะปัสสาวะแกะใหญ่ขึ้น
	ผลการสังเกต: เมื่อสูบอากาศออกจากโหลรูประฆังแล้วกระเพาะปัสสาวะของแกะจะพองตัวออกเป็นการเพิ่มปริมาตร
	ผลการตรวจสอบสมมติฐาน: ยอมรับสมมติฐาน
	สรุปผลการทดสอบ: ปริมาตรของแก๊สภายในระบบแปรผกผันกับความดันอากาศภายนอก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
Chulalongkorn University

8. การวัดผล การประเมินผล และเกณฑ์การประเมิน

1. ประเมินความรู้เรื่อง กฎของบอยล์ ด้วยแบบบันทึกกิจกรรม “การค้นพบของบอยล์”

2. ประเมินความรู้เรื่อง กฎของบอยล์ ด้วยแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมและการตอบคำถามในชั้นเรียน

3. ประเมินทักษะกระบวนการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

4. ประเมินจิตวิทยาศาสตร์(คุณลักษณะอันพึงประสงค์)จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน

9. บันทึกหลังสอน

9.1 ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

9.2 ปัญหา/อุปสรรคในการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

9.3 ข้อเสนอแนะ ในการปรับแผน/อื่น ๆ

.....

.....

.....

10. ข้อเสนอแนะของหัวหน้าฝ่าย/หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

.....

.....

.....

ลงชื่อ_____

~~หัวหน้าฝ่าย~~/หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 หลักฐานยืนยันข้อสรุปของบอยล์

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แก๊สและสมบัติของแก๊ส เวลา 2 คาบ (80 นาที)

ว 30223 เคมี(เพิ่มเติม) 3 ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ครูผู้สอน นางสาวปรารถนา เสือกลั่น

---

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของ เกย์ – ลูสแซก

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของแก๊ส (K)
2. คำนวณปริมาตรหรือความดันโดย ใช้ความสัมพันธ์ตามกฎของบอยล์ (K)
3. ระบุสิ่งที่สงสัยจากการสังเกต (P)
4. เขียนแนวทางการคาดคะเนคำตอบโดยใช้การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น (P)
5. สร้างสมมติฐานหรือการคาดคะเนคำตอบจากหลักฐาน(P)
6. ความมุ่งมั่นอดทน (A)
7. ใจกว้าง (A)

3. สาระสำคัญ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊ส อธิบายได้ด้วย กฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์ -ลูสแซก และกฎของอาโวกาโดร ความสัมพันธ์เหล่านี้นำไปสู่กฎรวมแก๊สและกฎแก๊สอุดมคติ ซึ่งสามารถอธิบายในระดับอนุภาคได้ด้วยทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

4. สาระการเรียนรู้

4.1 ความรู้ (K)

จากการทดลองบอยล์สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของแก๊สในอุดมคติ คำนวณปริมาตรหรือความดันโดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎของบอยล์ ดังนี้ เมื่ออุณหภูมิและจำนวนโมลของแก๊สคงที่**ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน** ตามความสัมพันธ์ $V \propto \frac{1}{P}$

4.2 ทักษะ / กระบวนการ / กระบวนการคิด (P)

1. ความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (P)

(1) การระบุสิ่งประเด็นที่สงสัย หมายถึง การนำประเด็นที่สงสัยจากการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วนำมาตั้งคำถามเชิงสาเหตุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2) การให้เหตุผลเชิงความน่าจะเป็น หมายถึง การให้เหตุผลในการคาดคะเนเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการความน่าจะเป็น

(3) การให้เหตุผลแบบนิรนัยเชิงสมมติฐาน หมายถึง การแสดงเหตุผลในการสร้างสมมติฐานซึ่งได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ และการพยากรณ์ผลลัพธ์จากการตั้งสมมติฐาน

4.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์(A)

1. ความมุ่งมั่นอดทน หมายถึง มีความพยายามในการทำงานและการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน มีความกระตือรือร้นในการเรียน

2. ใจกว้าง หมายถึง การคิด พิจารณาทางเลือกอื่น ๆ ที่เป็น ไปได้ในระหว่างทำการสืบเสาะหาความรู้พร้อมทั้งยินดีรับฟังและประเมิน แนวคิดต่าง ๆ ที่ผู้อื่นนำเสนอหรือแนะนำ

5. ชิ้นงานหรือภาระงาน (หลักฐานร่องรอยแสดงความรู้)

1. ใบกิจกรรม “การค้นพบของบอยล์”

6. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้ / เครื่องมือวัดผล

อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1) กระบอกฉีดยาขนาด 100 ml (2 หลอด /กลุ่ม)

2) หลอดรูปตัวเจ (1 หลอด /กลุ่ม)

3) ไม้บรรทัด (1 อัน /กลุ่ม)

สารเคมี

1) น้ำมันพืช

สื่อการสอน

1) ใบกิจกรรม “การค้นพบของกฎของบอยล์”

2) สไลด์นำเสนอ PowerPoint

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 5 มุมมองเชิงวิทยาศาสตร์ (The Scientific View) (50 นาที)

1. ครูทบทวนความรู้นักเรียนจากคาบเรียนที่ผ่านมาในประเด็น ดังนี้

1.1 บอยล์สงสัยสิ่งใด

1.2 บอยล์ทำการทดลองอย่างไร

1.3 บอยล์ได้ข้อสรุปอะไร และสิ่งที่บอยล์ยังไม่สามารถหาหลักฐานยืนยันข้อสรุปของตนเองได้คืออะไร

2. ครูตั้งคำถามว่า หากนักเรียนเป็นบอยล์จะมีวิธีการอย่างไรในการแสดงให้เห็นว่าข้อสรุปที่ว่า "ปริมาตรของแก๊สภายในระบบแปรผกผันกับความดันอากาศภายนอก" ถูกต้อง ให้เห็นเป็นเชิงประจักษ์

ตอบ ทำการทดลองที่สามารถยืนยันข้อสรุปของบอยล์ได้

3. ครูให้นักเรียนอ่านทำความเข้าใจ **กิจกรรมที่ 4 การทดลองเพื่อยืนยันข้อสรุปของบอยล์** การทดลองในหลอดรูปตัวเจ แล้วทำการทดลอง ดังนี้

1.1 กำหนดสมมติฐานการทดลองของบอยล์

1.2 ให้นักเรียนกักอากาศไว้ในหลอดรูปตัวเจปริมาณหนึ่ง แล้วใช้กระบอกฉีดยาเติมน้ำมันด้วยลงไปในหลอดรูปตัวเจปริมาตร 50 ml ปรับระดับน้ำมันให้เท่ากัน วัดระดับความสูงของที่ว่างด้านปลายปิด บันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม

1.3 ใช้กระบอกฉีดยาเติมน้ำมันเพิ่มลงไปในหลอดรูปตัวเจปริมาตร 25 ml แล้ววัดระดับความสูงของที่ว่างด้านปลายปิด ทำซ้ำ 2 ครั้ง บันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 5
ครูให้นักเรียนศึกษากิจกรรมกฎของบอยล์จากสมุด OneNote วิชาเคมี 3 ว 30223 ด้วยตนเองผ่าน animation แทนการทดลองจริง โดยปรับเป็นกิจกรรมรายบุคคล หลังจากนั้นทำการอภิปรายร่วมกันผ่านการเรียนแบบถ่ายทอดสด และทบทวนผ่าน VDO ตอนที่ 05 การทดลองยืนยันข้อสรุปของบอยล์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทดลองและบันทึกคำตอบที่ได้ลงใน **กิจกรรมที่ 4 การทดลองเพื่อยืนยันข้อสรุปของบอ**ยล์ ดังนี้

2.1 หลังจากที่นักเรียนเติมน้ำมันครั้งแรกปริมาตร 50 ml แล้ว นักเรียนวัดระดับความสูงของที่ว่างด้านปลายปิดของหลอดรูปตัวเจได้ค่าเท่าใด

ตอบ A cm

2.2 เมื่อนักเรียนเติมน้ำมันครั้งที่ 1 ลงไป 25 ml ระดับความสูงเปลี่ยนแปลงอย่างไร และมีค่าเท่าใด

ตอบ A - b cm

2.3 เมื่อนักเรียนเติมน้ำมันครั้งที่ 2 ลงไป 25 ml ระดับความสูงเปลี่ยนแปลงอย่างไร และมีค่าเท่าใด

ตอบ A – 2b cm

2.4 สมมติว่านักเรียนเติมน้ำมันครั้งที่ 3 ลงไป 25 ml เท่าเดิม นักเรียนคิดว่าระดับความสูงจะเปลี่ยนไปเท่าใด เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น

ตอบ A – 3b cm เพราะการเติมน้ำมันลงไปเปรียบเทียบได้กับการเพิ่มความดัน การที่ความดันเพิ่มขึ้นครั้งละเท่า ๆ กัน ส่งผลให้ปริมาตรลดลงครั้งละเท่า ๆ กันด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5 การทดลองหลอดรูปตัวเจสามารถยืนยันข้อสรุปของบอยล์ที่กล่าวว่า “เมื่อความดันภายนอกมีค่าลดลง ปริมาตรของแก๊สภายในระบบเพิ่มขึ้น” ได้หรือไม่ และการทดลองหลอดรูปตัวเจสามารถยืนยันข้อสรุปของบอยล์ได้อย่างไร

ตอบ สามารถยืนยันได้ คือ เมื่อความดันอากาศภายนอกเพิ่ม (ด้วยการเติมน้ำมัน) พบว่าปริมาตรที่ว่างในหลอดรูปตัวเจด้านปลายปิดมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าความดันภายนอกผกผันกับปริมาตรของแก๊สภายในระบบ

2.6 นักเรียนจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานในการทดลองครั้งนี้ เพราะเหตุใด

ตอบ ยอมรับ เพราะ ผลการทดลองสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

2.7 นักเรียนจะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรได้ว่าอย่างไร โดยการใช้สมการทางคณิตศาสตร์

ตอบ $V \propto \frac{1}{P}$

สำหรับกิจกรรมที่ 5 ครูอภิปรายผ่านการถ่ายทอดสดผ่าน application MS TEAMS เพื่อคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความกับปริมาตร

3. ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้**กิจกรรมที่ 5 การคำนวณตามกฎของบอยล์** เพื่อคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของแก๊สในอุดมคติตามกฎของบอยล์ แล้วทำแบบฝึกหัด

ขั้นที่ 6 การทบทวนและประเมินผล (Review and Evaluation) (30 นาที)

ขั้นที่ 6 ครูอภิปรายผ่านการถ่ายทอดสดผ่าน application MS TEAMS ด้วยการแชร์หน้าจอร่วมกับนักเรียน

1. ครูนำเสนอตารางและใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนทบทวนหลักฐานที่ได้รับจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรจากกฎของบอยล์ แล้วอภิปรายร่วมกัน ดังนี้

1.1 ครูนำเสนอตารางด้วยสื่อ PowerPoint เพื่อให้นักเรียนทบทวนและเติมคำตอบเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดัน ดังตาราง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดลอง	สรุป
การทดลองหลอดรูปตัวเจ	**สมมติฐาน:** ถ้าความดันอากาศภายนอกแปรผกผันกับปริมาตรของแก๊สในระบบแล้ว ดังนั้น เมื่อความดันภายนอกเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาตรแก๊สในหลอดรูปตัวเจลดลง
	ผลการสังเกต: เมื่อเพิ่มความดันด้วยการเติมน้ำมันพบว่าปริมาตรที่ว่างในหลอดรูปตัวเจด้านปลายปิดมีค่าลดลง
	ผลการตรวจสอบสมมติฐาน: ยอมรับสมมติฐาน
	สรุปผลการทดสอบ: ปริมาตรแปรผกผันกับความดัน

1.2 นักเรียนจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานเมื่อใด

ตอบ จะยอมรับสมมติฐานเมื่อผลการทดลองหรือผลการตรวจสอบสมมติฐานสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ และจะปฏิเสธสมมติฐานเมื่อผลการทดลองหรือผลการตรวจสอบสมมติฐานไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. ครูให้นักเรียนช่วยกันอภิปราย “อาการหูอื้อ” เมื่อเราขึ้นที่สูงหรือขึ้นเครื่องบิน โดยใช้กฎของบอยล์ เพื่อเป็นการประเมินความเข้าใจกฎของบอยล์ในชีวิตประจำวัน

ตอบ เมื่อความดันอากาศลดลง ความดันอากาศภายในหู (ท่อยูสเตเชียน) จึงพยายามลดลงให้เท่ากับความดันภายนอก จึงทำให้แก้วหูโป่งออก เราจึงรู้สึกเจ็บ หรือความสามารถในการในการได้ยินลดลง และเป็นที่มาของหูอื้อ

8. การวัดผล การประเมินผล และเกณฑ์การประเมิน

1. ประเมินความรู้เรื่อง กฎของบอยล์ ด้วยแบบบันทึกกิจกรรม “การค้นพบของบอยล์”

2. ประเมินความรู้เรื่อง กฎของบอยล์ ด้วยแบบฝึกหัดท้ายกิจกรรมและการตอบคำถามในชั้นเรียน

3. ประเมินทักษะกระบวนการการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

4. ประเมินจิตวิทยาศาสตร์(คุณลักษณะอันพึงประสงค์)จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน

9. บันทึกหลังสอน

9.1 ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

9.2 ปัญหา/อุปสรรคในการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

9.3 ข้อเสนอแนะ ในการปรับแผน/อื่น ๆ

.....

.....

.....

10. ข้อเสนอแนะของหัวหน้าฝ่าย/หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

.....

.....

.....

ลงชื่อ_____

~~หัวหน้าฝ่าย~~/หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างใบกิจกรรมของนักเรียน

กิจกรรม การค้นพบกฎของบอยล์
The discovery of Boyle's Law

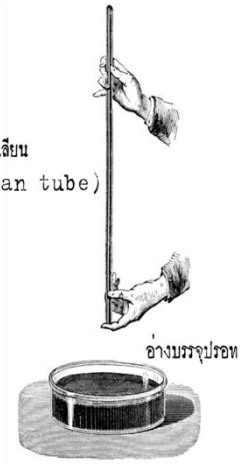
กิจกรรมที่ 1 สมบัติของอากาศ

คำชี้แจง ให้นักเรียนฟังเรื่องที่ครูเล่าจากเอกสารหมายเลข (1) ในห้องเรียน แล้วอภิปรายร่วมกันในห้องเรียน

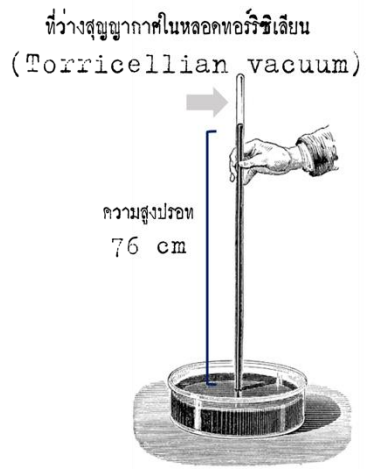
เอกสารหมายเลข (1) สมบัติของอากาศ

ในสมัยโบราณการศึกษาสมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของอากาศนั้นทำโดยการสังเกตเพียงผิวเผินและยอมรับว่าอากาศมีส่วนช่วยในการเกิดไฟและเปลวไฟเท่านั้น

จนกระทั่งมาถึงช่วงกลางของศตวรรษที่ 17 จึงได้มีผู้ริเริ่มศึกษาสมบัติของอากาศ ในปีค.ศ. 1643 นักคณิตศาสตร์ชาวอิตาเลียน ชื่อว่า Evangelista Torricelli หรือทอร์ริซิลีแสดงให้เห็นว่า**อากาศมีแรงดัน**



ทอร์ริซิลีจึงนำหลอดแก้วที่มีความยาวประมาณ 36 นิ้วและมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 1 นิ้ว ที่ปลายด้านหนึ่งปิด เมื่อบรรจุปรอทจนเต็มแล้วคว่ำหลอดแก้วที่บรรจุปรอทลงในจานที่มีปรอทเช่นกัน



ทอร์ริซิลีพบว่า ความสูงของปรอทในหลอดแก้วจะลดลงเหลือเพียงความสูง 30 นิ้วหรือประมาณ 76 cm เหนือระดับปรอทในจาน ทอร์ริซิลีจึงเรียกพื้นที่ว่างในหลอดว่า Torricellian vacuum ซึ่งเป็นที่มาของหน่วยความดันอากาศ torr เพื่อเป็นเกียรติแก่ Evangelista Torricelli

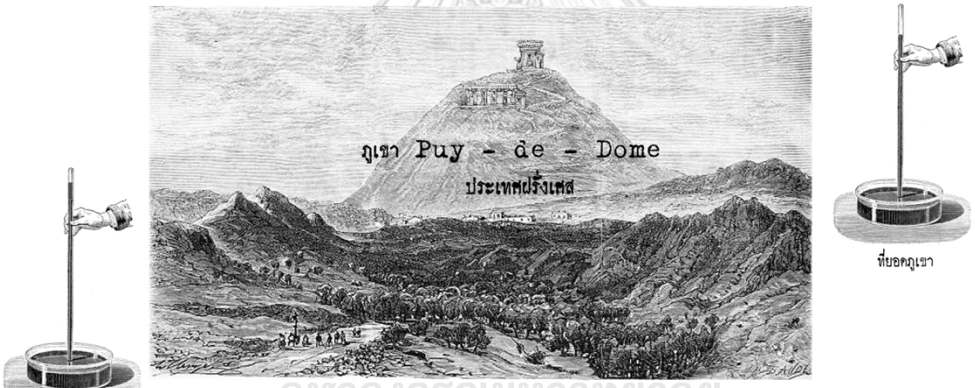
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กิจกรรมที่ 2 ความสงสัยของบอยล์

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านเอกสารหมายเลข (2) ทำกิจกรรมในห้องเรียน แล้วตอบคำถาม

เอกสารหมายเลข (2) ความสงสัยของบอยล์

ในปี 1648 Perier ลูกเขยของ Blaise Pascal ได้ทำการทดลองต่อจากทอร์ริชิลี โดยศึกษาระดับปรอทด้วยการนำหลอดทอร์ริเชลียนที่ยอดภูเขา Puy de Dome ในประเทศฝรั่งเศสและพบว่า การลดลงของปรอทในหลอดทอร์ริเชลียนที่ยอดภูเขา Puy de Dome มีค่ามากกว่าการลดลงของปรอทในหลอดทอร์ริเชลียนที่ระดับน้ำทะเล ดังภาพ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในช่วงเวลาปี 1650 โรเบิร์ต บอยล์ (Robert Boyle) ได้ยินเรื่องราวการทดลองของ Perier จึงเกิดความสนใจและสงสัยว่า ***เพราะเหตุใดระดับปรอทในหลอดทอร์ริเชลียนที่ระดับน้ำทะเลและที่ยอดภูเขาจึงลดลงไม่เท่ากัน*** และทำไมความสูงที่แตกต่างกันจึงมีผลทำให้ปริมาตรในส่วนของ Torricellian vacuum มีขนาดต่างกันด้วย

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้หลังจากการอภิปรายในชั้นเรียน

1. จากการอ่านประวัติการค้นพบของบอยล์ นักเรียนคิดว่าบอยล์กำลังสงสัยสิ่งใด

ตอบ ปรากฏการณ์ในหลอดทอร์ริซิเลียน หรือ การลดระดับของปรอทในหลอดทอร์ริซิเลียนที่ระดับน้ำทะเลกับที่ยอดเขามีความแตกต่างกัน

2. นักเรียนคิดว่าที่บริเวณของระดับน้ำทะเลกับบริเวณยอดเขา มีสิ่งใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมาก จนส่งผลให้ระดับของปรอทในหลอดทอร์ริซิเลียนลดลงต่างกัน

ตอบ ความดันอากาศ

3. นักเรียนคิดว่าบอยล์จะตั้งคำถามเพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความดันอากาศและปริมาตรว่าอย่างไร

ตอบ ความดันอากาศมีผลต่อปริมาตรอย่างไร

4. สมมติว่าความดันอากาศมีผลต่อปริมาตรแล้ว นักเรียนคิดว่าบอยล์จะสามารถคาดคะเนคำตอบที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งหมดกี่คำตอบ อะไรบ้าง

ตอบ 5 คำตอบ ดังนี้

1) ความดันอากาศสูงทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น

2) ความดันอากาศต่ำทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น

3) ความดันอากาศสูงทำให้ปริมาตรลดลง

4) ความดันอากาศต่ำทำให้ปริมาตรลดลง

5) ความดันอากาศไม่มีผลต่อปริมาตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. สมมติว่านักเรียนเป็นบอยล์ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร เพราะเหตุใดจึงนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น

ตอบ ถ้าความดันอากาศมีผลต่อปริมาตรแล้ว ***เมื่อความดันอากาศลดลงจะทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น*** *เพราะ ที่ระดับยอดเขาซึ่งมีความดันอากาศต่ำทำให้ที่ว่างสุญญากาศในหลอดทอร์ลิซิเลียนมีค่ามากกว่าที่ระดับพื้นดิน*

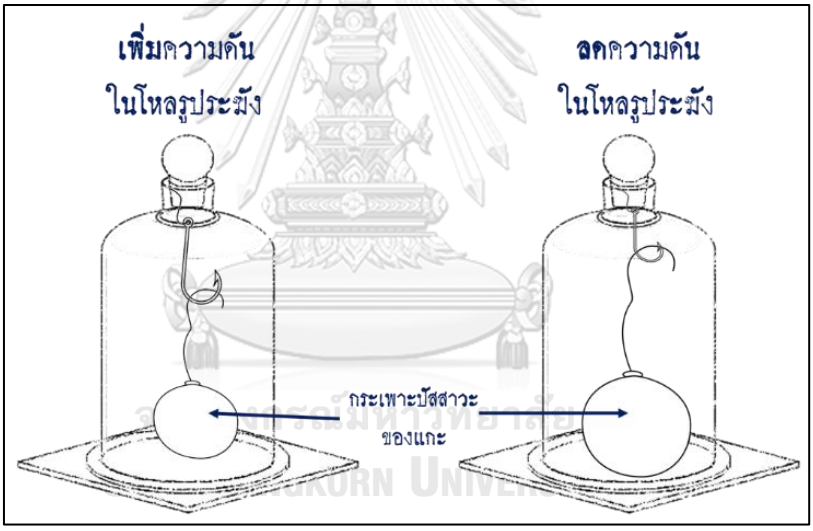
กิจกรรมที่ 3 การค้นพบของบอยล์

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านเอกสารหมายเลข (3) ทำกิจกรรมในห้องเรียน แล้วตอบคำถาม

เอกสารหมายเลข (3) การค้นพบของบอยล์

โรเบิร์ต บอยล์ และโรเบิร์ต ฮุค (Robert Hooke) ผู้ช่วยของบอยล์จึงได้สร้างเครื่องมือที่เรียกว่า pneumatical engine โดยมีต้นแบบมาจากเครื่องสูบอากาศของ ออตโต วอน เกริเก (Otto von Guericke)

โรเบิร์ต บอยล์ และโรเบิร์ต ฮุค (Robert Hooke) ผู้ช่วยของบอยล์จึงได้สาธิตการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่าความดันกับปริมาตรมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้ บอยล์นำกระเพาะปัสสาวะของแกะที่มีอากาศอยู่ในกระเพาะปัสสาวะของแกะอยู่เล็กน้อย นำกระเพาะปัสสาวะของแกะนี้บรรจุในขวดโหลรูประฆังเมื่อบอยล์ทำการสูบอากาศออกจากขวดโหลรูประฆัง พบว่ากระเพาะปัสสาวะของแกะบางส่วนที่เคยยุบตัวตัวลงกลับพองตัวออกเมื่อสูบอากาศออกไป ซึ่งบอยล์ได้ขยายความอีกว่าถ้าหากใช้กระเพาะปัสสาวะของแกะที่ไม่มีอากาศบรรจุอยู่ภายในเมื่อสูบอากาศออกจะทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ



ภาพจำลองการสาธิตการทดลองของบอยล์

ช่วงระยะเวลาในปี 1655-1660 ที่บอยล์ทำการทดลองทำให้บอยล์สามารถพิสูจน์ได้ว่า อากาศ หรือแก๊สมีน้ำหนัก และได้ตีพิมพ์ผลงานทางวิทยาศาสตร์ครั้งแรกในชื่อว่า “New Experiment Physico-Machanicall, Touching the Spring of the Air, and its Effect,…”

จากการตีพิมพ์มีใจความว่า **“ความดันอากาศภายนอกมีผลกับระดับความสูงของปรอทภายในหลอดทอร์ริซิเลียนและปริมาตรของ Torricellian vacuum ซึ่งบอยล์ได้ขยายความเพิ่มเติมว่าอากาศมีลักษณะของการยืดหยุ่นคล้ายสปริง เปรียบเทียบได้กับขนแกะหรือขนสัตว์ที่สามารถยืดและขยายได้ตามแรงดัน”**

บอยล์จึงสรุปว่า อากาศมีผลทำให้ระดับความสูงของปรอทในหลอดทอร์ริซิเลียน ลดลงเพราะว่า ขณะที่ความดันอากาศภายนอกหลอดทอร์ริซิเลียนถูกทำให้ลดลง ระดับความสูงของปรอทในหลอดทอร์ริซิเลียนก็จะลดลง ทำให้ปริมาตรของ Torricellian vacuum เพิ่มมากขึ้น และส่งผลให้ความดันภายในปริมาตรของ Torricellian vacuum ลดลง

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้หลังจากการอภิปรายในชั้นเรียน แล้วตรวจสอบสมมติฐานตามการทดลองของบอยล์

1. นักเรียนคิดว่าบอยล์กำลังศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใด และบอยล์กำหนดให้สิ่งใดเป็นตัวแปรต้น สิ่งใดเป็นตัวแปรตาม

ตอบ ศึกษาความสัมพันธ์ของความดัน กับ ปริมาตร กำหนดให้ปริมาตรเป็นตัวแปรตาม และความดันเป็นตัวแปรต้น

2. ครูสมมติให้นักเรียนทุกคนเป็นบอยล์และต้องการตรวจสอบสมมติฐานจากประเด็นที่สงสัย โดยให้นักเรียนทำการทดลองตามที่บอยล์สาธิต ดังนี้

2.1 กำหนดปัญหาในการทดลอง

2.2 คาดคะเนคำตอบที่อาจจะเกิดขึ้นได้และกำหนดสมมติฐาน

2.3 กำหนดตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม

2.4 ออกแบบการทดลอง

2.5 บันทึกผลการทดลอง

2.6 สรุปผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้หลังจากการทดลองในห้องเรียน

1) ผลการทดลองของนักเรียน สอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลการทดลองของบอยล์ หรือไม่ อย่างไร

ตอบ ผลการทดลองสอดคล้องกัน คือ เมื่อความดันในโหลลดลงแล้วลูกโป่งจะพองตัว และเมื่อความดันในโหลเพิ่มขึ้นลูกโป่งจะหดตัว

2) หากนักเรียนเป็นบอยล์ นักเรียนจะยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ ยอมรับ เพราะผลการทดลองสอดคล้องกับสมมติฐาน คือ เมื่อความดันอากาศลดลงจากการสูบอากาศออกกระเพาะปัสสาวะของแกะพองตัวออก (เพิ่มปริมาตร)

3) ขณะที่ความดันในโหลลดลงแล้วลูกโป่งพองตัว แสดงว่าความดันภายในลูกโป่งเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น

ตอบ ลดลง เพราะ ขนาดลูกโป่งเพิ่มขึ้น

4) ขณะที่ความดันในโหลเพิ่มขึ้นแล้วลูกโป่งแฟบลง แสดงว่าความดันภายในลูกโป่งเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น

ตอบ เพิ่มขึ้น เพราะ ขนาดลูกโป่งลดลง

5) จากการทดลองของบอยล์แสดงว่าความดันภายนอก ความดันภายใน และปริมาตรมีความสัมพันธ์กันใช่หรือไม่ ขอให้นักเรียนอธิบาย จะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับปริมาตรว่าอย่างไร

ตอบ สัมพันธ์กัน คือ เมื่อความดันภายนอกมีค่าลดลง จะส่งผลให้ความดันภายในมีค่าลดลงด้วยการเพิ่มปริมาตร

6) นักเรียนจะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศ(ความดันภายนอก)กับปริมาตรว่าอย่างไร

ตอบ ปริมาตรจะแปรผกผันกับความดันภายนอก

7) ผลจากการทดลองในโหลรูประฆังคว่ำกับกระเพาะปัสสาวะแกะของบอยล์ สามารถอธิบายปรากฏการณ์การลดลงของระดับปรอทในหลอดทอร์ริซิเลียนที่แตกต่างกัน ระหว่างที่ระดับความสูงบนยอดเขากับที่ระดับน้ำทะเล ได้อย่างไร จงอธิบายและวาดภาพเปรียบเทียบ

ตอบ บนยอดเขาความกดอากาศต่ำกว่าที่ระดับน้ำทะเลจึงทำให้ความดันภายในลดลง โดยการขยายปริมาตรจึงทำให้ระดับความสูงของปรอทภายในหลอดทอร์ริซิเลียนมีค่าต่ำกว่าที่ระดับน้ำทะเล

8) นักเรียนคิดว่ามีหลักฐานที่ยืนยันข้อสรุปของบอยล์ในเรื่องความดันอากาศหรือไม่ อย่างไร

ตอบ ความดันอากาศเป็นสิ่งที่มองไม่เห็นแต่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ในการทดลองกระเพาะแกะได้ ดังนั้น บอยล์ยังไม่มีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันข้อสรุปของตนเอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรมที่ 4 การทดลองยืนยันข้อสรุปของบอยล์

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาการทดลองหลอดรูปตัวเจ ตอบคำถามหลังการทดลอง และทำแบบฝึกหัด

อุปกรณ์

1. หลอดรูปตัวเจ
2. กระบอกฉีดยา
3. ไม้บรรทัด

สารเคมี

1. น้ำมันพืช

วิธีทำ

1. ให้นักเรียนกักอากาศไว้ในหลอดรูปตัวเจปริมาณหนึ่ง แล้วใช้กระบอกฉีดยาเติมน้ำมันด้วยลงไปในหลอดรูปตัวเจปริมาตร 50 ml ปรับระดับน้ำมันให้เท่ากัน วัดระดับความสูงของที่ว่างด้านปลายปิด บันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม

2. ใช้กระบอกฉีดยาเติมน้ำมันเพิ่มลงไปในหลอดรูปตัวเจปริมาตร 25 ml แล้ววัดระดับความสูงของที่ว่างด้านปลายปิด ทำซ้ำ 2 ครั้ง บันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม

กำหนดสมมติฐานให้ดังนี้

“เมื่อความดันภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความดันภายในมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยการลดปริมาตร”

บันทึกผลการทดลอง

ตาราง การเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของหลอดรูปตัวเจด้านปลายปิด

ปริมาตรน้ำมัน (ml)	ระดับความสูงของหลอดรูปตัวเจด้านปลายปิด (cm)
50	A cm
75 (50 + 25)	A-b cm
100 (50 + 25 +25)	A-2b cm

ผลการตรวจสอบสมมติฐาน

ตอบ สอดคล้องกับสมมติฐาน

สรุปผลการทดลอง

_____

_____

_____

คำถามหลังการทดลอง

1. สมมติว่านักเรียนเติมน้ำมันครั้งที่ 3 ลงไป 25 ml เท่าเดิม นักเรียนคิดว่าระดับความสูงจะเปลี่ยนไปเท่าใด เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น

ตอบ A – 3b cm เพราะการเติมน้ำมันลงไปเปรียบเทียบได้กับการเพิ่มความดัน การที่ความดันเพิ่มขึ้นครั้งละเท่า ๆ กัน ส่งผลให้ปริมาตรลดลงครั้งละเท่า ๆ กันด้วย

2. จากการทดลองของบอยล์ที่พบว่า “เมื่อความดันภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความดันภายในมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยการลดปริมาตร” สอดคล้องกับการทดลองหลอดรูปตัวเจ หรือไม่ อย่างไร

ตอบ สามารถยืนยันได้ คือ เมื่อความดันอากาศภายนอกเพิ่ม (ด้วยการเติมน้ำมัน) พบว่าปริมาตรที่ว่างในหลอดรูปตัวเจด้านปลายปิดมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าความดันภายนอกผกผันกับปริมาตรของแก๊สภายในระบบ

3. นักเรียนจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานในการทดลองครั้งนี้ เพราะเหตุใด

ตอบ ยอมรับ เพราะ ผลการทดลองสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

4. นักเรียนจะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรได้ว่าอย่างไร โดยการใช้สมการทางคณิตศาสตร์

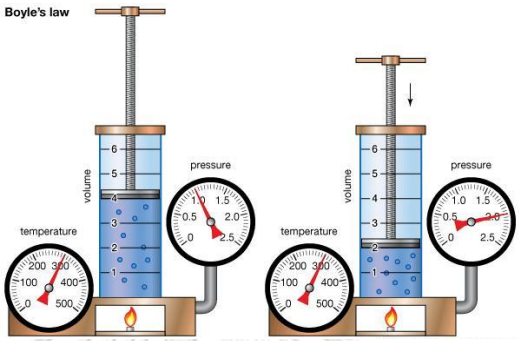
ตอบ $V \propto \frac{1}{P}$

CHULALONGKORN UNIVERSITY

กิจกรรมที่ 5 การคำนวณตามกฎของบอยล์

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำความเข้าใจกฎของบอยล์หลังจากทำกิจกรรม แล้วทำแบบฝึกหัด

Robert Boyle ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของแก๊สตัวอย่าง จนสังเกตเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะลดลงเมื่อความดันเพิ่มขึ้น



จาก $\mathbf{V \propto \frac{1}{P}}$ เมื่ออุณหภูมิและโมลคงที่

$\mathbf{V = k \times \frac{1}{P}}$

สรุปได้ว่า $\mathbf{V = kP}$

เมื่อ k คือ ค่าคงที่โดยการแปรผันเมื่ออุณหภูมิและมวลคงที่

ดังนั้น เราสามารถเขียนความสัมพันธ์เมื่อ ความดันหรือปริมาตรมีการเปลี่ยนสภาวะ แต่อุณหภูมิและโมลคงที่

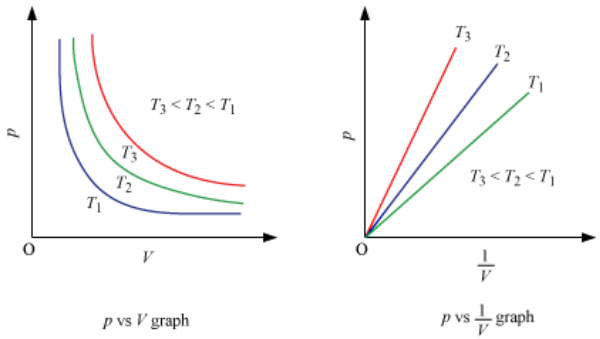
ณ สภาวะที่ 1 $P_1V_1 = k$ ..... (1)

ณ สภาวะที่ 2 $P_2V_2 = k$ ..... (2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

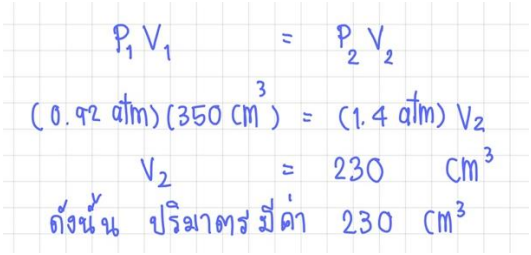
(1) = (2) $\mathbf{P_1V_1 = P_2V_2}$ เมื่ออุณหภูมิและโมลคงที่

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรที่อุณหภูมิต่างกัน

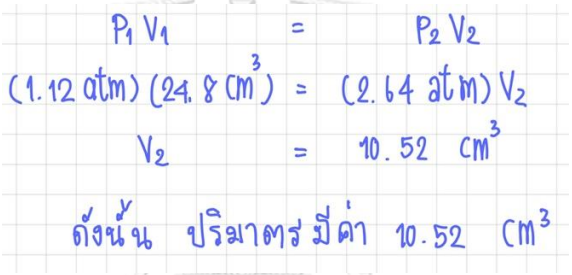


p vs V graph p vs $\frac{1}{V}$ graph

ตัวอย่างที่ 1 แก๊สชนิดหนึ่ง มีปริมาตร 350 cm^3 ภายใต้ความดัน 0.92 atm อุณหภูมิ 21 °C จงหาปริมาตรของแก๊สนี้ที่ 1.4 atm ณ อุณหภูมิเดียวกันนี้



ตัวอย่างที่ 2 ผู้ที่ไม่มีประสบการณ์เกี่ยวกับกฎของ Boyle ทดลองพบว่าอากาศที่ถูกเก็บในหลอดรูปตัว J ปริมาตร 24.8 cm^3 และความดัน 1.12 atm ถ้าเขาเติมปรอทลงในหลอดเพื่อเพิ่มความดันให้กับอากาศที่ถูกเก็บให้มีความดันเป็น 2.64 atm ถ้าสมมติว่าอุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะมีค่าเท่าไร



รายการอ้างอิง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **กฎของแก๊สจริงและแก๊สอุดมคติ**. สืบค้นจาก https://www.scimath.org/lesson-chemistry/item/7199-2017-06-09-12-53-25

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **กฎของบอลย์ในชีวิตจริง**. สืบค้นจาก http://chemistry.ipst.ac.th/2017/11/กฎของบอยล์-ในชีวิตจริง/

Neville, R. G. (1962). The discovery of Boyle's Law, 1661-62. **Journal of Chemical Education**, 39(7), 356

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย นำเสนอคุณภาพของเครื่องมือได้ ดังนี้

1. แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน

1.2 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1.3 ค่าความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ

1.4 ค่าความเป็นปรนัย (objective) ระหว่างผู้ประเมินในการให้คะแนนจากเกณฑ์การประเมินความความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

2.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจแบบวัดแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน

2.2 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

2.3 ค่าความเที่ยงของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ทั้งฉบับ

2.4 ค่าความเป็นปรนัย (objective) ระหว่างผู้ประเมินในการให้คะแนนจากเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี เรื่อง กฎของแก๊ส

3. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

3.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้มีการตรวจสอบคุณภาพและได้ผลการตรวจสอบ ดังนี้

1.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการประเมินแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และความเหมาะสมของเกณฑ์

ตาราง สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ก่อนเรียน)

ข้อ	ค่า IOC	ค่าความเหมาะสมของเกณฑ์	ความหมาย
1	1.00	4.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
2	1.00	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
3	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
4	0.67	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
5	1.00	5.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
6	1.00	4.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
7	1.00	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
8	1.00	4.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
9	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
10	1.00	4.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
11	1.00	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
12	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
13	1.00	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
14	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
15	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
16	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
17	1.00	4.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ	ค่า IOC	ค่าความเหมาะสมของเกณฑ์	ความหมาย
18	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
19	1.00	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
20	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
21	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

ทุกข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (ก่อนเรียน) มีค่าความสอดคล้องระหว่างคำถามกับนิยามอยู่ในช่วง 0.67 – 1.00 แสดงว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามและมีค่าความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนในช่วง 4.00 – 5.00 แสดงว่าเกณฑ์การให้คะแนนมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

ตาราง สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (หลังเรียน)

ข้อ	ค่า IOC	ค่าความเหมาะสมของเกณฑ์	ข้อเสนอแนะ
1	1.00	4.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
2	0.67	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
3	0.67	3.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
4	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
5	1.00	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
6	0.67	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
7	1.00	4.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
8	1.00	5.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
9	0.67	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
10	0.67	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
11	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ	ค่า IOC	ค่าความเหมาะสมของเกณฑ์	ข้อเสนอแนะ
12	1.00	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
13	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
14	1.00	5.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
15	1.00	4.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
16	0.67	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
17	0.67	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
18	0.67	4.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
19	1.00	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
20	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
21	1.00	4.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก

ทุกข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ (หลังเรียน) มีค่าความสอดคล้องระหว่างคำถามกับนิยามอยู่ในช่วง 0.67 – 1.00 แสดงว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามและมีค่าความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนในช่วง 3.67 – 5.00 แสดงว่าเกณฑ์การให้คะแนนมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ตาราง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ ข้อ 1 - 21 (ฉบับก่อนเรียน) ข้อ 22 - 42 (ฉบับหลังเรียน)

ข้อ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ความหมาย
1	0.46	0.42	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
2	0.54	0.47	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
3	0.33	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
4	0.49	0.25	ความยากปานกลาง จำแนกได้พอใช้
5	0.31	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
6	0.61	0.22	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้พอใช้
7	0.53	0.33	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
8	0.79	0.31	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้พอใช้
9	0.36	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
10	0.60	0.25	ความยากปานกลาง จำแนกได้พอใช้
11	0.50	0.22	ความยากปานกลาง จำแนกได้พอใช้
12	0.44	0.39	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
13	0.32	0.25	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
14	0.28	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
15	0.42	0.28	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
16	0.31	0.28	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
17	0.28	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
18	0.57	0.36	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
19	0.39	0.28	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
20	0.29	0.31	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดี
21	0.24	0.31	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดี
22	0.57	0.25	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
23	0.22	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ความหมาย
24	0.43	0.31	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
25	0.35	0.25	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
26	0.50	0.33	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
27	0.21	0.31	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดี
28	0.28	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
29	0.53	0.28	ความยากปานกลาง จำแนกได้พอใช้
30	0.31	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
31	0.44	0.22	ความยากปานกลาง จำแนกได้พอใช้
32	0.26	0.25	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
33	0.39	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
34	0.31	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
35	0.39	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
36	0.79	0.25	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้พอใช้
37	0.25	0.22	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
38	0.32	0.31	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดี
39	0.60	0.25	ความยากปานกลาง จำแนกได้พอใช้
40	0.35	0.25	ค่อนข้างยาก จำแนกได้พอใช้
41	0.44	0.39	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี
42	0.40	0.31	ความยากปานกลาง จำแนกได้ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีค่าความยากในช่วง 0.21 - 0.79 หมายความว่า ความยากของข้อคำถามมีตั้งแต่ระดับค่อนข้างง่ายไปจนถึงระดับค่อนข้างยากโดยค่าความยากของข้อคำถามที่ยอมรับได้ควรมีค่าในช่วง 0.20-0.80

แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีค่าอำนาจจำแนกในช่วง 0.22 - 0.47 หมายความว่า ข้อคำถามสามารถจำแนกผู้ตอบตามระดับความสามารถได้ โดยค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถามที่ยอมรับได้ควรมีค่า 0.20 ขึ้นไป

1.3 ค่าความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ

พิจารณาจากความเที่ยงของแบบความสอดคล้องภายใน ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's Alpha Coefficient : α) คำนวณด้วยโปรแกรม SPSS version 26 พบว่า แบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.89 แปลผลได้ว่าความเที่ยงมีค่าระดับสูง

1.4 ค่าความเป็นปรนัย (objective) ระหว่างผู้ประเมินในการให้คะแนนจากเกณฑ์การประเมินความความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ความเป็นปรนัย **(Objectivity)** พิจารณาจากค่าความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน (Inter rater reliability) แสดงดังตาราง

ตาราง ผลการตรวจสอบค่าความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน

ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน	ค่าความน่าเชื่อถือ	ความหมาย
ผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้วิจัย	0.86	ผู้ประเมินสอดคล้องกันในระดับดี
ผู้ประเมินคนที่ 2 กับผู้วิจัย	0.84	ผู้ประเมินสอดคล้องกันในระดับดี
ผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2	0.81	ผู้ประเมินสอดคล้องกันในระดับดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีได้มีการตรวจสอบคุณภาพและได้ผลการตรวจสอบ ดังนี้

2.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจแบบวัดแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน

สามารถแสดงค่าและความหมายได้ ดังตาราง

ตาราง สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับนิยามโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีตอนที่ 1 (แบบวัดแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ)		
ข้อ	**ค่า IOC**	**ความหมาย**
1	1.00	วัดได้สอดคล้อง
2	1.00	วัดได้สอดคล้อง
3	0.67	วัดได้สอดคล้อง
4	1.00	วัดได้สอดคล้อง
5	1.00	วัดได้สอดคล้อง
6	0.67	วัดได้สอดคล้อง
7	0.67	วัดได้สอดคล้อง
8	0.67	วัดได้สอดคล้อง
9	1.00	วัดได้สอดคล้อง
10	1.00	วัดได้สอดคล้อง
11	0.67	วัดได้สอดคล้อง
12	1.00	วัดได้สอดคล้อง
13	1.00	วัดได้สอดคล้อง
14	1.00	วัดได้สอดคล้อง
15	1.00	วัดได้สอดคล้อง
16	1.00	วัดได้สอดคล้อง
17	1.00	วัดได้สอดคล้อง
18	1.00	วัดได้สอดคล้อง
19	0.67	วัดได้สอดคล้อง
20	0.67	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ตอนที่ 2 (แบบวัดแบบอัตนัย)			
ข้อ	**ค่า IOC**	**ค่าความเหมาะสมของเกณฑ์**	**ข้อเสนอแนะ**
1	1.00	3.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
2	0.67	3.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
3	0.67	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
4	1.00	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
5	0.67	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
6	1.00	4.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
7	1.00	4.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
8	0.67	4.00	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
9	1.00	3.67	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับมาก
10	0.67	3.33	วัดได้สอดคล้อง เกณฑ์มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

ข้อคำถามจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีตอนที่ 1 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าความสอดคล้องระหว่างนิยามกับข้อคำถามทุกข้อ

ข้อคำถามจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีตอนที่ 2 แบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ มีค่าความสอดคล้องระหว่างนิยามกับข้อคำถามทุกข้อ และมีค่าความเหมาะสมของเกณฑ์ในการให้คะแนนอยู่ในช่วง 3.00 – 4.67 หมายความว่ามีความเหมาะสมของเกณฑ์ในระดับปานกลางไปจนถึงระดับมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

สามารถแสดงค่าและความหมายได้ ดังตาราง

ตาราง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีตอนที่ 1 (แบบวัดแบบปรนัย 4 ตัวเลือก)			
ข้อ	**ค่าความยาก (p)**	**ค่าอำนาจจำแนก (r)**	**ความหมาย**
1	0.74	0.53	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีมาก
2	0.63	0.42	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีมาก
3	0.55	0.58	ยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
4	0.55	0.68	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีมาก
5	0.66	0.47	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีมาก
6	0.47	0.84	ยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
7	0.34	0.37	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
8	0.39	0.58	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
9	0.58	0.74	ยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
10	0.50	0.68	ยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
11	0.37	0.42	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
12	0.68	0.21	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้พอใช้
13	0.39	0.47	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
14	0.39	0.37	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดี
15	0.34	0.37	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดี
16	0.47	0.32	ยากปานกลาง จำแนกได้ดี
17	0.74	0.32	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
18	0.55	0.37	ยากปานกลาง จำแนกได้ดี
19	0.42	0.53	ยากปานกลาง จำแนกได้ดีมาก
20	0.39	0.47	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ตอนที่ 2 (แบบวัดแบบอัตนัย)			
ข้อ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ความหมาย
1	0.38	0.55	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
2	0.63	0.74	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีมาก
3	0.37	0.53	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
4	0.33	0.56	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
5	0.35	0.63	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
6	0.39	0.53	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
7	0.33	0.53	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
8	0.32	0.49	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
9	0.36	0.63	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก
10	0.20	0.34	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ค่าความเที่ยงของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ทั้งฉบับ

พิจารณาจากความเที่ยงของแบบความสอดคล้องภายใน ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's Alpha Coefficient : α) คำนวณด้วยโปรแกรม SPSS version 26 พบว่าแบบวัดความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.95 แปลผลได้ว่าความเที่ยงมีค่าระดับสูง

2.4 ค่าความเป็นปรนัย (objective) ระหว่างผู้ประเมินในการให้คะแนนจากเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี ตอนที่ 2 แบบวัดแบบอัตนัย

ความเป็นปรนัย **(Objectivity)** พิจารณาจากค่าความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน (Inter rater reliability) แสดงดังตาราง

ตาราง ผลการตรวจสอบค่าความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน

ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน	ค่าความน่าเชื่อถือ	ความหมาย
ผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้วิจัย	0.95	ผู้ประเมินสอดคล้องกันในระดับดีมาก
ผู้ประเมินคนที่ 2 กับผู้วิจัย	0.95	ผู้ประเมินสอดคล้องกันในระดับดีมาก
ผู้ประเมินคนที่ 1 กับผู้ประเมินคนที่ 2	1.00	ผู้ประเมินสอดคล้องกันในระดับดีมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ได้มีการตรวจสอบคุณภาพและได้ผลการตรวจสอบ ดังนี้

3.1 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์

รายการประเมิน	ค่า IOC				ความหมาย
	แผน 1-2	แผน 3-4	แผน 5-6	แผน 7-8	
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้					
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้ (ประกอบด้วยผลการเรียนรู้ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน และการประเมินการเรียนรู้)	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
2. วัตถุประสงค์การเรียนรู้					
2.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
2.2 สนับสนุนให้เกิด**ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์**	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
3. เนื้อหาสาระ					
3.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
3.2 สาระการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้อง	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
4. การจัดการเรียนรู้					
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	0.67	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
4.2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
4.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความชัดเจน	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
4.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมส่งเสริมให้เกิด**ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์**					
4.4.1 ครูนำเสนอปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียน	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
4.4.2 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความรู้เดิมของตนเองที่มีต่อปรากการณ์ที่ครูนำเสนอ	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
4.4.3 ครูนำเสนอเรื่องเชิงประวัติศาสตร์ได้เหมาะสม	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการประเมิน	ค่า IOC				ความหมาย
	แผน 1-2	แผน 3-4	แผน 5-6	แผน 7-8	
4.4.4 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบสมมติฐานตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
4.4.5 ครูนำนักเรียนเข้าสู่การตรวจสอบสมมติฐานตามแนวคิดในปัจจุบัน	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
4.4.6 ครูให้นักเรียนทบทวนความคิดเชื่อมโยงหลักฐานและการสรุปคำตอบ	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
5. สื่อการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
5.2 เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
6. การประเมินการเรียนรู้					
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง

แผนการจัดการเรียนรู้เชิงประวัติศาสตร์ทั้ง 8 แผน มีความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้กับรายละเอียด โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องในช่วง 0.67-1.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวปรารถนา เสือกลั่น
วัน เดือน ปี เกิด	10 มีนาคม 2528
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ครุศาสตรบัณฑิต
ที่อยู่ปัจจุบัน	กรุงเทพมหานคร
ผลงานตีพิมพ์	การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15 ประจำปีการศึกษา 2563

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY