ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นายกฤตกร สภาสันติกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF CHEMISTRY TEACHING STRATEGY USING THE PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN SEQUENCE ON ABILITY IN SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING AND RATIONALITY OF TENTH GRADE STUDENTS

Mr. Krittakorn Sapasuntikul

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2015
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โดย	นายกฤตกร สภาสันติกุล
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บัญชา ชลาภิรมย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์)

....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม)

....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา)

กฤตกร สภาสันติกุล : ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (EFFECTS OF CHEMISTRY TEACHING STRATEGY USING THE PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN SEQUENCE ON ABILITY IN SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING AND RATIONALITY OF TENTH GRADE STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม, 117 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีจุดประสงค์ คือ (1) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน (2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน (3) เพื่อศึกษาความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน และ (4) เพื่อเปรียบเทียบความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่ง จำนวน 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความมีเหตุผล และแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบาย พบว่า ข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานอยู่ในระดับดี ส่วนการให้เหตุผลยังอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบ พบว่า ทุกองค์ประกอบสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผล คิดเป็นร้อยละ 84.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อจำแนกตามลักษณะความมีเหตุผล พบว่าทั้ง 5 ลักษณะมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างจากก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อจำแนกตามลักษณะความมีเหตุผล พบว่ามีเพียง 1 ลักษณะ คือ แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้ ที่แตกต่างจากก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน	ลายมือชื่อนิสิต ....
สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ....
ปีการศึกษา 2558	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม ....

5783430927 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: CHEMISTRY TEACHING STRATEGY USING THE PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN SEQUENCE / SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING

KRITTAKORN SAPASUNTIKUL: EFFECTS OF CHEMISTRY TEACHING STRATEGY USING THE PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN SEQUENCE ON ABILITY IN SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING AND RATIONALITY OF TENTH GRADE STUDENTS. ADVISOR: PARINDA LIMPANONT PROMRATANA, Ed.D., CO-ADVISOR: PROMPONG PIENPINIJTHAM, Ph.D., 117 pp.

This study was a pre-experimental research. The purposes of this study were to (1) study the scientific explanation making ability of tenth grade students who learned through the chemistry teaching strategy using the predict-observe-explain sequence (2) compare scientific explanation making ability of tenth grade students, before and after learning through the chemistry teaching strategy using the predict-observe-explain sequence (3) study the rationality of tenth grade students who learned through the chemistry teaching strategy using the predict-observe-explain sequence , and (4) compare rationality of tenth grade students, before and after learning through the chemistry teaching strategy using the predict-observe-explain sequence. The sample was one class in Mathematics-Science program of tenth grade students of a medium-sized school who were studying in the first semester of the academic year 2016. The research instruments were the scientific explanation making test, the rationality test, and the rationality observation form. The collected data was analyzed by arithmetic mean, standard deviation and t-test.

The research findings were summarized as follows

1. The tenth grade students who learned through Predict-observe-explain sequence had the mean score of scientific explanation making ability at good level. Classifying each component of scientific explanation, the mean score of claim making and identifying evidence were at good level. However, the reasoning was at need improvement level.

2. The tenth grade students who learned through Predict-observe-explain sequence had the mean score of ability in scientific explanation making after the experiment higher than before the experiment at .05 level of significance in every component of scientific explanation.

3. The tenth grade students who learned through Predict-observe-explain sequence had the mean score of rationality at 84.13 percent which was higher than the criterion score set at 80 percent in every component of rationality.

4. The tenth grade students who learned through Predict-observe-explain sequence had the mean score of rationality after the experiment that is not statistically different from before the experiment at .05 level of significant. However, one component of rationality in which was "finding a cause of event and demonstrate the relation between cause and effect of phenomena" had the mean score after the experiment higher than before the experiment at .05 level of significance.

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

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สำเร็จไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณายิ่งจากอาจารย์ ดร. ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่อบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำที่มีประโยชน์สำหรับการวิจัยและการประกอบวิชาชีพครูในอนาคต รวมทั้งเป็นแบบอย่างที่ดีของครูผู้มีความเมตตา โอบอ้อมอารีต่อศิษย์ ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาที่ได้รับ จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. พิมพันธ์ เดชะคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และอาจารย์ ดร. สายรุ้ง ซาวสุภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน รองผู้อำนวยการโรงเรียน อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่กรุณาให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจนขอขอบคุณนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยอย่างดี

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดาเป็นอย่างสูงที่เป็นกำลังใจที่ดีในการวิจัยครั้งนี้ คณาจารย์สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่บ่มเพาะความรู้คู่คุณธรรมมาตลอดระยะเวลา 2 ปี รวมทั้งเพื่อนสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกคนที่อยู่ด้วยกันทั้งในยามสุขและทุกข์

อนึ่ง ในการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ผู้วิจัยได้รับทุนจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญแผนภาพ.....ฎ

บทที่ 1 บทนำ.....1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

คำถามวิจัย.....4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....4

สมมติฐานการวิจัย.....5

ขอบเขตการวิจัย.....6

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....9

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....10

1.1 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....10

1.2 ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....11

1.3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....12

1.4 พฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....13

1.5 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....14

2. ความมีเหตุผล.....20

2.1 ความหมายของความมีเหตุผล.....20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.2 ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล 20
2.3 แนวทางในการวัดความมีเหตุผล 24
3. กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน 27
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30
4.1 งานวิจัยต่างประเทศ 30
4.2 งานวิจัยภายในประเทศ 31
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 34
1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34
2. รูปแบบการวิจัย 35
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 35
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 36
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 51
6. การวิเคราะห์ข้อมูล 53
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 54
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 67
สรุปผลการวิจัย 67
อภิปรายผล 68
ข้อเสนอแนะ 73
รายการอ้างอิง 75
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ 81
เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล 83
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 98
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 117

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับมาจากรูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin (McNeill et al., 2006) 12

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามระดับความสามารถ 16

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป 16

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ลักษณะตาม P-SOP 17

ตารางที่ 5 ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ มวล การละลายน้ำ จุดหลอมเหลว และสีของของแข็งทั้ง 4 ชนิด 19

ตารางที่ 6 ปริมาตร ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว และสีของของเหลว 4 ชนิด 19

ตารางที่ 7 ลักษณะความมีเหตุผลจากนักการศึกษาวิทยาศาสตร์แต่ละท่าน 23

ตารางที่ 8 แบบประเมินความมีเหตุผล จำแนกตามลักษณะของความมีเหตุผล 26

ตารางที่ 9 เนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และจำนวนคาบของกิจกรรมการเรียนการสอน 37

ตารางที่ 10 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน 38

ตารางที่ 11 หัวข้อเรื่องและสาระที่คัดเลือกเพื่อสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 42

ตารางที่ 12 นิยามเชิงปฏิบัติการของเกณฑ์การประเมินตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 42

ตารางที่ 13 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ทั่วไปซึ่งประเมินตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 43

ตารางที่ 14 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามช่วงคะแนน 44

ตารางที่ 15 ลักษณะความมีเหตุผลและพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตระหว่างเรียน 49

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละของ $\bar{X}$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า t ของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังทดลอง (n=29).. 54

ตารางที่ 17 จำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับเกณฑ์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังทดลอง (n=29).. 57

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละของ $\bar{X}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า t ของคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังทดลอง (n=29) .. 58

ตารางที่ 19 คะแนนความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียนของตัวแทนนักเรียน 6 คน.. 60

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{\mathrm{X}}$) ก่อนและหลังทดลองของคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 56

แผนภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ย ($\overline{\mathrm{X}}$) ก่อนและหลังทดลองของคะแนนในแต่ละลักษณะของความมีเหตุผล 59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบัน มีเป้าหมายเพื่อการรอบรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ของพลเมือง ซึ่งการรอบรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ อันประกอบด้วยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการสื่อสารในชีวิตประจำวันได้ (ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) ดังนั้นจึงมีความสำคัญที่จะต้องเตรียมเยาวชนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ สามารถดำเนินชีวิตและมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมของสังคมวิทยาศาสตร์ ซึ่งควรมีจุดเริ่มต้นตั้งแต่การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสถานศึกษาด้วยการจัดการศึกษาเพื่อเปิดโอกาสให้เกิดการแสวงหาความรู้ของนักเรียนอย่างเสมอภาค มีการพัฒนาหลักสูตรและกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้ได้มาตรฐานและทันต่อความก้าวหน้าของโลก นำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ตามวิถีชีวิตของสังคมไทย เพื่อให้มีคุณภาพชีวิตที่ดี นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนในสังคมวิทยาศาสตร์ (ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554)

การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนรอบรู้วิทยาศาสตร์นั้น จะต้องเกิดขึ้นในห้องเรียนที่มีชีวิตชีวา นักเรียนสร้างความรู้และความเข้าใจที่เป็นพื้นฐานเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐาน และสามารถใช้ความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ สร้างข้อสรุปจากหลักฐาน ตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของพลเมืองโลก (OECD, 2010) มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นสรุปประเด็น เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องของปัญหาโดยผ่านการสร้างคำอธิบายและการสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งสอดคล้องกับมุมมองของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันที่เปลี่ยนจากการสำรวจและค้นหา เป็นการสร้างคำอธิบายและข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007) การเรียนวิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่แค่การท่องจำความรู้เท่านั้น แต่ต้องทำความเข้าใจในศาสตร์อื่นๆ ได้เป็นอย่างดี

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นอีกหนึ่งในความสามารถที่ช่วยส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน พฤติกรรมบ่งชี้ที่สำคัญ คือ การประยุกต์ความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้ การอธิบายและตีความปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และทำนายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น รวมถึงการระบุคำบรรยาย คำอธิบายที่เหมาะสม นักเรียนมีโอกาสสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการสืบสอบ ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และบ่มเพาะจิตวิทยาศาสตร์จากกิจกรรมการสร้างคำอธิบาย นักเรียนสามารถประเมินความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสื่อสารองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สู่สาธารณชนในสังคมวิทยาศาสตร์และแวดวงใกล้เคียง ภายใต้ข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีอยู่ เหล่านี้จะนำไปสู่การรอบรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน (OECD, 2012)

จากการศึกษาพบว่า นักเรียนไทยยังประสบปัญหาในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการประเมินคุณภาพนักเรียนในระดับนานาชาติ โครงการ PISA (Program for International Student Assessment) ที่จัดโดยองค์กรความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) โดยเป็นการประเมินนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ซึ่งจบการศึกษาภาคบังคับว่าจะสามารถนำความรู้และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ไปใช้ได้จริงในอนาคต ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อความรู้ได้มากน้อยเพียงใด โดยมีสมรรถนะ (Competency) ที่สำคัญ ได้แก่ การระบุประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Identify scientific issues) การอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) และการใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ (Use scientific evidence) ซึ่งทั้งสามส่วนนักเรียนจำเป็นที่จะต้องเขียนอธิบาย และแสดงเหตุผลโดยใช้หลักฐานสนับสนุนได้ ผลการประเมินพบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ 444 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานที่ 501 คะแนน โดยสัดส่วนของนักเรียนไทยที่รอบรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับพื้นฐานยังคงมีอยู่ถึงหนึ่งในสาม (34%) (OECD, 2012) แสดงให้เห็นว่าความสามารถของนักเรียนไทยในการอธิบายความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสรุปความรู้จากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ยังอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะในส่วนของการแสดงเหตุผลสนับสนุน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ McNeill, Lizotte, Krajcik, and Marx (2006) ที่สรุปว่า การให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่ฝึกฝนได้ยากที่สุดสำหรับนักเรียน เพราะเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานโดยมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน

ด้วยปัญหาดังกล่าว การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานสำคัญที่จะนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเขียนและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนได้ วิธีการที่จะพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

ทางวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนได้มีโอกาสสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนพัฒนาความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ผ่านการลงมือปฏิบัติ นำมาสู่การสร้างข้อสรุปจากหลักฐาน (Olson & Loucks-Horsley, 2000) ซึ่งการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายรูปแบบและหลากหลายแนวคิด แต่ผู้วิจัยเลือกการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ตามกลวิธีการทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

กลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มาจากแนวคิดของ Haysom and Bowen (2010) เป็นกลยุทธ์ที่จะช่วยส่งเสริมการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ของนักเรียน โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 8 ขั้น ได้แก่ การนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างแรงจูงใจ การนำเข้าสู่กิจกรรมหรือการทดลอง การทำนาย การอภิปรายสิ่งที่ทำนาย การสังเกต การอธิบาย การให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และการติดตามผล โดยนักเรียนมีโอกาสที่จะสร้างคำอธิบายของตนเอง มีการแลกเปลี่ยนคำอธิบายที่นักเรียนสร้างกับเพื่อนในกลุ่ม และทั้งชั้นเรียน นักเรียนต้องระบุหลักฐานและการให้เหตุผลเพื่อประกอบคำอธิบาย รวมไปถึงนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างไปเปรียบเทียบกับคำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบให้มีความชัดเจน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

จากกลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีขั้นตอนที่นักเรียนต้องสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้เรียนรู้การใช้เหตุผลที่เหมาะสมเพื่อมาสนับสนุนคำอธิบายที่ตนเองสร้างขึ้นด้วย ซึ่งความมีเหตุผลเป็นคุณสมบัติประการหนึ่งของผู้เรียนที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนต้องอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยยึดหลักของเหตุและผล สามารถสืบค้นข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อยืนยันคำตอบ ไม่เชื่อเรื่องการทำนาย โชคชะตาต่างๆ และยอมรับข้อแนะนำของผู้อื่นที่มีหลักฐานสนับสนุนได้ สอดคล้องกับทัศนะของ Peker and Wallace (2011) ที่ระบุว่า กิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถสรุปและอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ตามธรรมชาติ โดยมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุน และให้เหตุผลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐานได้ ดังนั้นกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน ควรจะส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาการให้เหตุผลเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์เสมอ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สันติชัย อนุวรชัย (2553) ที่ศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองจัดอยู่ในความสามารถระดับดี นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่

ระดับนัยสำคัญ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยคิดว่า ขั้นตอนของกลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และเขียนคำอธิบายโดยอาศัยหลักฐาน และการให้เหตุผล นักเรียนมีโอกาสสื่อสารคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสร้าง แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งจะส่งเสริมให้ห้องเรียนวิทยาศาสตร์มีชีวิตชีวาและเป็นห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีการสืบสอบเป็นฐาน สอดคล้องกับเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จึงเป็นที่มาของงานวิจัย เรื่อง ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำถามวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนจะมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนจะมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียนอย่างไร

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนจะมีความมีเหตุผลเป็นอย่างไร

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนจะมีความมีเหตุผลหลังเรียนแตกต่างจากก่อนเรียนอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. เพื่อศึกษาความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

4. เพื่อเปรียบเทียบความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ากลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนได้ ดังผลการวิจัยของ Cinici and Demir (2013) ที่ศึกษาการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายแบบร่วมมือที่มีต่อความเข้าใจในมโนทัศน์และการเปลี่ยนมโนทัศน์ ในเรื่องการแพร่และการออสโมซิสกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายแบบร่วมมือมีความเข้าใจในมโนทัศน์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อนักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์เป็นพื้นฐาน นักเรียนสามารถจัดกระทำกับความรู้ที่ได้เรียนมา และประยุกต์ใช้ความรู้พื้นฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆในธรรมชาติ สร้างข้อสรุปและโต้แย้งคำอธิบายโดยมีเหตุผลและหลักฐานที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุน

การจัดการเรียนรู้ตามกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีคอนสรัคติวิสต์ (Constructivism) ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการขัดแย้งทางปัญญา นำไปสู่การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของตนเองและทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social constructivism) ผู้เรียนสร้างความรู้ผ่านกระบวนการทางสังคมที่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันกับผู้อื่น ซึ่งการเรียนรู้เกิดขึ้นในขณะที่บุคคลมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองานตามบริบทของสังคมและวัฒนธรรม (Sociocultural context) (ราชบัณฑิตยสภา, 2558) นอกจากนี้กลวิธีสอนมีลักษณะสืบสอบที่มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนระบุและประเมินความน่าเชื่อถือของหลักฐาน รวมทั้งสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่ความเข้าใจในมโนทัศน์ (Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007) ซึ่งสอดคล้องกับ Llewellyn (2005) ที่แสดงทัศนะของการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นกระบวนการที่ถูกผลักดันโดยความอยากรู้อยากเห็น ความสงสัย ความสนใจ และความหลงใหลของแต่ละบุคคลที่จะสังเกตปรากฏการณ์และแก้ไขปัญหาโดยในการแก้ไขปัญหานั้นจะต้องผ่านการสังเกตปรากฏการณ์ การใช้คำถาม การทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น การทดสอบสมมติฐาน การอธิบายข้อความรู้ การสร้างทฤษฎี รวมไปถึงการสร้างแบบจำลองทางความคิด ดังงานวิจัยของสันติชัย อนุวรชัย (2553) ที่ศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วย

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดำเนินการทดลองกับนักเรียนจำนวน 25 คาบ พบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองจัดอยู่ในความสามารถระดับดี นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยไว้ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนจะมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนจะมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนจะมีคะแนนความมีเหตุผลสูงกว่าร้อยละ 80

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนจะมีคะแนนความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ

2.1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 ความมีเหตุผล

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ เนื้อหารายวิชาเคมีพื้นฐาน (ว 30102) เรื่อง แบบจำลองอะตอม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการกล่าวถึงปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆที่แสดงสาเหตุการเกิด กระบวนการ เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) วัดโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัย จำนวน 4 ข้อ

2. ความมีเหตุผล หมายถึง คุณลักษณะของนักเรียนในการอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ โดยมีเหตุผลมารองรับ และสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลได้ วัดโดยใช้แบบวัดความมีเหตุผลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ Haney (1969) และโชติ เพชรชื่น (2526) ซึ่งเป็นแบบวัดเชิงสถานการณ์ มีลักษณะเป็นแบบวัดปรนัย 3 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ

3. กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน หมายถึง กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมี ซึ่งประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ปรับปรุงมาจากกลยุทธ์ของ Haysom and Bowen (2010) สรุปได้ดังนี้

3.1 การนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างแรงจูงใจ (Orientation and Motivation) เป็นขั้นที่นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามที่ท้าทาย ร่วมกันอภิปรายเพื่อสะท้อนประสบการณ์หรือความรู้ก่อนหน้าในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน

3.2 การนำเข้าสู่กิจกรรมหรือการทดลอง (Introducing the Experiment) เป็นขั้นที่แนะนำการทดลองหรือกิจกรรม โดยมีการเชื่อมโยงกิจกรรมกับเรื่องที่อภิปรายในขั้นต้น

3.3 การทำนาย (Prediction) เป็นขั้นที่ล้วงประสบการณ์หรือความรู้ ความเข้าใจเดิม ระบุผลการทำนายที่จะเกิดขึ้น พร้อมทั้งแสดงเหตุผลประกอบการทำนาย

3.4 การอภิปรายสิ่งที่ทำนาย (Discussion their Prediction) เป็นขั้นที่ร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มย่อยและทั้งชั้นเรียนถึงการทำนายผลการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น และร่วมกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เลือกคำทำนายที่มีน่าจะเป็นไปได้มากที่สุด พร้อมแสดงเหตุผลมารองรับ ซึ่งในขั้นนี้อาจจะเกิดความคิดใหม่ๆ และอาจเป็นคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้องก็ได้

3.5 การสังเกต (Observation) เป็นขั้นที่ร่วมกันสังเกตการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ และบันทึกสิ่งที่สังเกตจากการทดลองหรือกิจกรรม พยายามรวบรวมข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมให้มากที่สุด โดยแสดงหลักฐานและเหตุผลประกอบ

3.6 การอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่จัดระบบกับความคิดของตนเองผ่านการพูดคุยและการเขียน อภิปรายถึงสิ่งที่ได้จากการสังเกต ซึ่งอาจเป็นคู่หรือเป็นกลุ่ม พร้อมทั้งระบุเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบที่อภิปรายร่วมกัน

3.7 การให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Providing the Scientific Explanation) เป็นขั้นที่ร่วมกันสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ เปรียบเทียบและตรวจสอบความสอดคล้องของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างกับเพื่อนและคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์จากบทเรียน

3.8 การติดตามผล (Follow-up) เป็นขั้นที่แสดงข้อมูลป้อนกลับในเรื่องการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และประยุกต์ความรู้ เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติต่อไป

4. นักเรียน หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย โดยรายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ นำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    1.1 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    1.2 ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    1.3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    1.4 พฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
    1.5 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
2. ความมีเหตุผล
    2.1 ความหมายของความมีเหตุผล
    2.2 ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล
    2.3 แนวทางการวัดความมีเหตุผล
3. กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน
    3.1 แนวคิดของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน
    3.2 ขั้นตอนของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    4.1 งานวิจัยต่างประเทศ
    4.2 งานวิจัยภายในประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถของนักเรียนในการระบุคำตอบที่ทำการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่มีความน่าเชื่อถือ และตรวจสอบความสอดคล้องและความสมเหตุสมผลระหว่างคำตอบกับหลักฐานที่สนับสนุน

1.1 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญที่ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน โดยกิจกรรมที่สนับสนุนการสร้างคำอธิบาย มีลักษณะสืบสอบหาความรู้ และสร้างข้อสรุปด้วยตนเอง สามารถตรวจสอบได้ด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งจะช่วยพัฒนานักเรียนทั้งความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ โดยมีนักวิชาการกล่าวถึงความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

McNeill et al. (2006) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหลักในห้องเรียนที่มีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาและประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อาจจะมีการสร้างคำอธิบายทางเลือกเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ นำเสนอและตัดสินคุณค่าของคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้น สอดคล้องกับ Kuhn and Reiser (2005) ที่กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจเหตุผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ เชื่อมโยงความเข้าใจกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ และเป็นผู้มีความสนใจในการแสดงความคิดเห็นและคัดค้านคำอธิบายได้

McNeill and Krajcik (2008) ได้กล่าวถึงความจำเป็นที่จะต้องเกิดกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนที่มีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ คือ (1) เป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น (2) เป็นกุญแจสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐาน รวมทั้งเป็นกิจกรรมที่กำหนดในกรอบโครงสร้างของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (3) เป็นการส่งเสริมนักเรียนให้มองเห็นภาพของวิทยาศาสตร์ (4) ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และ (5) ส่งเสริมความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับความสำคัญของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ Chaimala (2009) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกิจกรรมที่มีเป้าหมายเพื่อค้นพบความจริง

ส่งเสริมการค้นพบความรู้และความเข้าใจใหม่ทางวิทยาศาสตร์ ค้นหามุมมอง สาเหตุที่จะใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติ

นอกจากนี้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการให้นักเรียนได้สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้เพื่อประเมินความสามารถในการเรียนรู้นำไปสู่กระบวนการคิด การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Scientific reasoning) และความเข้าใจในมโนทัศน์ (Conceptual understanding) (Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007)

จากการวิเคราะห์ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากนักวิชาการแต่ละท่าน สรุปได้ว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นสมรรถนะที่มีความสำคัญกับนักเรียนในยุคปัจจุบัน ซึ่งชี้ให้เห็นถึงเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ โดยมีหลักฐานสนับสนุนคำตอบ รวมทั้งการจัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนเป็นผู้ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง พัฒนาความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการคิด รวมไปถึงเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

1.2 ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร บทความและงานวิจัย พบว่ามีนักวิชาการที่ให้ความหมายของคำว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

Chaimala (2009) ได้ระบุความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นการอธิบายบริบททางวิทยาศาสตร์ โดยแสดงเหตุผลสนับสนุนความเชื่อและการกระทำ ซึ่งเหตุผลนั้นอาจจะเป็นสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ หรือเป็นการกล่าวอ้างจากกฎที่เป็นนิรนัยก็ได้

Reiser, Berland, and Kenyon (2012) ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และการสังเกตปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

Thagard (2012) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการหาคำตอบของปัญหาต่างๆ อย่างเป็นวิทยาศาสตร์

Zangori and Forbes (2014) ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและกลไกที่ใช้ในการอธิบายที่สนับสนุนสาเหตุและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

1. ตอบคำถามที่ต้องการสำรวจตรวจสอบ

2. ลักษณะคำอธิบายขึ้นอยู่กับข้อมูลและหลักฐานที่สนับสนุนคำตอบที่สำรวจตรวจสอบ

3. ให้ความเข้าใจในเรื่องใหม่

4. เสริมสร้างแนวความคิดที่มีอยู่เดิม

จากความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น วิเคราะห์ได้ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการกล่าวถึงปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ ที่แสดงสาเหตุการเกิดกระบวนการ เพื่อหาคำตอบของข้อปัญหาต่างๆที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

1.3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill et al. (2006) ได้สรุปองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยปรับมาจากรูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin (Toulmin's Model) ซึ่งรูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับมาจากรูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin (McNeill et al., 2006)

องค์ประกอบของรูปแบบการโต้แย้งของ Toulmin	**องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์**
1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim)
2. ข้อมูล (Data)	2. หลักฐาน (Evidence)
3. ข้อรองรับ (Warrant) 4. ข้อสนับสนุน (Backing)	3. การให้เหตุผล (Reasoning)

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ การยืนยันหรือข้อสรุปของคำถาม

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งข้อมูลนี้มาจากการสำรวจตรวจสอบจากหลายแหล่ง เช่น การสังเกตสิ่งต่างๆรอบตัว การอ่านวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ การอ่านเอกสารสำคัญ การได้รับข้อมูลเพิ่มเติม เป็นต้น ซึ่งหลักฐานจะต้องเพียงพอและสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานสนับสนุนโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม

McNeill and Krajcik (2008) ได้เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบเช่นเดียวกัน คือ

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของคำถาม

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การตัดสินใจที่แสดงว่าทำไมข้อมูลหรือหลักฐานจึงสนับสนุนข้อสรุป

ซึ่งสอดคล้องกับ Kuhn and Reiser (2005) ที่วิเคราะห์องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง หมายถึง คำตอบของคำถาม เป็นองค์ประกอบที่นักเรียนจะสร้างได้ง่ายที่สุด ควรมีลักษณะบรรยายว่าเกิดอะไรขึ้นหรือระบุสาเหตุสำคัญของการเกิด

2. หลักฐาน หมายถึง ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการรวบรวมจากกิจกรรมหรือการทดลอง เพื่อที่จะสร้างข้อกล่าวอ้าง โดยหลักฐานอาจมีหลายลักษณะ เช่น ข้อมูลที่เป็นตัวเลข สิ่งที่ได้จากการสังเกต ข้อเท็จจริงที่ซ่อนอยู่ในบทความหรือการสนทนา

3. การให้เหตุผล หมายถึง ส่วนที่เชื่อมโยงและเน้นย้ำระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยทั่วไปมักมีลักษณะที่จะเชื่อมโยงเหตุผล คือ การเชื่อมโยงเข้ากับความรู้หรือทฤษฎีที่มีอยู่เดิม และการอธิบายความสัมพันธ์เชิงตรรกะระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อความที่ยืนยันหรือเป็นข้อสรุปของข้อคำถาม
2. หลักฐาน (Evidence) หมายถึง ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล (Reasoning) หมายถึง สิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น

1.4 พฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะของบุคคลที่จะยอมรับหรือตอบคำถามต่างๆ โดยมีหลักฐาน และการให้เหตุผลมาสนับสนุน การฝึกให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย

ทางวิทยาศาสตร์ จึงควรเป็นกิจกรรมสำคัญในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีการสืบสอบ นักการศึกษาแต่ละคนได้ระบุพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

Ruiz-Primo, Li, Tsai, and Schneider (2010) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถและความเข้าใจพื้นฐานของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องแสดงพฤติกรรม ดังต่อไปนี้

1. ให้ความสำคัญกับหลักฐาน และสร้างประเมินคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์
2. สร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่สอดคล้องกับคำถาม
3. สร้างและปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ตรรกะและหลักฐาน
4. สามารถโต้แย้งโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ รูปแบบหรือทฤษฎี

Woody (2015) กล่าวถึง ลักษณะของกิจกรรมในห้องเรียนที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และระบุพฤติกรรมที่นักเรียนต้องแสดงในห้องเรียน ดังนี้

1. มีการพูดคุยกันอย่างเปิดเผย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองในกลุ่มย่อย
2. ภายในกลุ่มควรมีสมาชิกที่มีความสามารถและทักษะความรู้แตกต่างกัน เพื่อร่วมกันสร้างและตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้าง
3. มีกลุ่มของคำอธิบายตัวอย่างที่สร้าง เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในกลุ่มย่อย
4. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการอธิบายปรากฏการณ์ซ้ำไปซ้ำมามากกว่าคำอธิบายใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. กิจกรรมการสร้างและแลกเปลี่ยนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นหัวใจสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนจะต้องให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ทำการสำรวจตรวจสอบ ประเมินความน่าเชื่อถือและความเหมาะสมของหลักฐานได้ สามารถโต้แย้ง เมื่อพบว่าหลักฐานมีน้ำหนักไม่เพียงพอที่จะไปสนับสนุนคำตอบ มีการจัดกลุ่มแบบคละความสามารถ เพื่อให้นักเรียนร่วมกันตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างและปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

1.5 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าแนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็น 2 ประเด็นหลัก คือ ลักษณะของแบบวัด และเกณฑ์การประเมิน

1.5.1 ลักษณะของแบบวัด

National Science Teachers Association (2006) กล่าวว่า ในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้ อธิบาย ตีความและทำนายการเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งจะมีตัวกระตุ้นที่ทำให้นักเรียนเกิดความสงสัย เช่น รูปภาพ ตาราง กราฟ หรือแผนภาพ รูปแบบมีทั้งแบบเลือกตอบ เติมคำตอบสั้น และเขียนอธิบาย โดยคำถามที่เขียนอธิบาย มีเกณฑ์การประเมิน คือ ตอบตรงประเด็นทั้งหมด (Full credit) ตรงบางส่วน (Partial credit) และตอบไม่ตรงประเด็น (No credit)

Songer, Kelcey, and Gotwals (2009) กล่าวว่าแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะข้อสอบเชิงสถานการณ์ มีข้อมูลประกอบ ได้แก่ รูปภาพ ตาราง หรือคำอธิบายประกอบ ซึ่งจะใช้เป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละสถานการณ์จะประกอบด้วยคำถาม 3 ข้อ ได้แก่ 1) คำถามที่ต้องการให้ตอบ 2) ระบุหลักฐานประกอบ และ 3) อธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำตอบและหลักฐาน

OECD (2015) ระบุลักษณะของแบบวัดการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ เลือกตอบอย่างง่าย เลือกตอบแบบซับซ้อน และแบบเขียนอธิบายเหตุผล โดยส่วนที่เป็นแบบปลายเปิดมีลักษณะอธิบายจากแผนภาพหรือกราฟนำไปสู่ข้อสรุป

จากการวิเคราะห์ ลักษณะของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นสถานการณ์ที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย ซึ่งมีข้อมูล เช่น รูปภาพ ตาราง เป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบาย และนักเรียนต้องอธิบายเหตุผลประกอบ

1.5.2 เกณฑ์การประเมิน (Scoring rubrics)

McNeill et al. (2006) ได้สร้างเกณฑ์การการประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 6 ระดับ ตั้งแต่ 0-5 ดังต่อไปนี้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามระดับความสามารถ

ระดับความสามารถ	คำอธิบายในแต่ละระดับความสามารถ
0	ไม่ระบุองค์ประกอบหรือระบุไม่ถูกต้องในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
1	ไม่สามารถระบุตัวอย่างที่เป็นองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
2	ระบุข้อสรุปที่มากเกินไป และไม่สามารถเชื่อมโยงตัวอย่างกับข้อสรุปได้
3	ระบุข้อสรุปที่กำกวม และไม่สามารถอธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้
4	ระบุข้อสรุปได้ แต่อธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้ไม่ครบ
5	ระบุองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน

McNeill and Krajcik (2008) ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในบทเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ 0-2 และได้แบ่งประเด็นในการให้คะแนนเป็น 3 ด้านตามองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

องค์ประกอบ	ระดับ		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง (ข้อความหรือข้อสรุปที่เป็นคำตอบของปัญหา)	ไม่สามารถสรุปได้ หรือสรุปได้ไม่ถูกต้อง	สร้างข้อสรุปได้บางส่วน	สร้างข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน (ข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป)	ไม่แสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานที่ไม่นำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป

องค์ประกอบ	ระดับ		
	0	1	2
การให้เหตุผล (การเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับหลักฐาน)	ไม่สามารถให้เหตุผลหรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้บางส่วน รวมถึงให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่เพียงพอ	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์

Zangori and Forbes (2014) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนตาม P-SOP (Practices of Science Observation Protocol) ซึ่งเป็นการให้คะแนนโดยมีรากฐานมาจากลักษณะของการสืบสอบ 5 ประการ ซึ่งหนึ่งในห้าของลักษณะการสืบสอบ คือ การสร้างคำอธิบายที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่สนใจที่จะทำการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ประเมินจากลักษณะทั้ง 4 คือ ตอบคำถามที่ต้องการทำการสำรวจตรวจสอบ ข้อมูลและหลักฐานที่สนับสนุนคำตอบที่ทำการสำรวจตรวจสอบ ให้ความเข้าใจในเรื่องใหม่ และเสริมสร้างแนวความคิดที่มีอยู่เดิม ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ลักษณะตาม P-SOP

สิ่งที่ต้องการวัด	ระดับของคำอธิบาย	คะแนน
1. นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจซึ่งขึ้นอยู่กับหลักฐาน	คำอธิบายที่สร้างประกอบด้วยสาเหตุและผล และมีหลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุน	3
	คำอธิบายที่สร้างประกอบด้วยสาเหตุและผล และมีหลักฐานที่สนับสนุนบางส่วน	2
	คำอธิบายที่สร้างประกอบด้วยสาเหตุและผล และมีหลักฐานที่มีน้ำหนักน้อยมากมาสนับสนุน	1
	คำอธิบายที่สร้างไม่มีหลักฐานมาสนับสนุน	0

สิ่งที่ต้องการวัด	ระดับของคำอธิบาย	คะแนน
2. นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจโดยตอบคำถามที่สำรวจตรวจสอบ	คำอธิบายที่สร้างตอบคำถามในเรื่องที่ทำการสำรวจตรวจสอบทั้งหมด	3
	คำอธิบายที่สร้างตอบคำถามในเรื่องที่ทำการสำรวจตรวจสอบบางส่วน	2
	คำอธิบายที่สร้างตอบคำถามในเรื่องที่ทำการสำรวจตรวจสอบน้อยมาก	1
	คำอธิบายที่สร้างไม่ตอบคำถามในเรื่องที่สำรวจ	0
3. นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจ ซึ่งนำไปสู่ความเข้าใจใหม่	คำอธิบายที่สร้างมีความแตกต่างจากคำอธิบายที่มีอยู่เดิมและนำเสนอความเข้าใจใหม่	3
	คำอธิบายที่สร้างเสนอความเข้าใจใหม่เกี่ยวกับบางมุมมองของคำอธิบายที่มีอยู่เดิม	2
	คำอธิบายที่สร้างมีลักษณะคล้ายและช่วยส่งเสริมคำอธิบายที่มีอยู่เดิม	1
	คำอธิบายที่สร้างไม่ได้นำเสนอความเข้าใจใหม่	0
4. นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่สนใจโดยสร้างบนความรู้ที่มีอยู่	คำอธิบายที่สร้างมีความสัมพันธ์และความแตกต่างชัดเจนระหว่างคำอธิบายที่มีอยู่เดิมกับคำอธิบายที่สร้างขึ้นใหม่	3
	คำอธิบายที่สร้างมีบางส่วนที่ยึดคำอธิบายเดิม บางส่วนของคำอธิบายที่สร้างขึ้นอยู่กับคำอธิบายเดิม	2
	คำอธิบายเดิมมีความสัมพันธ์กับคำอธิบายใหม่ แม้ว่าคำอธิบายเดิมจะไม่ได้เป็นรากฐานของคำอธิบายที่สร้าง	1
	ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายเดิมที่มีอยู่กับคำอธิบายที่สร้างขึ้นมาใหม่	0

ตัวอย่างเครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill et al. (2006) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

1. พิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ มวล การละลายน้ำ จุดหลอมเหลว และสีของของแข็งทั้ง 4 ชนิด

	มวล (g)	**การละลายน้ำ**	**จุดหลอมเหลว (°C)**	**สี**
ของแข็งชนิดที่ 1	65	ละลาย	136	เหลือง
ของแข็งชนิดที่ 2	38	ละลาย	175	ขาว
ของแข็งชนิดที่ 3	21	ไม่ละลาย	89	ขาว
ของแข็งชนิดที่ 4	65	ละลาย	175	ขาว

นักเรียนคิดว่าของแข็งทั้ง 4 ชนิดเป็นของแข็งชนิดเดียวกันหรือไม่ จงเขียนคำตอบในรูปคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2. พิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาตร ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว และสีของของเหลว 4 ชนิด

	ปริมาตร (ml)	**ความหนาแน่น (g/cm^3)**	**จุดหลอมเหลว (° C)**	**สี**
ของเหลวชนิดที่ 1	58	0.93	-98	ไม่มีสี
ของเหลวชนิดที่ 2	13	0.79	26	ไม่มีสี
ของเหลวชนิดที่ 3	38	13.6	-39	เงิน
ของเหลวชนิดที่ 4	21	0.93	-98	ไม่มีสี

นักเรียนคิดว่าของเหลวทั้ง 4 ชนิดเป็นสารชนิดเดียวกันหรือไม่ จงเขียนคำตอบในรูปคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2. ความมีเหตุผล

ความมีเหตุผลเป็นลักษณะหนึ่งของผู้เรียนที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกของการมีคุณสมบัติของนักวิทยาศาสตร์ ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาความรู้ และแก้ปัญหาจนนำไปสู่ข้อสรุปที่เป็นคำตอบที่ต้องการสำรวจตรวจสอบ

2.1 ความหมายของความมีเหตุผล

ความมีเหตุผลเป็นลักษณะของบุคคลที่เป็นที่ต้องการของสังคมในปัจจุบัน ไม่ใช่เฉพาะวงการวิทยาศาสตร์เท่านั้น สมาชิกทุกคนในสังคมจะต้องอยู่ด้วยกัน ตัดสินใจปัญหาซึ่งกันและกัน โดยยึดหลักของสาเหตุที่เกิดและผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น จากการศึกษามีผู้ให้ความหมายของความมีเหตุผลไว้ดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) กล่าวว่า ความมีเหตุผล หมายถึง ลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ที่สามารถยอมรับ และอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ โดยมีหลักฐานมาสนับสนุน แสดงความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่จะเกิดขึ้น รวมไปถึงคิดค้นหาคำตอบและประเมินความน่าเชื่อถือของหลักฐานได้

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ให้คำนิยามว่า ความมีเหตุผล หมายถึง ความสามารถในการแสดงความคิดเห็นเพื่อที่จะยอมรับและตรวจสอบความถูกต้องของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยจะต้องมีแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เช่น การทดลองสนับสนุน

Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์ความหมายของความมีเหตุผล กล่าวโดยสรุป ความมีเหตุผล หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่จะแสดงความคิดเห็นเพื่อที่จะตรวจสอบหรืออธิบายการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติ โดยจะต้องแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิด และมีที่มาของเหตุผลจากการประเมินความน่าเชื่อถือของหลักฐาน

2.2 ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล

Billech & Zakhinadas (1975) ระบุลักษณะของบุคคลที่แสดงถึงความมีเหตุผล ดังนี้

1. เชื่อมั่นและเห็นคุณค่าของความมีเหตุผล
2. มีแนวโน้มที่จะทำการทดสอบยืนยันความรู้หรือความเชื่อที่มีมาก่อน
3. เสาะหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของสิ่งที่เกิด

4. ยอมรับคำวิจารณ์ที่มีเหตุและผลมารองรับ

5. มีการท้าทายที่จะพิสูจน์สิ่งต่างๆตามหลักเหตุและผล

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537) ได้กล่าวว่าถึง ความมีเหตุผล ซึ่งเป็นคุณลักษณะหนึ่งของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. ยอมรับข้อความรู้ต่างๆเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลที่มาสนับสนุนอย่างเพียงพอ

2. แสดงความคิดเห็นในประเด็นต่างๆโดยใช้หลักของเหตุผล

3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้

4. ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของสิ่งต่างๆกับแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้

5. เห็นคุณค่าของการใช้เหตุผล

6. แสวงหาข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำตอบ

7. พิสูจน์ข้อความรู้ต่างๆตามหลักเหตุและผล

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548) ระบุลักษณะของความมีเหตุผลไว้ดังนี้

1. เชื่อในความสำคัญของการมีเหตุผล

2. ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนาย หรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่างๆ ที่ไม่สามารถใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบาย

3. แสวงหาสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ

4. หาความสัมพันธ์ของสาเหตุกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

5. ตรวจสอบเพื่อที่จะรู้ว่าปรากฏการณ์นั้นเป็นอย่างไร และทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวถึง ลักษณะของบุคคลที่แสดงความมีเหตุผล ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ

2. เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผลในเรื่องต่างๆ

3. พยายามอธิบายสิ่งต่างๆ ในแง่เหตุและผล ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้

4. อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล

5. หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น

6. ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้

7. เสาะแสวงหาหลักฐาน ข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำอธิบาย

8. รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอก่อนจะลงข้อสรุปเรื่องราวต่างๆ

จากแนวคิดของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์แต่ละท่าน แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะร่วมของความมีเหตุผลในตารางที่ 7 และสรุปลักษณะของบุคคลที่แสดงถึงความมีเหตุผล ซึ่งเป็นลักษณะอย่างหนึ่งของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. เชื่อมั่นและเห็นคุณค่าของการเป็นผู้มีเหตุผล
2. แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้
3. ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลที่มาสนับสนุนอย่างเพียงพอ
4. แสวงหาข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำตอบ
5. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 ลักษณะความมีเหตุผลจากนักการศึกษาวิทยาศาสตร์แต่ละท่าน

ลักษณะความมีเหตุผล	Billech & Zakhinadas (1975)	ภพ เลาหไพบูลย์ (2537)	พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548)	สสวท (2557)
1. เชื่อมั่นและเห็นคุณค่าของการเป็นผู้มีเหตุผล	√	√	√	√
2. แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฎการณ์ต่างๆ ได้	√	√	√	
3. ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ	√	√		√
4. แสวงหาข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลอง เพื่อนสนับสนุนคำตอบ		√		√
5. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้		√	√	√

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 แนวทางในการวัดความมีเหตุผล

ความมีเหตุผลเป็นลักษณะหนึ่งของผู้ที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นลักษณะทางจิตพิสัย (Affective Domain) ซึ่งยากที่จะใช้แบบทดสอบ ซึ่งวิธีที่เหมาะสมในการวัดความมีเหตุผล เช่น การใช้เทคนิคการฉายภาพ การสอบถาม การสัมภาษณ์ การสังเกตพฤติกรรม

Brookhart (2011) กล่าวว่าการใช้เทคนิคภาพฉาย (Projective Technique) เป็นแบบวัดที่ผู้ทดสอบต้องเจอกับปัญหาที่กำกวม หลายแง่มุม ผู้ตอบต้องพยายามหาคำตอบของข้อคำถาม ลักษณะของข้อสอบ ไม่เป็นปรนัย ซึ่งต้องใช้เวลาสูง และผู้ทดสอบต้องมีความรู้เป็นอย่างดี การวิเคราะห์ผลอาจมีอคติส่วนตัวเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยแบบวัดที่เป็นลักษณะของเทคนิคภาพฉาย แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1) Rorschach Test เทคนิคหยดหมึกทำโดยให้บุคคลดูภาพหยดหมึกที่หยดบนกระดาษที่พับครึ่งแล้วคลายออก จะได้หยดหมึกบนกระดาษที่คล้ายกันทั้งสองข้าง ผู้ตอบจะต้องเลือกตอบว่าเห็นเป็นรูปอะไร โดยจะนำ ผลการตอบของผู้เรียน มาแปลผลเป็นคะแนนความมีเหตุผล

2) Thematic Apperception test (TAT) เป็นเทคนิควิเคราะห์โครงสร้างองค์ประกอบของบุคลิกภาพ ลักษณะข้อสอบมีหลายแบบ เช่น yes-no true-false และ multiple choice

โชติ เพชรชื่น (2526) กล่าวว่า การทดสอบความมีเหตุผลของนักเรียน เป็นการวัดด้านเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการกระทำที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงควรใช้แบบวัดเชิงสถานการณ์และให้นักเรียนเลือกปฏิบัติในแนวคำตอบที่แตกต่างกันไป โดยในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ

1) สถานการณ์ โดยกำหนดสถานการณ์ที่สะท้อนเกี่ยวกับลักษณะของความมีเหตุผล 5 คุณลักษณะ ดังนั้นแบบวัดความมีเหตุผลนี้ประกอบด้วยสถานการณ์ทั้งหมด 5 สถานการณ์

2) ข้อคำถาม ในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ ซึ่งเป็นการถามความคิดเห็น การปฏิบัติ และการเลือกปฏิบัติของผู้ตอบในแนวทางต่างๆกัน

3) ตัวเลือกในแต่ละข้อคำถาม โดยแต่ละข้อคำถามมี 3 ตัวเลือก ซึ่งมีระดับความเข้มของคำตอบแตกต่างกัน

สสวท (2557) ได้กล่าวว่า การวัดความมีเหตุผลของนักเรียน สามารถวัดได้หลายวิธี เช่น การเขียนบันทึกพฤติกรรมที่แสดงออก การวัดด้วยแบบทดสอบเชิงสถานการณ์ เป็นต้น

จากการวิเคราะห์สรุปได้ว่า การวัดความมีเหตุผล เป็นการวัดคุณลักษณะของนักเรียนที่แสดงพฤติกรรมออกมา ซึ่งมีวิธีการวัดหลากหลายวิธี เช่น การวัดเชิงสถานการณ์ที่นักเรียนต้องตัดสินใจ

เลือกพฤติกรรมที่แสดง การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงความมีเหตุผลในระหว่างกระบวนการจัดการเรียนการสอน รวมทั้งการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล

ตัวอย่างแบบวัดความมีเหตุผล

พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ (2556) สร้างแบบวัดความมีเหตุผล ซึ่งเป็นการประเมินเชิงสถานการณ์ สร้างขึ้นเพื่อวัดความมีเหตุผลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วยสถานการณ์และข้อคำถาม โดยหนึ่งสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ

<u>สถานการณ์ที่วัด</u> แสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น

ในการทดลองปลูกต้นถั่วเขียว ปรากฏว่าต้นถั่วเขียวที่นพคุณปลูกนั้นแคระแกร็น และไม่เจริญเติบโตเหมือนของพงษ์สิทธิ์ ซึ่งนพคุณพบว่าการทดลองของเขาต่างกับพงษ์สิทธิ์ คือ นพคุณใช้ดินทรายและวางกระถางไว้ที่ระเบียงของห้อง ส่วนพงษ์สิทธิ์ใช้ดินร่วมและวางกระถางไว้บนโต๊ะภายในห้อง นพคุณคิดว่านี่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ถั่วเขียวแคระแกร็น เขาจึงทำการทดลองใหม่ ดังนี้

กระถางที่ 1 ใช้ดินทรายปลูก และวางไว้ที่ระเบียงของห้อง

กระถางที่ 2 ใช้ดินร่วนปลูก และวางไว้ที่ระเบียงของห้อง

กระถางที่ 3 ใช้ดินทรายปลูก และวางไว้บนโต๊ะภายในห้อง

กระถางที่ 4 ใช้ดินร่วนปลูก และวางไว้บนโต๊ะภายในห้อง

แต่พงษ์สิทธิ์เห็นว่าการกระทำของนพคุณสิ้นเปลืองเวลาและอุปกรณ์ น่าจะมาจากดินที่ใช้ในการปลูกไม่เหมาะสม จึงควรเปลี่ยนเฉพาะดินที่ใช้ปลูกก็เพียงพอแล้ว

1. นักเรียนเห็นด้วยกับการกระทำของนพคุณหรือไม่

ก. เห็นด้วย ข. ไม่เห็นด้วย ค. ยังตัดสินใจไม่ได้

2. ถ้านักเรียนเป็นนพคุณ นักเรียนจะทำตามความคิดเห็นของพงษ์สิทธิ์หรือไม่

ก. ทำ ข. ไม่ทำ ค. ไม่แน่ใจ

3. ถ้าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นกับนักเรียน นักเรียนจะปฏิบัติตนอย่างไร

....

....

สสวท (2557) ได้สร้างแบบประเมินความมีเหตุผล มีลักษณะเป็นแบบมาตรวัดประมาณค่าแบบ Likert scale 4 ระดับตามพฤติกรรมการแสดงออก ได้แก่ มาก ปานกลาง น้อย และไม่มีการแสดงออก ดังตารางที่ 8

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องตรงกับคุณลักษณะที่ผู้เรียนแสดงออก โดยจำแนกระดับพฤติกรรมการแสดงออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

มาก หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออกอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา

ปานกลาง หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออกเป็นครั้งคราว

น้อย หมายถึง ผู้เรียนมีพฤติกรรมการแสดงออกน้อยครั้ง

ไม่มีการแสดงออก หมายถึง ผู้เรียนไม่มีพฤติกรรมการแสดงออกเลย

สถานะของผู้ประเมิน ☐ ผู้สอน ☐ ผู้เรียน

ตารางที่ 8 แบบประเมินความมีเหตุผล จำแนกตามลักษณะของความมีเหตุผล

คุณลักษณะ	พฤติกรรมที่แสดงออก			
	มาก	**ปานกลาง**	**น้อย**	**ไม่มีการแสดงออก**
1. ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ				
2. พยายามอธิบายสิ่งต่างๆในแง่เหตุและผล ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้				
3. อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล				
4. ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่างๆกับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้				
5. รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอก่อนจะลงข้อสรุปเรื่องราวต่างๆ				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน เป็นกลยุทธ์การเรียนการสอนที่ปรับมาจากกลยุทธ์การทำนาย การสังเกต และการอธิบาย (POE Strategy) เพื่อขยายความขั้นตอนของ POE ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น แนวคิดและขั้นตอนของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีดังต่อไปนี้

3.1 แนวคิดของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

กลวิธีนี้มีรากฐานมาจากทฤษฎีสรรคนิยม (Constuctivism) (Haysom & Bowen , 2010) ซึ่งการเรียนรู้เกิดจากการกระทำของตนเอง ซึ่งผู้เรียนจะต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาซึ่งไม่สามารถใช้โครงสร้างทางสติปัญญาเดิม ส่งผลให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาขึ้น แรงจูงใจจะช่วยพยายามให้ผู้เรียนคิดค้นหา จนนำไปสู่การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาใหม่ที่สามารถคลี่คลายความสงสัยหรือความขัดแย้งได้ ซึ่งนำความรู้ใหม่มาเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข, 2558)

การจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีสรรคนิยมนั้น นักเรียนเป็นผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ ครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก มีลักษณะการจัดการเรียนรู้เป็นการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ถูกผลักดันโดยความอยากรู้อยากเห็น ความสงสัย ความสนใจ และความหลงใหลของแต่ละบุคคลที่จะสังเกตปรากฏการณ์และแก้ไขปัญหา โดยในการแก้ไขปัญหานั้นจะต้องผ่านการสังเกตปรากฏการณ์ การใช้คำถาม การทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น การทดสอบสมมติฐาน การสร้างทฤษฎี รวมไปถึงการสร้างแบบจำลองทางความคิด (Llewellyn, 2005)

ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่จัดการเรียนรู้แบบสืบสอบนั้น นักเรียนเป็นผู้ที่ศึกษาค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ ทำให้ต้องค้นคว้าและทำการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเองได้ และเก็บข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถประยุกต์นำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใหม่ได้ (ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) ซึ่ง National Institute of General Medical Sciences (2005) ได้ระบุองค์ประกอบที่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

1. การกระตุ้นหรือนำด้วยคำถามที่ถามว่าทำไม อย่างไร
2. การให้ความสำคัญกับหลักฐาน เพื่อที่จะพัฒนาและประเมินคำอธิบายซึ่งระบุไว้ในคำถาม

3. การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคำถาม

4. การประเมินคำอธิบายและเปรียบเทียบกับคำอธิบายทางเลือกเพื่อสะท้อนความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์

5. การสื่อสารและตัดสินคุณค่าคำอธิบายที่สร้างขึ้นมา

3.2 ขั้นตอนของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายอย่างมีขั้นตอน

กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน เป็นกลยุทธ์การสอนที่ปรับมาจากกลยุทธ์การทำนาย การสังเกต และการอธิบาย (POE Strategy)

กลยุทธ์การสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย (POE Strategy) ถูกพัฒนาขึ้นมาจาก Gunstone and White (1981) บทเรียนเรื่อง แรงโน้มถ่วง กับนักศึกษามหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 ที่ Monash University โดยมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นทำนาย ครูกระตุ้นให้นักเรียนคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นจากปรากฏการณ์
2. ขั้นสังเกต ครูสาธิตหรือทำกิจกรรมร่วมกับนักเรียน เพื่อสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆที่จะเกิดขึ้น
3. ขั้นอธิบาย ครูนำนักเรียนเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่นักเรียนทำนายกับสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้

มีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ POE ไปใช้ในสาขาวิชาต่างๆมากมาย ยกตัวอย่างเช่น

Hilario (2015) กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต และบรรยาย (POE) เป็นกลยุทธ์ทางการสอนใหม่ที่เกี่ยวข้องกับการสาธิต กิจกรรมที่ต้องลงมือปฏิบัติรวมไปถึงการทดลอง ซึ่งจะช่วยพัฒนาการฝึกฝนปฏิบัติในชั้นเรียน มโนทัศน์ของนักเรียน และการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆในห้องทดลองวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1.การทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ และอธิบายถึงสิ่งที่ทำนาย

2.การบรรยายสิ่งที่สังเกตเห็น

3.การหาความสัมพันธ์และความขัดแย้งระหว่างสิ่งที่ทำนายกับสิ่งที่สังเกต

Treagust, Mthembu, and Chandrasegaran (2014) กล่าวว่า POE เป็นกลยุทธ์การเรียนการสอนที่มีต้นกำเนิดมาจากกลยุทธ์การสาธิต การสังเกต และการอธิบาย (Demonstration

observation explanation, DOE) Gunstone และ White นำมาปรับจนได้เป็น POE โดยมีขั้นตอนเริ่มต้นจากนักเรียนต้องคาดการณ์และจดบันทึกผลที่จะเกิดขึ้น พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ จากนั้นให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์พร้อมบันทึกสิ่งที่ได้จากการสังเกต และสุดท้ายพิจารณาความแตกต่างระหว่างผลการทำนายกับสิ่งที่ได้จากการสังเกต และจำเป็นต้องเขียนคำอธิบายประกอบ กลยุทธ์ POE ใช้เป็นสะพานเชื่อมระหว่างครูผู้สอนกับนักเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการฝึกปฏิบัติเป็นฐาน มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดกันภายในกลุ่ม ทำให้การเรียนรู้มีความหมายสำหรับนักเรียน รูปแบบการสอน POE มีแง่มุมสำคัญในส่วนของกระบวนการเขียน โดยนักเรียนจำเป็นต้องมีการเขียนคำทำนายและเหตุผลที่เลือกคาดการณ์ไว้

Fensham and Kass (1988) กล่าวไว้ว่าเมื่อสิ่งที่นักเรียนคาดการณ์ไว้ไม่ตรงกับสิ่งที่นักเรียนได้จากการสังเกต จะเกิดความไม่สมดุล เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นแรงกระตุ้นสำหรับการเรียนรู้ และยังส่งเสริมพัฒนาการทางการคิดของนักเรียนอีกด้วย

โดยสรุปแล้วรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ POE มีฐานรากมาจากทฤษฎีคอนสรัคติวิสต์ ที่นักเรียนอาจเกิดกระบวนการขัดแย้งทางปัญญา จากนั้นแรงกระตุ้นจะทำให้นักเรียนพยายามจะเปลี่ยนความขัดแย้งที่เกิดขึ้นให้เป็นสิ่งที่ได้เรียนรู้ใหม่ โดยการปรับโครงสร้างทางสติปัญญาเดิม ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ การทำนาย การสังเกต และการอธิบาย โดยมีการเขียนทางวิทยาศาสตร์แทรกอยู่ในแต่ละขั้น

Haysom & Bowen (2010) ได้เสนอกลยุทธ์การสอน POE sequence ซึ่งพัฒนามาจากกลยุทธ์การสอน POE ที่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การทำนาย การสังเกต และการอธิบาย โดยขยายความในแต่ละขั้นของ POE ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ประกอบด้วย 8 ขั้น ได้แก่

(1) การนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างแรงจูงใจ เป็นขั้นที่นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามที่ท้าทาย ร่วมกันอภิปรายเพื่อสะท้อนประสบการณ์หรือความรู้ก่อนหน้าในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน

(2) การนำเข้าสู่กิจกรรมหรือการทดลอง เป็นขั้นที่แนะนำการทดลองหรือกิจกรรม โดยมีการเชื่อมโยงกิจกรรมกับเรื่องที่อภิปรายในขั้นต้น

(3) การทำนาย เป็นขั้นที่ล้วงประสบการณ์หรือความรู้ ความเข้าใจเดิม ระบุผลการทำนายที่จะเกิดขึ้น พร้อมทั้งแสดงเหตุผลประกอบการทำนาย

(4) การอภิปรายสิ่งที่ทำนาย เป็นขั้นที่ร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มย่อยและทั้งชั้นเรียนถึงการทำนายผลการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น และร่วมกันเลือกคำทำนายที่มีน่าจะเป็นไปได้มากที่สุด

พร้อมแสดงเหตุผลมารองรับ ซึ่งในขั้นนี้อาจจะเกิดความคิดใหม่ๆ และอาจเป็นคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้องก็ได้

(5) การสังเกต เป็นขั้นที่ร่วมกันสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆ และบันทึกสิ่งที่ได้จากการสังเกตจากการทดลองหรือกิจกรรม พยายามรวบรวมข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมให้มากที่สุด โดยแสดงหลักฐานและเหตุผลประกอบ

(6) การอธิบาย เป็นขั้นที่จัดระบบกับความคิดของตนเองผ่านการพูดคุยและการเขียนอภิปรายถึงสิ่งที่ได้จากการสังเกต ซึ่งอาจเป็นคู่หรือเป็นกลุ่ม พร้อมทั้งระบุเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบที่อภิปรายร่วมกัน

(7) การให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่ร่วมกันสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ เปรียบเทียบและตรวจสอบความสอดคล้องของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างกับเพื่อนร่วมชั้นและคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์จากบทเรียน

(8) การติดตามผล (Follow-up) เป็นขั้นที่แสดงข้อมูลป้อนกลับเรื่องการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และประยุกต์ความรู้ เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติต่อไป

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

4.1 งานวิจัยต่างประเทศ

Liew and Treagust (1998) ศึกษาประสิทธิผลของกลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายที่จะส่งเสริมความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องของเหลว โดยมีการเก็บข้อมูลจากกิจกรรมการเขียนทางวิทยาศาสตร์ การสัมภาษณ์นักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพประกอบ พบว่ากลวิธีนี้ทำให้คะแนนความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนสูงขึ้น รวมทั้งกลวิธีนี้ยังเหมาะสมกับห้องเรียนที่มีลักษณะการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

Kala, Yaman, and Ayas (2013) ได้ศึกษาประสิทธิผลของเทคนิคการสอนที่ใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย เพื่อพัฒนาความเข้าใจในเรื่องกรดเบสในวิชาเคมี ดำเนินการเก็บข้อมูลกับนักเรียนจำนวน 27 คน โดยใช้การประเมินจากภาระงานของนักเรียน และสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในระดับน้อยในเรื่องการแสดงคู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรดและคู่เบส รวมทั้งกลวิธีนี้ยังช่วยประเมินมโนทัศน์ของนักเรียนก่อนและหลังทดลองได้อีกด้วย

Cinici and Demir (2013) ได้ศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายแบบร่วมมือที่มีต่อการเปลี่ยนมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเรื่องการแพร่และการออสโมซิส โดยกิจกรรมหลักประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การทำนายสิ่งที่คาดว่าจะเกิดขึ้น การสังเกตการทดลอง และการอธิบายสาเหตุของการเกิด ซึ่งจะต้องมีการทำงานร่วมมือกันภายในกลุ่ม โดยในแต่ละกลุ่มมีนักเรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้นี้ช่วยพัฒนาการเปลี่ยนมโนทัศน์ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Ayvacı (2013) ศึกษาประสิทธิภาพและความพึงพอใจของครูผู้สอนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่สอนโดยใช้กลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย จำนวน 16 คน วิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมที่มีลักษณะให้แสดงผลการทำนาย ผลการสังเกต และอธิบายความสัมพันธ์ และจากการแสดงความคิดเห็นในมุมมองทางวิทยาศาสตร์ ผลการทดลองพบว่าครูวิทยาศาสตร์มีความพึงพอใจกับกลวิธีการสอนนี้ และกลวิธีนี้ช่วยส่งเสริมให้เข้าใจมโนทัศน์ของเนื้อหาได้มากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยต่างประเทศดังข้างต้น สรุปได้ว่า กลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย มีกิจกรรมการเขียนทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมหลัก นักเรียนมีการจัดกลุ่มแบบคละความสามารถ ซึ่งจะช่วยพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนทั้งในเรื่องความเข้าใจมโนทัศน์ และการเปลี่ยนมโนทัศน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 งานวิจัยภายในประเทศ

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองจัดอยู่ในความสามารถระดับดี นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปพิชญา ปากเมย (2556) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งสอนโดยใช้วิธีสอนการทำนาย การสังเกต และการอธิบาย ซึ่งพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานความร้อน

สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน ซึ่งก่อนเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้อง ร้อยละ 17.33 และหลังเรียนมีจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องร้อยละ 84.22

พัชรวรินทร์ เกลี้ยงนวล (2556) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบ Predict-Observe-Explain (POE) ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลองกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังเรียน พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และมีระดับความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

สาโรจน์ ทองนาค (2558) ศึกษาและพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ไฟฟ้ากระแสด้วยกิจกรรม การเรียนรู้แบบ ทำนาย-สังเกต-การอธิบาย (POE) โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 40 คน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา 24 จังหวัดกาฬสินธุ์ เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้ากระแส และการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม การวิเคราะห์ข้อมูลเน้นการตีความโดยจัดกลุ่มตามแนวคิดของนักเรียน ซึ่งยึดมโนมติที่นำเสนอในตำราของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และประเมินมโนมติทางเลือกของนักเรียนก่อนเรียน นำมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) มีทั้งหมด 4 กิจกรรมการเรียนรู้ ก่อนการเรียนรู้นักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนสูง แต่หลังจากนักเรียนได้รับการสอนโดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) พบว่านักเรียนมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

จากการวิเคราะห์งานวิจัยภายในประเทศ สรุปได้ว่า กลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ เกิดขึ้นในห้องเรียนที่มีชีวิตชีวา นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอน จะสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

โดยสรุปแล้ว กลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย เป็นการเรียนรู้ที่มีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์เป็นฐาน ซึ่งจะช่วยพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน เมื่อนักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์เป็นพื้นฐาน นักเรียนสามารถจัดกระทำกับความรู้ที่ได้เรียนมา และประยุกต์ความรู้พื้นฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆในธรรมชาติ สร้างข้อสรุปและโต้แย้งคำอธิบายโดยมีเหตุผลและหลักฐานที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุน

กรอบแนวคิดการวิจัย เรื่อง ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

การเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสติปัญญาของบุคคลในการสร้างความรู้และความหมายของสิ่งต่างๆที่ได้รับผ่านกระบวนการซึมซับ (Assimilation) คือ การนำข้อมูลหรือความรู้ใหม่ที่ได้รับไปเชื่อมโยงอย่างกลมกลืนกับโครงสร้างความรู้ที่ตนมีอยู่ และการปรับกระบวนการรู้คิด (Accommodation) คือ การคิดค้นหาวิธีการต่างๆ มาใช้ในการปรับความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ให้เกิดความสมดุล (Equilibrium) และเป็นความรู้ความเข้าใจที่มีความหมายต่อตนเอง

ทฤษฎีคอนสรัคติวิสต์เชิงสังคม

การเรียนรู้เกิดขึ้นในขณะที่บุคคลมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองานตามบริบทของสังคมและวัฒนธรรม (Sociocultural Context) เด็กทุกคนมีระดับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาที่ตนเป็นอยู่ในปัจจุบัน และระดับที่ตนมีศักยภาพจะไปให้ถึง ช่วงห่างระหว่างระดับพัฒนาการทั้งสอง หรือ ZPD (Zone of Proximal Development) เป็นช่วงห่างที่เด็กมีศักยภาพจะพัฒนาได้ ซึ่งเด็กแต่ละคนจะมีไม่เท่ากัน พิจารณาจากบุคคลที่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง หรือเมื่อได้รับคำแนะนำ โดยผู้สอนมีหน้าที่เป็นผู้ชี้นำและชี้แนะให้เกิดปฏิสัมพันธ์ที่มีประสิทธิภาพในชั้นเรียน

↓

กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

1. การนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างแรงจูงใจ เป็นขั้นที่นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามที่ท้าทาย ร่วมกันอภิปรายเพื่อสะท้อนประสบการณ์หรือความรู้ก่อนหน้าในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน

2. การนำเข้าสู่กิจกรรมหรือการทดลอง เป็นขั้นที่แนะนำการทดลองหรือกิจกรรม โดยมีการเชื่อมโยงกิจกรรมกับเรื่องที่อภิปราย

3. การทำนาย เป็นขั้นที่ล้วงประสบการณ์หรือความรู้เดิม ระบุผลการทำนายที่จะเกิดขึ้น พร้อมทั้งแสดงเหตุผลประกอบการทำนาย

4. การอภิปรายสิ่งที่ทำนาย เป็นขั้นที่ร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มย่อยและทั้งชั้นเรียนถึงการทำนายผลการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น และร่วมกันเลือกคำทำนายที่มีน่าจะเป็นไปได้มากที่สุด พร้อมแสดงเหตุผลมารองรับ

5. การสังเกต เป็นขั้นที่ร่วมกันสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆ และบันทึกสิ่งที่สังเกตจากการทดลองหรือกิจกรรม พยายามรวบรวมข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมให้มากที่สุด โดยแสดงหลักฐานและเหตุผลประกอบ

6. การอธิบาย เป็นขั้นที่จัดระบบกับความคิดของตนเองผ่านการพูดคุยและการเขียน อภิปรายถึงสิ่งที่ได้จากการสังเกต ซึ่งอาจเป็นคู่หรือเป็นกลุ่ม พร้อมทั้งระบุเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบที่อภิปรายร่วมกัน

7. การให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นที่ร่วมกันสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ เปรียบเทียบและตรวจสอบความสอดคล้องของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างกับเพื่อนร่วมชั้นและคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์จากบทเรียน

8. การติดตามผล เป็นขั้นที่แสดงข้อมูลป้อนกลับในเรื่องการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และประยุกต์ความรู้ เพื่อนำไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ

↓

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1. ข้อกล่าวอ้าง
2. หลักฐาน
3. การให้เหตุผล

ความมีเหตุผล

1.เชื่อมั่นและเห็นคุณค่าของการเป็นผู้มีเหตุผล

2.แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้

3. ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลที่มาสนับสนุนอย่างเพียงพอ

4. แสวงหาข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำตอบ

5. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) ที่มีรูปแบบการวิจัย One-Group pretest-posttest Design โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม มีการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง มีระยะและขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. รูปแบบการวิจัย
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร วารสาร และงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล

1.2 ศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร วารสาร และงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับกลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน รวมทั้งหลักการและทฤษฎีที่สนับสนุน

1.3 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 และหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนเพื่อวิเคราะห์เนื้อหาวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อะตอมและตารางธาตุ และวิเคราะห์คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสาระเรื่องแบบจำลองอะตอม

1.4 ศึกษาการวัดประเมินผลการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.5 ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความมีเหตุผล

2. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ One group pretest-posttest ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

รูปแบบการวิจัยแบบ One group pretest-posttest design

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

X หมายถึง กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอน ดังนี้

การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นโรงเรียนขนาดกลางที่เปิดสอนทั้งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีทั้งนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ มีจำนวนมากพอต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล และเป็นโรงเรียนที่ให้การสนับสนุนและร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 1 ซึ่งเป็นห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เนื่องจากโรงเรียนอนุญาตให้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาสาระเรื่อง แบบจำลองอะตอม จำนวน 8 แผน ใช้เวลาในการสอน 17 คาบเรียน คาบละ 50 นาที ซึ่งตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ระหว่าง 0.5-1.0

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

4.2.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะข้อสอบเขียนอธิบายคำตอบ จำนวน 4 ข้อ โดยครอบคลุมเนื้อหาสาระเรื่องแบบจำลองอะตอม และวัดองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างตามแนวคิดของ McNeil and Krajcik (2008) ซึ่งได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning)

4.2.2 แบบวัดความมีเหตุผล เป็นแบบทดสอบเชิงสถานการณ์ โดยรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ คือ (1) สถานการณ์ โดยกำหนดสถานการณ์ที่สะท้อนเกี่ยวกับลักษณะของความมีเหตุผล 5 คุณลักษณะ ดังนั้นแบบวัดความมีเหตุผลนี้ประกอบด้วยสถานการณ์ทั้งหมด 5 สถานการณ์ (2) ข้อคำถาม ในแต่ละสถานการณ์ ประกอบด้วยคำถาม 3 ข้อ ซึ่งเป็นการถามความคิดเห็น ทัศนคติ

การปฏิบัติ และการเลือกปฏิบัติของผู้ตอบในแนวทางต่างๆกัน และ (3) ตัวเลือกในแต่ละข้อคำถาม โดยแต่ละข้อคำถามมี 3 ตัวเลือก ซึ่งมีระดับความเข้มของคำตอบแตกต่างกัน

4.2.3 แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) จากรายการที่แสดงถึงพฤติกรรมความมีเหตุผลทั้งหมด 10 รายการ มีคะแนนเต็ม 10 คะแนน และบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมนั้น

ขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ มีดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.1 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1.1.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

1.1.2 คัดเลือกเนื้อหาที่จะใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.1.3 กำหนดเนื้อหา จำนวนคาบเรียน วัตถุประสงค์การเรียนรู้ รวมถึงกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อจัดทำแผนระยะยาวสำหรับรายวิชาเคมีพื้นฐาน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการสอนเคมีโดยการทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ซึ่งแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และจำนวนคาบของกิจกรรมการเรียนการสอน

แผนลำดับที่	สาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ
1	แนวคิดในการสร้างแบบจำลองอะตอม	2
2	แบบจำลองอะตอมของดอลตัน	1
3	การศึกษาอนุภาคในหลอดรังสีแคโทด	3
4	แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด	2
5	อนุภาคมูลฐานของอะตอม	2
6	สัญลักษณ์นิวเคลียร์	2
7	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสเปกตรัม	2
8	สเปกตรัมของธาตุและการแปลความหมาย	3
	รวม	17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1.4 ระบุบทบาทของครูและนักเรียนในกลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ซึ่งปรับมาจาก Haysom & Bowen (2010) สรุปได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นนำและสร้างแรงจูงใจ (Orientation and Motivation)	1. สร้างแรงบันดาลใจให้นักเรียนเกิดความสนใจในเรื่องที่จะเรียน 2. ถามคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน	1. ตอบคำถาม และแสดงความสนใจในหัวเรื่องที่จะศึกษา 2. สะท้อนประสบการณ์หรือความรู้ก่อนหน้าที่เกี่ยวข้อง
2. ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรมหรือการทดลอง (Introducing the Experiment)	1. แนะนำกิจกรรมหรือการทดลอง 2. เป็นผู้อำนวยความสะดวก	ร่วมอภิปรายกับครูเพื่อเชื่อมโยงกิจกรรมเข้าสู่คำถามที่ถามในขั้นต้น
3. ขั้นทำนาย (Prediction)	1. กระตุ้นให้นักเรียนเขียนผลที่จะเกิดขึ้นจากกิจกรรม 2. ใช้คำถามเพื่อล้วงความรู้เดิมของนักเรียน	เขียนสิ่งที่จะเกิดขึ้นพร้อมกับระบุเหตุผลประกอบ
4. ขั้นอภิปรายสิ่งที่ทำนายไว้ (Discussing their Prediction)	1. กระตุ้นให้นักเรียนคาดการณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น 2. สนับสนุนและส่งเสริมให้นักเรียนเสนอสิ่งที่ทำนายไว้	1. พิจารณาเลือกคำทำนายที่มีเหตุผลมารองรับ 2. ร่วมกันอภิปรายถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นภายใต้หลักฐานและเหตุผล
5. ขั้นการสังเกต (Observation)	1. เป็นผู้อำนวยความสะดวก 2. ช่วยเหลือนักเรียนในการทำกิจกรรมได้ตามความเหมาะสม	1. สังเกตปรากฏการณ์จากการทดลองหรือกิจกรรม 2. บันทึกสิ่งที่ได้จากการทดลองหรือกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
6. ขั้นอธิบาย (Explanation)	1. เป็นผู้อำนวยความสะดวก 2. ตั้งคำถามอย่างเป็นลำดับเพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลของการเกิด	แลกเปลี่ยนความคิด ผ่านกิจกรรมการพูดและการเขียนในกลุ่มย่อย ภายใต้และหลักฐานและเหตุผลสนับสนุน
7. ขั้นให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Providing the Scientific Explanation)	1. นำนักเรียนให้ระบุหลักฐาน และเหตุผลสนับสนุน 2. แนะนำกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	1. สร้างคำอธิบายของตนเอง 2. เปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของคำอธิบายที่สร้างกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน
8. ขั้นติดตามผล (Follow-Up)	ให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้าง	ประยุกต์ความรู้ หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

1.1.5 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบตามจำนวนที่กำหนด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์สอนในรายวิชาเคมี จำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแสดงในตารางภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรม ความถูกต้องของสาระที่สอน เรื่องแบบจำลองอะตอม ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ และความเหมาะสมของเวลา ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

1) ด้านเนื้อหาสาระ

เพิ่มเนื้อหาในสาระการเรียนรู้ และปรับข้อความเพื่อให้สามารถสื่อสารกับนักเรียนได้อย่างชัดเจนและตรงประเด็น เนื้อหาควรสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เช่น

(1) เพิ่มเติมสาระเรื่องกฎทรงมวลและกฎสัดส่วนคงที่ เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

(2) เพิ่มเติมคุณสมบัติของรังสีทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมา เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาเกี่ยวกับอำนาจทะลุทะลวงของรังสีแต่ละชนิด

(3) เพิ่มเติมเกี่ยวกับการทดลองของเจมส์ แชดวิกที่เป็นหลักฐานในการค้นพบนิวตรอน

2) ด้านวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ปรับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ให้มีความชัดเจน และสอดคล้องกับสาระกิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผล โดยเพิ่มเติมวัตถุประสงค์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่และความสัมพันธ์กับแบบจำลองอะตอมของดอลตัน

3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้

ปรับกิจกรรมในแต่ละขั้นให้สอดคล้องกับเนื้อหา รวมทั้งเวลาควรมีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่จะใช้ในการเรียนการสอน เช่น

(1) กิจกรรมในขั้นนำและสร้างแรงจูงใจในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มีการใช้คำถามต่อเนื่อง ตรงประเด็น แต่ยังไม่สร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียนมากนัก

(2) กิจกรรมในขั้นนำและสร้างแรงจูงใจในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ควรกล่าวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อของสารในยุคกรีกโบราณกับยุคที่มีการทดลองเพื่อสรุปเป็นแบบจำลองอะตอม

(3) กิจกรรมในขั้นนำและสร้างแรงจูงใจในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 ควรจะปรับเป็นสถานการณ์ให้นักเรียนทราบถึงแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด แล้วถามนักเรียนต่อไปจะเกิดอะไรขึ้น แทนการถามนักเรียนโดยตรงที่ให้อธิบายข้อจำกัดของแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

(4) กิจกรรมในขั้นทำนายของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 ควรสอดคล้องกับสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้จากสีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัม

4) ด้านภาษาและการสื่อความหมาย

ปรับข้อคำถาม รูปภาพ และประโยคให้สื่อความหมายได้ชัดเจน มีความเป็นรูปธรรม เหมาะสมกับวัยของนักเรียน เช่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(1) รูปภาพควรเป็นภาพที่เข้าใจง่าย สร้างแรงจูงใจให้นักเรียน

(2) ควรเพิ่มข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนฝึกกระบวนการคิดมากกว่าการบรรยายไปโดยตรง และปรับคำถามให้เป็นไปตามลำดับขั้นมากขึ้น เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ควรตั้งคำถามเพื่อนำนักเรียนให้คิดว่า เมื่อมวลอะตอมเป็น 2 เท่าของโปรตอน น่าจะหมายความว่าอย่างไรได้บ้าง แทนการถามไปโดยตรงว่าในอะตอมน่าจะมีอนุภาคใดเป็นองค์ประกอบอีก

1.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง แล้วจึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดความสามารถในการเขียนอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง แบบจำลองอะตอม ซึ่งในการเขียนอธิบายจะต้องระบุข้อกล่าวอ้างจากหลักฐานที่นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบหรือสังเกต และเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานด้วยการให้เหตุผล ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร และศึกษาประมวลผลการเรียนรู้รายวิชาเคมีพื้นฐาน จากหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน เพื่อกำหนดขอบข่ายในการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตร

2.1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.1.3 วิเคราะห์คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเคมีเรื่อง แบบจำลองอะตอม แล้วออกแบบกรอบเนื้อหาที่สอน โดยผู้วิจัยสร้างแบบวัดจำนวน 4 ข้อ และกำหนดเวลาในการทำแบบวัด 50 นาที โดยในการคัดเลือกสาระเพื่อที่จะสร้างแบบวัดนั้น ผู้วิจัยพิจารณาจากสาระที่เหมาะสมกับกลวิธีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนต้องมีการระบุหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนคำตอบของแต่ละกิจกรรม ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 หัวข้อเรื่องและสาระที่คัดเลือกเพื่อสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

หัวข้อเรื่อง	สาระที่คัดเลือก
อะตอมและตารางธาตุ	1. สีของเปลวไฟและสีของสเปกตรัมของธาตุ 2. การทดลองยิงอนุภาคไปยังแผ่นทองคำ 3. สเปกตรัมของแสง 4. การทดลองเพื่อศึกษาอนุภาคในหลอดรังสี

2.1.4 สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยให้สอดคล้องกับสาระที่ต้องการวัด ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบลักษณะเขียนอธิบายคำตอบ จำนวน 4 ข้อ โดยในแต่ละข้อประกอบด้วยสถานการณ์ ข้อมูลประกอบ ได้แก่ ตารางและแผนภาพ และข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2) เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีรายการประเมินทั้งหมด 3 รายการตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ McNeil and Krajcik (2008) ซึ่งได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) โดยสามารถสรุปเกณฑ์การประเมินตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 นิยามเชิงปฏิบัติการของเกณฑ์การประเมินตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การประเมิน	นิยามเชิงปฏิบัติการ
1. ข้อกล่าวอ้าง	คำตอบของคำถาม หรือข้อความที่ยืนยันหรือเป็นข้อสรุปของคำถาม
2. หลักฐาน	ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการรวบรวมเพื่อที่จะสร้างข้อกล่าวอ้าง โดยหลักฐานอาจมีหลายลักษณะเช่น ข้อมูลที่เป็นตัวเลข สิ่งที่ได้จากการสังเกต ข้อเท็จจริงที่ซ่อนอยู่ในบทความ

เกณฑ์การประเมิน	นิยามเชิงปฏิบัติการ
3. การให้เหตุผล	สิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

จากนั้นนำเกณฑ์การประเมินที่กำหนดขึ้นตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ทั่วไป (General Rubrics) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินเบื้องต้น โดยมีเกณฑ์การประเมิน ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และกำหนดเกณฑ์การประเมินในแต่ละรายการเป็น 3 ระดับคะแนน คือ 0 1 และ 2 ดังตารางที่ 13 และนำเกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ทั่วไป เพื่อสร้างเกณฑ์การประเมินแบบจำเพาะ (Specific Rubrics) สำหรับการประเมินแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้อ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินใน 3 รายการ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และกำหนดเกณฑ์การประเมินในแต่ละรายการเป็น 3 ระดับคะแนนเช่นเดียวกับรูบริกส์ทั่วไป ดังนั้นสรุปคะแนนที่ได้จากคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ระหว่าง 0-24 คะแนน

ตารางที่ 13 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ทั่วไปซึ่งประเมินตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ระดับ		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง (ข้อความหรือข้อสรุปที่เป็นคำตอบของปัญหา)	ไม่สามารถสรุปได้หรือสรุปได้ไม่ถูกต้อง	สร้างข้อสรุปได้บางส่วน	สร้างข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน (ข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป ซึ่งจะต้องเหมาะสมและเพียงพอที่จะสรุป)	ไม่แสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานที่ไม่นำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป

องค์ประกอบ	ระดับ		
	0	1	2
การให้เหตุผล (การเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับหลักฐาน)	ไม่สามารถให้เหตุผลหรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้บางส่วน รวมถึงให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่เพียงพอ	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์

และกำหนดการแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ควรปรับปรุง (Need Improvement) ดี (Good) และดีมาก (Excellent) ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามช่วงคะแนน

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
19-24	ความสามารถในระดับดีมาก
13-18	ความสามารถในระดับดี
0-12	ความสามารถในระดับควรปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.5 ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของสถานการณ์ และข้อมูลประกอบ รวมทั้งลักษณะของภาษาที่ใช้ นำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษา

2) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก)

ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในแบบวัด จากนั้นคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) และปรับปรุงแบบวัดตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

2.1) ข้อสอบทั้ง 4 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างระหว่างข้อคำถามกับนิยามของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากกว่า 0.5 ทุกข้อ

2.2) ด้านภาษา มีสิ่งที่ควรปรับปรุง ดังนี้

(1) เปลี่ยนคำถามในเรื่องการทดลองยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำจากนักเรียนจะสรุปลักษณะของอะตอมได้อย่างไร เป็นนักเรียนจะสรุปลักษณะของอะตอมจากข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุหลักฐานจากการทดลองมากล่าวอ้างลักษณะอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

(2) เปลี่ยนหลักฐานที่แสดงในเรื่องการทดลองยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำจากคำว่า ฉาก เป็นตำแหน่ง

(3) เปลี่ยนคำอธิบายประกอบภาพ จากคำว่า แสดงดังรูป เป็นแสดงดังภาพ

3) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิเสนออาจารย์ที่ปรึกษา แล้วจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดรายข้อ ด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.4-0.7 (Carey, 1988) และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (Ebel, 1986) และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ($\propto$-Coefficient) ของคอนบาร์ค รวมทั้งมีการสอบถามนักเรียนในเรื่องของความชัดเจนของภาษาและการสื่อความหมาย

จากการนำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 29 คน ซึ่งผ่านการเรียนเรื่องแบบจำลองอะตอมและตารางธาตุมาแล้ว และมีบริบทเป็นห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์เหมือนกับห้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่วิจัย ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัด พบว่า มีความเที่ยงเท่ากับ 0.51 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.41-0.61 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.29-0.66

ผลการสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมในเรื่องของภาษาและการสื่อความหมาย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เห็นว่าข้อคำถามและข้อมูลที่กำหนดให้มีความชัดเจน สื่อความหมายได้เข้าใจง่าย แต่มีนักเรียนจำนวน 2 คนที่ให้ความเห็นตรงกันว่า ภาพประกอบข้อคำถามที่ 3 ในเรื่องสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีข้อความส่วนหนึ่งแสดงว่า แสงจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านปริซึม ปรากฏว่าเกิดการแยกเป็นแสงสีต่างๆ จำนวน 7 สี ซึ่งนักเรียนทั้งสองคนให้ความเห็นว่าภาพประกอบทั้งสองไม่แสดงถึงการแยกของสีได้ชัดเจน ผู้วิจัยจึงปรับคำจากคำว่าแยกเป็นกระจาย

4) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงและแก้ไขแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งก่อนนำไปใช้จริงในการวิจัยกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2.1.6 ตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) นำเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษา

2) นำเกณฑ์การให้คะแนนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (แสดงรายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องของคำตอบกับองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความเหมาะสมของลักษณะของคำตอบกับระดับคะแนน รวมทั้งลักษณะของภาษาที่ใช้ จากนั้นคัดเลือกรายการที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) และปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

2.1) รายการประเมินตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 รายการ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิมากกว่า 0.5 ทุกรายการ

2.2) แก้ไขคำเฉลยในแบบวัดข้อที่ 1 ในส่วนของหลักฐาน โดยควรระบุว่าแสดงหลักฐานที่เหมาะสม และยกตัวอย่างสีของเปลวไฟและสีของสเปกตรัมจากสารประกอบ $CaCl_2$ และ $CaCO_3$ ได้ครบถ้วน

2.3) ในส่วนของข้อกล่าวอ้างที่เป็นคำถามปลายปิด ยากที่จะประเมินและให้คะแนนนักเรียนในระดับ 1

3) นำเกณฑ์การให้คะแนนที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของแต่ละรายการประเมินอีกครั้ง แล้วจึงนำไปใช้กับกลุ่มทดลองเพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

2.2 แบบวัดความมีเหตุผล

แบบวัดความมีเหตุผล เป็นแบบวัดที่ใช้สำหรับการวัดความมีเหตุผลของนักเรียนก่อนและหลังการทดลอง มีลักษณะการทดสอบเชิงสถานการณ์ (Situation Testing) โดยมีสถานการณ์และข้อคำถามมาให้นักเรียนพิจารณาความสอดคล้องกับลักษณะของความมีเหตุผลที่ผู้วิจัยศึกษาทั้ง 5 ประการ ซึ่งมีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความมีเหตุผล ดังนี้

2.2.1 ศึกษาหนังสือ เอกสาร งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวข้องกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์และลักษณะของความมีเหตุผล

2.2.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบวัดความมีเหตุผล เพื่อกำหนดสถานการณ์ที่ต้องการวัดกับลักษณะของความมีเหตุผล ได้แก่ 1) เชื่อมั่นและเห็นคุณค่าของการเป็นผู้มีเหตุผล 2) แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้ 3) ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลที่มาสนับสนุนอย่างเพียงพอ 4) แสวงหาข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำตอบ และ 5) ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

2.2.3 สร้างแบบวัดความมีเหตุผล มีลักษณะเป็นการทดสอบด้วยสถานการณ์โดยการใช้แบบประเมินความมีเหตุผลด้วยสถานการณ์ของ Haney (1969) และแนวการสร้างแบบประเมินด้วยสถานการณ์ของ โชติ เพชรชื่น (2526) ซึ่งประกอบด้วย

1) สถานการณ์ โดยสอดคล้องกับลักษณะของความมีเหตุผลทั้ง 5 ประการ ดังนั้นแบบวัดความมีเหตุผลนี้ ประกอบด้วยสถานการณ์ทั้งหมด 5 สถานการณ์

2) ข้อคำถาม โดยจะถามเกี่ยวกับความรู้สึก ความเชื่อ ความคิดเห็น และพฤติกรรมที่แสดงออกต่อปรากฏการณ์และเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งในแต่ละสถานการณ์จะประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ ซึ่งเป็นการถามความคิดเห็น การปฏิบัติ และการเลือกปฏิบัติของผู้ตอบในแนวทางที่แตกต่างกัน

3) ตัวเลือกในแต่ละข้อคำถาม โดยแต่ละข้อคำถามมี 3 ตัวเลือก ซึ่งมีระดับความเข้มของคำตอบแตกต่างกัน

2.2.4 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความมีเหตุผลในแต่ละข้อ โดยถ้าตอบพฤติกรรมที่แสดงถึงความมีเหตุผลให้ 1 คะแนน ถ้าตอบพฤติกรรมที่เป็นกลาง ให้ 0 คะแนน และถ้าตอบพฤติกรรมตรงข้ามกับความมีเหตุผลให้ -1 คะแนน

2.2.5 สร้างแบบวัดความมีเหตุผลเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสถานการณ์ที่กำหนดกับลักษณะของความมีเหตุผล จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.2.6 นำแบบวัดความมีเหตุผลที่แก้ไขตามคำแนะนำอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างสถานการณ์ที่กำหนดให้กับลักษณะของความมีเหตุผล รวมทั้งความชัดเจนของภาษาและการสื่อความหมายของสถานการณ์ ข้อคำถาม และตัวเลือก จากนั้นปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

1) สถานการณ์ที่ใช้ทดสอบทั้ง 5 สถานการณ์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างสถานการณ์ที่กำหนดให้กับลักษณะของความมีเหตุผลมากกว่า 0.5 ทุกรายการ

2) ปรับชื่อผู้ทดลองในสถานการณ์ที่ 2 คือ กิ๊ฟและกิ่ง เนื่องจากชื่อผู้ทดลองมีความคล้ายคลึงกัน โดยเปลี่ยนเป็นกิ๊ฟและปอม

3) ปรับสถานการณ์ที่ 5 จากการทดลองชั่งลูกเหล็กเป็นหาปริมาณไนเตรตในไส้กรอก เนื่องจากการชั่งลูกเหล็กเป็นเพียงการพิจารณาข้อมูลที่ได้จากการชั่งน้ำหนักเท่านั้น แต่ไม่ได้ระบุว่าจะหาน้ำหนักของลูกเหล็กไปเพื่ออะไร เพื่อให้ผู้ตอบพิจารณาว่าข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

2.2.7 นำแบบวัดความมีเหตุผลที่แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 28 คน เพื่อสอบถามเพิ่มเติมในเรื่องของภาษาและการสื่อความหมายในสถานการณ์ ข้อคำถาม และตัวเลือก พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันว่า แบบวัดแต่ละข้อมีความสอดคล้องระหว่างสถานการณ์และข้อคำถาม ตัวเลือกในแต่ละข้อสื่อความได้เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน

2.2.8 นำแบบวัดความมีเหตุผลที่ปรับปรุงและแก้ไขแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งก่อนนำไปใช้จริงในการวิจัยกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2.3 แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล เป็นแบบสังเกตที่ใช้สำหรับวัดพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกในแต่ละลักษณะของความมีเหตุผล โดยมีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ มีรายละเอียดในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังต่อไปนี้

2.3.1 ศึกษาหนังสือ เอกสาร งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวข้องกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์และลักษณะของความมีเหตุผล รวมทั้งแนวทางในการวัดและประเมินความมีเหตุผล

2.3.2 กำหนดพฤติกรรมที่แสดงถึงลักษณะของความมีเหตุผล และเป็นพฤติกรรมที่สามารถสังเกตได้ระหว่างการจัดการเรียนการสอน โดยผลการกำหนดพฤติกรรม สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ลักษณะความมีเหตุผลและพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตระหว่างเรียน

ลักษณะของความมีเหตุผล	**พฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตระหว่างเรียน**
1. เชื่อมั่นและเห็นคุณค่าของการเป็นผู้มีเหตุผล	1.1 พูดแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่างๆ โดยมีเหตุผลมารองรับ
	1.2 อธิบายข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล โดยปราศจากอคติส่วนบุคคล
2. แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ได้	2.1 ตั้งคำถามหรือระบุประเด็นที่สอดคล้องกับข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล
	2.2 ทำนายผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้เหตุผลประกอบการทำนาย
	2.3 อธิบายถึงสาเหตุและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมหรือการทดลอง
3. ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลที่มาสนับสนุนอย่างเพียงพอ	3.1 ร่วมกันอภิปราย ซักถาม กับเพื่อนร่วมชั้นในประเด็นต่างๆ ก่อนที่จะยอมรับข้อมูลนั้นๆ
	3.2 เปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน

ลักษณะของความมีเหตุผล	พฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตระหว่างเรียน
4. แสวงหาข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำตอบ	4.1 ค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อสนับสนุนความรู้ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ
	4.2 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรมหรือการทดลองเพื่อนำมาสู่ข้อสรุป
5. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้	5.1 ใช้บทเรียน สื่อประกอบ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ

2.3.3 กำหนดมาตรวัดสำหรับการสังเกตพฤติกรรม โดยใช้แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เนื่องจากสามารถสังเกตในแต่ละคาบเรียนที่จัดการเรียนรู้ได้ มีความแม่นยำ และสะดวก โดยกำหนดผลการสังเกต คือ ปฏิบัติ และไม่ปฏิบัติ และมีการบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพประกอบ

ปฏิบัติ คือ นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกในการจัดการเรียนรู้
ไม่ปฏิบัติ คือ นักเรียนไม่มีพฤติกรรมที่แสดงออกในการจัดการเรียนรู้

2.3.4 กำหนดเกณฑ์การแปลผลที่ได้จากแบบตรวจสอบรายการ โดยกำหนดคะแนนเป็นดังนี้

ปฏิบัติ ให้ 1 คะแนน
ไม่ปฏิบัติ ให้ 0 คะแนน

2.3.5 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างลักษณะของความมีเหตุผลกับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตระหว่างเรียน ตลอดจนการใช้ภาษา แล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.3.6 นำแบบสังเกตที่แก้ไขตามคำแนะนำอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างลักษณะของความมีเหตุผลกับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตระหว่าง

เรียน รวมทั้งให้คำแนะนำเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษา และปรับปรุงแบบสังเกตตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

1) รายการประเมินพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตทั้ง 10 รายการ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตกับลักษณะของความมีเหตุผลมากกว่า 0.5 ทุกรายการ

2) พฤติกรรมเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน มีความเพียงพอหรือไม่ที่จะแสดงถึงลักษณะความมีเหตุผล

2.3.7 นำแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลที่แก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างระหว่างเรียน เพื่อนำคะแนนที่ได้จากการสังเกต มาตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน โดยประเมินร่วมกับครูในโรงเรียน 1 คน รวมกัน 2 คน ผลการตรวจสอบ พบว่า ผู้ประเมินทั้งสองคนประเมินพฤติกรรมความมีเหตุผลตรงกันร้อยละ 94

2.3.8 นำแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลที่ได้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ตัวแทนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 6 คน เนื่องจากเป็นจำนวนที่เหมาะสมสำหรับศักยภาพในการสังเกตของผู้วิจัยเอง โดยทั้ง 6 คนที่คัดเลือกเพื่อสังเกตนั้น ใช้วิธีการคัดเลือกจากนักเรียนที่มีระดับความมีเหตุผลแตกต่างกัน เพื่อเป็นตัวแทนของการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลกับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลารวม 21 คาบ คาบละ 50 นาที แบ่งเป็นก่อนดำเนินการทดลอง 2 คาบ ระหว่างการทดลอง 17 คาบ และหลังการทดลอง 2 คาบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง

ก่อนเริ่มการทดลอง ผู้วิจัยใช้เวลา 30 นาที ในการแนะนำกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยวัตถุประสงค์ของกลวิธี ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียนในกระบวนการเรียนรู้ เกณฑ์การให้คะแนนและ

ประเมินผล จากนั้นดำเนินการเก็บข้อมูลเป็นรายบุคคลก่อนการทดลองด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 40 นาที และแบบวัดความมีเหตุผล 30 นาที

5.2 ขั้นดำเนินการทดลอง

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน โดยใช้เวลาในการทดลอง 5 สัปดาห์ จำนวน 17 คาบ คาบละ 50 นาที จำนวน 8 แผน

ผู้วิจัยดำเนินเก็บรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

5.2.1 สังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลของนักเรียนตามลักษณะของความมีเหตุผล ได้แก่ 1) พูดแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่างๆ โดยมีเหตุผลมารองรับ 2) อธิบายข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล โดยปราศจากอคติส่วนบุคคล 3) ตั้งคำถามหรือระบุประเด็นที่สอดคล้องกับข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล 4) ทำนายผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้เหตุผลประกอบการทำนาย 5) อธิบายถึงสาเหตุและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมหรือการทดลอง 6) ร่วมกันอภิปราย ซักถาม กับเพื่อนร่วมชั้นในประเด็นต่างๆ ก่อนที่จะยอมรับข้อมูลนั้นๆ 7) เปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน 8) ค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อสนับสนุนความรู้ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ 9) ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรมหรือการทดลองเพื่อนำมาสู่ข้อสรุป และ 10) ใช้บทเรียน สื่อประกอบ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ โดยสังเกตกับตัวแทนนักเรียน 6 คน จำนวน 5 ครั้ง และจดบันทึกพฤติกรรมที่ตัวแทนนักเรียนแสดงออกเพิ่มเติม

5.2.2 การจัดทำบันทึกหลังสอน โดยบันทึกผลการเรียนรู้ กระบวนการที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ความรู้ที่นักเรียนได้รับทั้งในวิชาเคมีและอื่นๆ รวมถึงพฤติกรรมของนักเรียนขณะจัดการเรียนรู้

5.2.3 การให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิด โดยเขียนในประเด็นสิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเคมี สิ่งที่ได้เรียนรู้นอกเหนือจากวิชาเคมี ความรู้สึกของผู้เขียนและต่อกระบวนการจัดการเรียนการสอนของครู รวมไปถึงสิ่งที่ยังสงสัยอยู่

5.3 ขั้นหลังการทดลอง

เมื่อจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 17 คาบแล้ว ดำเนินการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทาง

วิทยาศาสตร์ และแบบวัดความมีเหตุผล โดยใช้เวลา 40 นาที และ 30 นาทีตามลำดับ ซึ่งทั้งสองแบบวัดเป็นเครื่องมือฉบับเดียวกับก่อนทดลอง

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าสถิติสำเร็จรูป ดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

6.1.1 หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมและคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นำผลคะแนนไปเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อแปลผลเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

6.1.2 ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลองของกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) กำหนดระดับนัยสำคัญ ($\propto$) ที่ระดับ .05

6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวัดความมีเหตุผล วิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

6.2.1 หาค่าเฉลี่ย ร้อยละของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียน นำร้อยละของค่าเฉลี่ยไปเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 80

6.2.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนและคะแนนในแต่ละลักษณะของความมีเหตุผล จากแบบวัดความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังทดลองด้วยสถิติทดสอบที (t-test) กำหนดระดับนัยสำคัญ ($\propto$) ที่ระดับ .05

6.2.3 วิเคราะห์เชิงเนื้อหา เพื่อนำข้อมูลเชิงคุณภาพมาวิเคราะห์พฤติกรรมความมีเหตุผลของนักเรียน เพื่อยืนยันข้อมูลที่ได้จากแบบวัด

Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน คือ ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลการวิเคราะห์ความมีเหตุผล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละของ $\bar{X}$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า t ของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังทดลอง (n=29)

คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	$\bar{X}$	ร้อยละของ $\bar{X}$	S.D.	t^a
ก่อนทดลอง	6.20	25.88	3.76	11.549*
หลังทดลอง	14.24	59.33	3.72	

* $P < .05$

[a] One-tailed dependent t-test.

ก่อนทดลอง คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จัดอยู่ในระดับควรปรับปรุง เมื่อพิจารณาจากข้อคำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่องสีของเปลวไฟและสีของสเปกตรัมของสาร โดยมีบุคคลชื่อศิวัชเผาสารประกอบชนิดต่างๆ กัน และใช้สเปกโตรสโคปส่องดูสีของเส้นสเปกตรัมที่เกิดจากสารประกอบแต่ละชนิด โดยมีคำสั่งให้นักเรียนระบุธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบที่นำมาเผา พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและให้เหตุผลประกอบ ซึ่งปรากฏว่า ก่อนทดลองคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้าง

ยังมีองค์ประกอบของคำอธิบายไม่ชัดเจน รวมทั้งสร้างคำอธิบายที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน ซึ่งแสดงดังคำตอบของนักเรียนเลขที่ 3

(ข้อกล่าวอ้าง) *สารประกอบที่ศิวัชนำมาเผาน่าจะมีธาตุแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ*

(หลักฐาน) *จากตารางสรุปผลการทดลองด้านบน จะเห็นได้ว่าสาร* $CaCl_2$ *และ* $CaCO_3$ *ได้ผลการทดลองออกมาตรงกับสารปริศนาที่ศิวัชนำมาทดลอง*

(การให้เหตุผล) *ซึ่งสีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัมในตารางตรงกับสีของเปลวไฟและสีเส้นสเปกตรัมที่ศิวัชสังเกตด้วยตาเปล่า และใช้สเปกโตรสโคปส่องดู*

นักเรียนเลขที่ 3 วันที่ 16 พ.ค. 2559

หลังทดลองพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จัดอยู่ในระดับดี โดยนักเรียนส่วนใหญ่สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีองค์ประกอบที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ดังแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนเลขที่ 5

(ข้อกล่าวอ้าง) *สารประกอบที่ศิวัชนำมาเผาน่าจะเป็นสารประกอบที่มีธาตุแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ*

(หลักฐาน) *เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์* ($CaCl_2$) *และแคลเซียมคาร์บอเนต* ($CaCO_3$) *ให้สีของเปลวไฟเป็นสีแดงอิฐ และสีของเส้นสเปกตรัมเป็นสีแดงเข้ม*

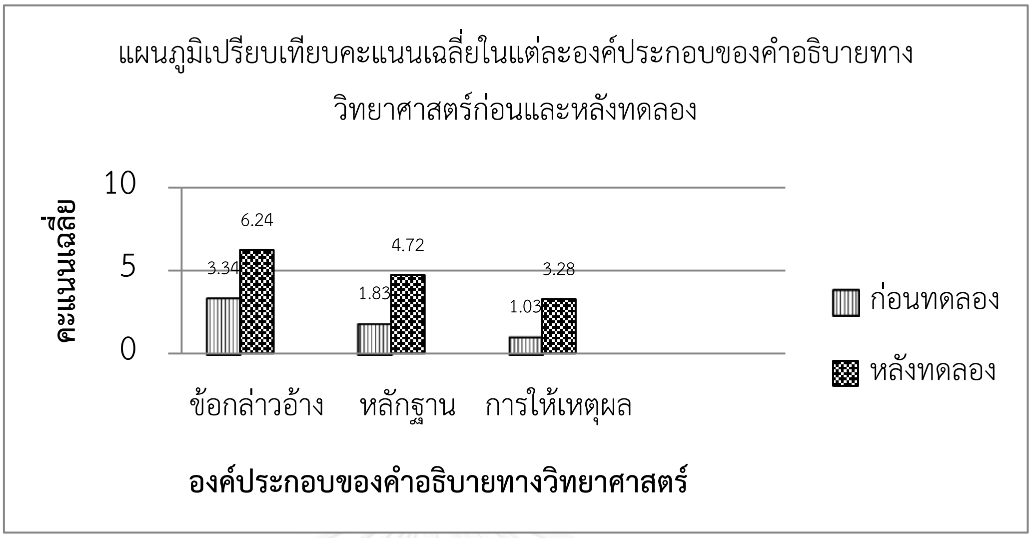
(การให้เหตุผล) *ซึ่งสารประกอบที่มีโลหะชนิดเดียวกัน ให้สีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัมเหมือนกัน ถ้าสารประกอบใดๆที่มีโลหะ Ca สีของเส้นสเปกตรัมจะเป็นสีแดงเข้ม และสีของเปลวไฟจะเป็นสีแดงอิฐ*

นักเรียนเลขที่ 5 วันที่ 16 พ.ค. 2559

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังทดลอง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาในรายละเอียดแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเปรียบเทียบคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่าทุกองค์ประกอบมีคะแนนสูงขึ้น แสดงดังแผนภาพที่ 1

แผนภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ก่อนและหลังทดลองของคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์



ก่อนทดลอง เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า คะแนนข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล อยู่ในระดับควรปรับปรุง ซึ่งนักเรียนยังไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนระบุชื่อของสารประกอบ ซึ่งไม่ใช่ชื่อธาตุ นักเรียนยังระบุหลักฐานไม่ชัดเจน ซึ่งไม่ทราบแน่ชัดว่าสารประกอบชนิดใดที่ให้สีของเปลวไฟเป็นสีแดงอิฐ และในส่วนการให้เหตุผล นักเรียนยังไม่ได้เชื่อมโยงเหตุผลระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน เป็นเพียงแค่นำผลการทดลองมาสรุปความสัมพันธ์ของสีของเปลวไฟของธาตุ ดังคำตอบของนักเรียนเลขที่ 12

(ข้อกล่าวอ้าง) *สารประกอบที่ศิวัชนำมาเผาน่าจะมีธาตุแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ*

(หลักฐาน) *ผลของสีของสเปกตรัมที่ศิวัชทดลองโดยใช้สารประกอบทั้ง 2 ชนิด มีธาตุแคลเซียม เป็นองค์ประกอบทั้งสองสูตรเคมี*

(การให้เหตุผล) *จากการสังเกต พบว่าสูตรเคมีที่ใช้เผาแล้วได้เปลวไฟสีแดงอิฐ และสีของเส้นสเปกตรัมเป็นสีแดงเข้ม มี Ca เป็นองค์ประกอบทั้ง 2 สูตรเคมี*

นักเรียนเลขที่ 12 วันที่ 16 พ.ค. 2559

หลังการทดลอง พบว่า คะแนนเฉลี่ยของข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน อยู่ในระดับความสามารถดี แต่การให้เหตุผลยังอยู่ในระดับควรปรับปรุง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังทดลอง พบว่าทุกองค์ประกอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า โดยเฉลี่ยนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างและ

หลักฐานได้ในระดับดี รวมทั้งยังสามารถเลือกใช้หลักฐานที่มีความสอดคล้องและสนับสนุนคำตอบได้ แต่องค์ประกอบการให้เหตุผล คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนยังอยู่ในระดับควรปรับปรุง เพราะนักเรียนต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักฐานที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม เมื่อพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนเลขที่ 7 นักเรียนระบุชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบที่นำมาเผาซึ่งสอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ถาม มีการระบุหลักฐานที่สอดคล้อง และมีน้ำหนักเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่ในองค์ประกอบการให้เหตุผล นักเรียนยังให้เหตุผลที่ไม่สอดคล้องกับหลักฐาน นั่นคือ สีของสารประกอบที่เกิดจากโลหะโซเดียม ซึ่งไม่จำเป็นที่จะต้องระบุ

(ข้อกล่าวอ้าง) *สารประกอบที่ศิวัชนำมาเผาน่าจะมีธาตุแคลเซียม (Ca) เป็นองค์ประกอบ*

(หลักฐาน) *แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ให้สีของเปลวไฟเป็นสีแดงอิฐ และสีของเส้นสเปกตรัมเป็นสีแดงเข้ม*

(การให้เหตุผล) *สารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เมื่อนำมาเผาจะได้เปลวไฟสีแดงทั้งคู่ แต่ถ้านำสารประกอบอื่นมาเผา เช่น นำโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) มาเผาจะได้เปลวไฟสีเหลือง ซึ่ง NaCl ไม่มีธาตุ Ca เป็นองค์ประกอบ*

นักเรียนเลขที่ 7 วันที่ 16 พ.ค. 2559

เมื่อเปรียบเทียบระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังทดลอง พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถสูงขึ้น แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 จำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับเกณฑ์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังทดลอง (n=29)

ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
	จำนวนนักเรียน	ร้อยละของจำนวนนักเรียน	จำนวนนักเรียน	ร้อยละของจำนวนนักเรียน
ดีมาก	0	0	1	3.45
ดี	2	6.90	19	65.52
ควรปรับปรุง	27	93.10	9	31.03
รวม	29	100	29	100

จากตารางที่ 17 คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังทดลอง อยู่ในระดับดีมากและดีเพิ่มมากขึ้น และมีนักเรียนในระดับควรปรับปรุงลดลง

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความมีเหตุผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความมีเหตุผลและแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ร้อยละของ $\bar{X}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่า t ของคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังทดลอง (n=29)

ความมีเหตุผล	$\bar{X}$	ร้อยละของ $\bar{X}$	S.D.	t^{a}
ก่อนทดลอง	12.24	81.60	2.25	0.97
หลังทดลอง	12.62	84.13	2.40	

$P < .05$

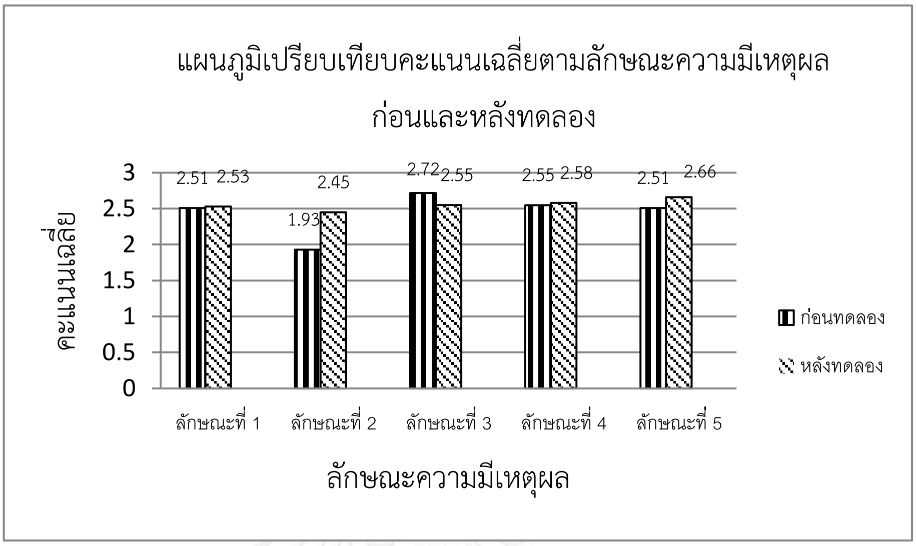
[a] One-tailed dependent t-test.

ก่อนทดลอง ผู้วิจัยได้วัดความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบวัดความมีเหตุผล พบว่า คะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 81.60

หลังทดลอง พบว่าคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลคิดเป็นร้อยละ 84.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียนก่อนและหลังทดลอง พบว่า แม้ว่าคะแนนเฉลี่ยหลังทดลองจะสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างจากคะแนนเฉลี่ยก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยของความมีเหตุผลในแต่ละลักษณะ และเปรียบเทียบคะแนนลักษณะความมีเหตุผลของนักเรียนทั้ง 5 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะที่ 1 เชื่อมั่นและเห็นคุณค่าของการเป็นผู้มีเหตุผล ลักษณะที่ 2 แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ ลักษณะที่ 3 ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลที่มาสนับสนุนอย่างเพียงพอ ลักษณะที่ 4 แสวงหาข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลองเพื่อสนับสนุนคำตอบ และลักษณะที่ 5 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ แสดงดังแผนภาพที่ 2

แผนภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ก่อนและหลังทดลองของคะแนนในแต่ละลักษณะของความมีเหตุผล



ก่อนทดลองพบว่า ลักษณะความมีเหตุผลที่นักเรียนได้คะแนนสูงสุด คือ ลักษณะที่ 3 ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลที่มาสนับสนุนอย่างเพียงพอ (2.72 คะแนน) รองลงมา ได้แก่ ลักษณะที่ 4 แสวงหาข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำตอบ (2.55 คะแนน) สองลักษณะต่อมาที่มีคะแนนเท่ากัน คือ ลักษณะที่ 1 เชื่อมั่นและเห็นคุณค่าของการเป็นผู้มีเหตุผล และลักษณะที่ 5 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ (2.51 คะแนน) ส่วนลำดับสุดท้ายซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุด คือ ลักษณะที่ 2 แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้ (1.93 คะแนน)

หลังทดลองพบว่า ลักษณะความมีเหตุผลที่นักเรียนได้คะแนนสูงสุด คือ ลักษณะที่ 5 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ (2.66 คะแนน) รองลงมา ได้แก่ ลักษณะที่ 4 แสวงหาข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำตอบ (2.58 คะแนน) ต่อมา คือ ลักษณะที่ 3 ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลที่มาสนับสนุนอย่างเพียงพอ (2.55 คะแนน) ลำดับที่สี่ คือ ลักษณะที่ 1 เชื่อมั่นและเห็นคุณค่าของการเป็นผู้มีเหตุผล (2.53 คะแนน) ส่วนลำดับสุดท้ายซึ่งมีคะแนนน้อยที่สุด คือ ลักษณะที่ 2 แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้ (2.45 คะแนน)

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยลักษณะความมีเหตุผลทั้ง 5 ก่อนและหลังการทดลอง พบว่า มีเพียงแค่ 1 ลักษณะ คือ แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและ

ผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้ที่แตกต่างจากก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนลักษณะความมีเหตุผลอื่นๆ ไม่แตกต่างจากก่อนทดลอง

นอกจากนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล เป็นการสังเกตพฤติกรรมของตัวแทนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 6 คน ระหว่างเรียน จำนวน 5 ครั้ง และบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพประกอบเพื่อนำไปอภิปรายผลข้อมูล ได้ผลดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 คะแนนความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียนของตัวแทนนักเรียน 6 คน

ครั้งที่สังเกต	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$ ร้อยละ
1	แบบจำลองอะตอมของดอลตัน	7.50	0.84	75.00
2	การทดลองศึกษาอนุภาคในหลอดรังสี	7.67	0.82	76.70
3	แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด	8.33	1.03	83.30
4	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	8.83	0.75	88.33
5	สีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัม	9.00	0.89	90.00

จากตารางที่ 19 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนแสดงออกพฤติกรรมความมีเหตุผลสูงขึ้นทีละน้อยอย่างต่อเนื่อง

CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพพฤติกรรมบ่งชี้ทั้ง 10 พฤติกรรม ที่สอดคล้องกับลักษณะความมีเหตุผล สามารถสรุปการแสดงออกของนักเรียนในแต่ละพฤติกรรม ได้ดังต่อไปนี้

(1) พูดแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่างๆโดยมีเหตุผลมารองรับ

ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนส่วนใหญ่พูดหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในขั้นตอนต่างๆของการสอน โดยในขั้นตอนการทำนายยังไม่มีการระบุเหตุผลประกอบการทำนายมากนัก เมื่อนักเรียนได้สังเกตปรากฏการณ์แล้วนำมาอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม พบว่า มีนักเรียนเสนอคำตอบโดยมีเหตุผลสนับสนุนคำตอบมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การพูดแสดงเหตุผลของนักเรียนยังขึ้นอยู่กับลำดับของคำถามของครูที่ใช้กระบวนการเรียนการสอน เช่น

ครู “ลักษณะภายในกล่องปริศนาที่ได้จากการสังเกต มีลักษณะอย่างไรบ้าง เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น”

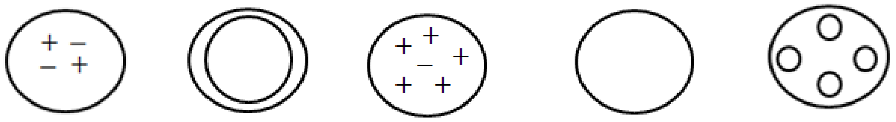
นักเรียนเลขที่ 5 *“ภายในกล่องปริศนาเป็นพื้นที่ว่าง เพราะเมื่อใช้ลวดเสียบปรากฏว่าสามารถทะลุไปอีกด้านหนึ่งของกล่องได้ และภายในกล่องมีกระดิ่งอยู่ เพราะเมื่อใช้ไฟฉายส่องแล้วสามารถมองเห็นเป็นลูกกลมๆ เมื่อใช้ลวดเขี่ยแล้วได้ยินเสียงเหล็กกระทบกัน”*

นักเรียนเลขที่ 5 วันที่ 18 พ.ค. 2559

(2) อธิบายข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล โดยปราศจากอคติส่วนบุคคล

ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนส่วนใหญ่สรุปความรู้หรือข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์จากสิ่งที่ได้จากการสังเกตการทดลองและกิจกรรม โดยมีหลักฐานที่อาจเป็นข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้ และให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบของตนเอง นักเรียนบางกลุ่มมีการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมจากครูเพื่อที่จะอธิบายข้อความรู้ที่กำหนดให้ เช่น

ในขั้นตอนการทำนาย ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำนายลักษณะของอะตอมจากการทดลองในสมัยของดอลตัน แล้วระบุเหตุผลที่เลือกลักษณะของอะตอมนั้นๆ



1 2 3 4 5

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ครู *“นักเรียนคิดว่าอะตอมในยุคสมัยของดอลตัน น่าจะมีลักษณะอย่างไร เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น”*

นักเรียนเลขที่ 8 *“อะตอมในยุคสมัยของดอลตันน่าจะมีลักษณะตามรูปที่ 4 เนื่องจากในอดีต วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังไม่เจริญก้าวหน้ามากนัก ยังไม่มีเครื่องมือใดๆ ที่จะศึกษาสิ่งที่อยู่ในอะตอม เพื่อให้ได้ข้อมูลมากเพียงพอ จึงน่าจะยังไม่สามาระระบุอนุภาคใดๆในอะตอมได้”*

นักเรียนเลขที่ 8 วันที่ 18 พ.ค. 2559

(3) ตั้งคำถามหรือระบุประเด็นที่สอดคล้องกับข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล

ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนสามารถระบุประเด็นคำถามเพื่อนำไปอภิปรายกับเพื่อนในกลุ่มได้ โดยคำถามที่นักเรียนระบุหรือตั้งประเด็นนั้นต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนบางกลุ่มมีการโต้แย้งถึงความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการอภิปรายและสรุปของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งคำถามที่นักเรียนตั้งมีหลากหลายรูปแบบตั้งแต่ คำถามนิยาม ความรู้ความจำไปจนถึงคำถามที่นักเรียนต้องวิเคราะห์ เช่น

หลังจากที่ครูสรุปลักษณะของแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดในขั้นตอนการให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จากนั้นครูจึงให้นักเรียนแต่ละคนอภิปรายถึงข้อจำกัดหรือสิ่งที่ขัดแย้งเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

ครู *“อะตอมตามการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด ประกอบด้วยที่ว่าง มีนิวเคลียสที่มีขนาดเล็กมากอยู่ภายในและมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก โดยมีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบๆนิวเคลียสเป็นบริเวณกว้าง”*

นักเรียน 1 *“แบบจำลองอะตอมของทอมสันก็ไม่เป็นจริงแล้วสินะ”*

นักเรียน 2 *“เมื่อพิจารณาจากทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟา แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดให้ผลการทดลองที่ถูกต้อง”*

นักเรียน 3 *“แต่ทำไมอนุภาคบวกจึงสามารถรวมกันอยู่ตรงกลางได้ ทั้งๆที่ในธรรมชาติ อนุภาคบวกจะต้องพยายามผลักออกจากกันให้มากที่สุด”*

นักเรียนกลุ่มหนึ่ง วันที่ 25 พ.ค. 2559

(4) ทำนายผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้เหตุผลประกอบการทำนาย

ผลการสังเกตปรากฏว่า สมาชิกภายในกลุ่ม พยายามระบุเหตุผลประกอบการทำนาย แม้ว่าจะมีหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนน้อยมากก็ตาม เช่น

เมื่อให้นักเรียนทำนายว่า เมื่อยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำ จะเกิดการเรืองแสงบนฉากในตำแหน่งเดียวกันหรือแตกต่างกัน เพราะเหตุใด เมื่อกำหนดให้อะตอมของทองคำเป็นไปตามแบบจำลองอะตอมของทอมสัน โดยนักเรียนมีการทำนายที่แตกต่างกัน

ครู *“ถ้าอะตอมเป็นไปตามแบบจำลองอะตอมของทอมสัน เมื่อยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำ จะเกิดการเรืองแสงบนฉากที่ตำแหน่งเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด”*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักเรียน 1 *“เรืองแสงในตำแหน่งต่างกัน เนื่องจากน่าจะมีการเปลี่ยนทิศทางของรังสีแอลฟา”*

นักเรียน 2 *“เรืองแสงตำแหน่งเดียวกันเนื่องจากอะตอมของทอมสันประกอบด้วยประจุบวกและลบกระจายตัวอย่างเท่ากัน ถ้ายิงอนุภาคที่มีประจุบวก เมื่อชนกับประจุบวก อนุภาคนั้นจะผลักประจุบวกออกมา แต่ถ้าชนกับประจุลบ จะถูกดูดกลืนเข้าไปในแผ่นทองคำ ”*

นักเรียนกลุ่มหนึ่ง วันที่ 26 พ.ค. 2559

(5) อธิบายถึงสาเหตุและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมหรือการทดลอง

ผลการสังเกตปรากฏว่า เมื่อนักเรียนผ่านขั้นตอนการสังเกตจากกิจกรรมหรือการทดลองแล้ว เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนอธิบาย นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนอภิปรายผลโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น มีการใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาระบุและอธิบายความสัมพันธ์ได้ แม้ว่าเขียนไม่ถูกต้อง และยังขาดการเรียบเรียงเป็นรูปประโยคที่สละสลวยก็ตาม เช่น

ครู *“จากวีดิทัศน์ เรื่อง colour in white light เมื่อให้แสงอาทิตย์ผ่านปริซึม จะสังเกตเห็นอะไรบ้าง”*

นักเรียน 1 *“แสงจากดวงอาทิตย์เกิดการแยกออกเป็นแสงสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง”*

ครู *“แสงสีต่างๆที่เกิดการแยกออกมาเกิดจากคุณสมบัติใดของแสง”*

นักเรียน 2 *“การหักเหของแสงผ่านปริซึม”*

นักเรียน 3 *“แสดงว่าแสงสีแต่ละชนิดมีความถี่และความยาวคลื่นแตกต่างกัน โดยแสงสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด แต่มีความถี่น้อยที่สุด”*

นักเรียนกลุ่มหนึ่ง วันที่ 9 มิ.ย. 2559

(6) ร่วมกันอภิปราย ซักถามกับเพื่อนร่วมชั้นในประเด็นต่างๆก่อนที่จะยอมรับข้อมูลนั้นๆ

ผลการสังเกตปรากฏว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการอภิปรายร่วมกันตั้งแต่ในขั้นตอนกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ แต่จะสังเกตได้ชัดเจนในขั้นตอนการอภิปรายผลการทำนาย และขั้นอธิบาย นักเรียนแลกเปลี่ยนผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบที่นักเรียนที่จะนำไปสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในขั้นต่อไป มีเพียงส่วนน้อยที่ยอมรับความคิดเห็นคล้อยตามสมาชิกภายในกลุ่มโดยไม่ซักถามเหตุผลเพิ่มเติม เช่น

นักเรียนภายในกลุ่มสงสัยว่าภายในกล่องปริศนามีลูกอมเปลือกสีชมพูหรือไม่ จึงมีสมาชิกคนหนึ่งของกลุ่มถามความคิดเห็นของเพื่อนๆ และทราบได้อย่างไรว่ามีลูกอมเปลือกสีชมพูอยู่จริง

นักเรียน 1 *“ฉันคิดว่าภายในกล่องปริศนามีลูกอมเปลือกสีชมพู มีใครเห็นด้วยกับฉันหรือไม่ และอะไรเป็นหลักฐานที่คิดว่ามีลูกอมเปลือกสีชมพูอยู่จริง”*

นักเรียน 2 *“คิดว่ามีอยู่ เนื่องจากเมื่อใช้ไฟฉายส่องเห็นเงาสีชมพูของลูกอม”*

นักเรียน 3 *“ฉันคิดว่ามีลูกอมเปลือกสีชมพู เพราะเมื่อไฟฉายส่อง เห็นเปลือกของลูกอมอยู่จริง”*

นักเรียนกลุ่มหนึ่ง วันที่ 18 พ.ค. 2559

(7) เปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน

ผลการสังเกตปรากฏว่า นักเรียนมีการเปรียบเทียบหลักฐานกับสมาชิกภายในกลุ่ม เนื่องจากหลักฐานที่สนับสนุนการทดลองของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านในการกล่าวอ้างแบบจำลองอะตอมเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่มีข้อมูลประกอบการทดลองชัดเจน เข้าใจง่าย คำตอบของนักเรียนเป็นเพียงการเปรียบเทียบข้อมูลจากการทดลองหรือกิจกรรมเบื้องต้นที่ยังไม่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เช่น

สมาชิกคนหนึ่งในกลุ่มถามเพื่อนๆว่า สีของเปลวไฟที่ได้จากการเผาสารประกอบ $CuSO_4$ เป็นสีอะไรระหว่างเหลืองหรือเขียว แล้วให้เพื่อนในกลุ่มช่วยดูอีกครั้ง

นักเรียน 1 *“สีของเปลวไฟที่ได้จากการเผาสารประกอบ $CuSO_4$ เป็นสีอะไรระหว่างสีเหลืองกับสีเขียว”*

นักเรียน 2 *“ฉันคิดว่าเป็นสีเขียวเข้มคล้ายสีน้ำทะเล”*

นักเรียน 3 *“ฉันคิดว่าเป็นสีเหลืองอมเขียว”*

นักเรียน 1 *“ทุกคนในกลุ่มช่วยกันสังเกตสีของเปลวไฟอีกครั้ง”*

นักเรียน 4 *“ฉันเห็นเป็นสีเขียว ลองสังเกตดีๆสิ”*

นักเรียนกลุ่มหนึ่ง วันที่ 13 มิ.ย. 2559

(8) ค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อสนับสนุนความรู้ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ

ผลการสังเกตปรากฏว่า นักเรียนมีการอ้างอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ก่อนที่จะยอมรับข้อกล่าวอ้างที่ร่วมกันสร้าง โดยหลักฐานนั้นมาจากการสำรวจตรวจสอบจากกิจกรรมและการทดลอง เช่น

ในการทดลองเรื่องสีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัม ในขั้นตอนการทำนาย นักเรียนยังไม่สามารถทำนายสีของเปลวไฟของสารประกอบแต่ละชนิดได้ เนื่องจากยังไม่มีหลักฐานเพียงพอ แต่เมื่อนักเรียนได้ทดลองเผาสารประกอบแล้ว จึงเห็นสีของเปลวไฟที่นักเรียนมองเห็นได้ชัดเจนที่สุดเพียงสีเดียว แต่ละคนในกลุ่มช่วยกันอภิปรายในประเด็นคำถามที่ว่า สีของเปลวไฟขึ้นอยู่กับองค์ประกอบใดในสารประกอบ จนนำไปสู่การเปรียบเทียบผลการทดลองของสารประกอบแต่ละชนิด และสรุปได้ว่า สีของเปลวไฟขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เป็นโลหะ โดยสารประกอบที่มีโลหะชนิดเดียวกันจะมีสีของเปลวไฟเหมือนกัน

ครู	*“จากการทดลองเผาสารประกอบแต่ละชนิด นักเรียนคิดว่าสีของเปลวไฟขึ้นกับองค์ประกอบใดในสารประกอบ”*
นักเรียน 1	*“$CuCl_2$ และ $CuSO_4$ ให้สีของเปลวไฟเป็นสีเขียวเหมือนกัน”*
นักเรียน 2	*“KCl และ $KMnO_4$ ก็ให้เปลวไฟสีม่วงเหมือนกันอีก”*
นักเรียน 3	*“แสดงว่าสีของเปลวไฟที่เห็นขึ้นอยู่กับธาตุ Cu และ K”*
นักเรียน 1	*“แสดงว่าสีของเปลวไฟขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เป็นโลหะ”*
นักเรียน 2	*“ ฉันสงสัยว่าธาตุอโลหะให้สีของเปลวไฟหรือไม่”*

นักเรียนกลุ่มหนึ่ง วันที่ 13 มิ.ย. 2559

(9) ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรมหรือการทดลองเพื่อนำมาสู่ข้อสรุป

ผลการสังเกตปรากฏว่า นักเรียนสามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่การระบุปัญหา ขั้นตอนการทำนายเป็นการตั้งสมมติฐาน และดำเนินการสำรวจตรวจสอบจนสามารถทดสอบสมมติฐานที่ตั้งได้ พร้อมทั้งรวบรวมข้อมูล และสรุปผลจากกิจกรรมที่มีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ได้ รวมทั้งนักเรียนแต่ละคนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการในการสำรวจตรวจสอบ เช่น

ในการทดลองเรื่อง Miracle disc ซึ่งนักเรียนได้สังเกตผลของการหมุนของแผ่นกระดาษรูปวงกลมที่มีสีแตกต่างกัน 7 สีในแผ่นเดียว เพื่อศึกษาสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า นักเรียนมีการระบุปัญหาที่ต้องการสำรวจตรวจสอบ คือ เมื่อหมุน Miracle disc จะเกิดปรากฏการณ์อะไรขึ้นบ้าง นักเรียนมีการทำนายผลการหมุน Miracle disc ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน จากนั้นจึงทดลองหมุนด้วยตนเอง และนำมาสู่ข้อสรุปในการอภิปรายผลการทดลองเรื่องแสงขาว ที่เกิดจากการรวมตัวของแสงทั้ง 7 สี

ครู *“จากการทดลอง เมื่อหมุน Miracle disc สังเกตเห็นอะไรบ้าง”*

นักเรียนเลขที่ 2 *“แสงสีทั้ง 7 ที่อยู่หน้าแผ่น Miracle disc รวมกันเป็นสีขาวเพียงสีเดียว”*

ครู *“ถ้าหมุนแผ่นด้วยความเร็วช้าลง จะเห็นผลการสังเกตอย่างไร”*

นักเรียนเลขที่ 2 *“เมื่อหมุนช้าลงแถบสีทั้ง 7 ยังคงแยกออกจากกัน ไม่ได้มองเห็นเป็นสีขาว”*

นักเรียนเลขที่ 2 วันที่ 9 มิ.ย. 2559

(10) ใช้บทเรียน สื่อประกอบ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ

ผลการสังเกตปรากฏว่า นักเรียนมีการตรวจสอบความถูกต้องของผลที่ได้กับหนังสือเรียนหรือสื่อการเรียนการสอนต่างๆ อาจจะเนื่องมาจากเนื้อหาที่เรียนเป็นเรื่องใหม่ และนักเรียนต้องเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งการอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันภายในกลุ่มอาจจะยังไม่ได้คำตอบที่มีน้ำหนักมากพอ จึงตรวจสอบผลการสรุปกับหนังสือหรือบทเรียน เช่น

ในเรื่องแบบจำลองอะตอมของทอมสัน มีนักเรียนไม่แน่ใจว่าการค้นพบโปรตอนมีหลักฐานอะไรที่สนับสนุน นักเรียนในกลุ่มจึงร่วมอภิปรายกัน และตรวจสอบผลการอภิปรายในกลุ่มว่าถูกต้องหรือไม่กับหนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม

นักเรียน 1 *“หลักฐานที่สนับสนุนการค้นพบโปรตอนมีอะไรบ้าง”*

นักเรียน 2 *“การทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกนใช่หรือไม่”*

นักเรียน 3 *“แต่ฉันคิดว่าไม่ใช่ ต้องเป็นการทดลองในหลอดรังสีแคโทด”*

นักเรียน 2 *“แต่การทดลองหลอดรังสีแคโทดของทอมสัน เป็นหลักฐานที่สนับสนุนการค้นพบอิเล็กตรอน*

นักเรียน 4 *“แต่ฉันเปิดหนังสือเรียนแล้ว พบว่าการทดลองของโกลด์ชไตน์ที่มีการดัดแปลงหลอดรังสีแคโทดของทอมสันเป็นหลักฐานที่สนับสนุนการค้นพบโปรตอน”*

นักเรียนกลุ่มหนึ่ง วันที่ 23 พ.ค. 2559

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มุ่งศึกษาผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

มีวัตถุประสงค์ในการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

3. เพื่อศึกษาความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

4. เพื่อเปรียบเทียบความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ที่เรียนรายวิชาเคมีพื้นฐาน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 29 คน ใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 17 คาบ มีการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลองด้วยแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความมีเหตุผล และเก็บข้อมูลระหว่างการทดลองด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลของนักเรียน จำนวน 5 ครั้ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพในการวิเคราะห์ข้อมูล

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ใน

ระดับดี เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบาย พบว่าข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานอยู่ในระดับดี ส่วนการให้เหตุผลยังอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบ พบว่าทุกองค์ประกอบสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผล คิดเป็นร้อยละ 84.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อจำแนกตามลักษณะความมีเหตุผล พบว่าทั้ง 5 ลักษณะมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4. นักเรียนที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างจากก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อจำแนกตามลักษณะความมีเหตุผล พบว่ามีเพียง 1 ลักษณะ คือ แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้ ที่แตกต่างจากก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้ จำแนกเป็น 2 ประเด็น คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผล ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปว่านักเรียนที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 14.24 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในระดับความสามารถดี เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 แสดงว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้

การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลต่อไปนี้

ประการที่หนึ่ง กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน เป็นกลวิธีที่ประกอบด้วยกิจกรรมการเขียนทางวิทยาศาสตร์ในหลายขั้นตอน ซึ่งมีลักษณะและรูปแบบของการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ ขั้นตอนการสังเกต นักเรียนต้องเขียนในลักษณะการบรรยาย ขั้นอธิบาย มีการเขียนในลักษณะอภิปรายผลและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการสังเกต และนำมาสู่การเขียนคำตอบในลักษณะของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องสามารถระบุหลักฐานจากกิจกรรม และแสดงเหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ ซึ่งล้วนแล้วแต่ประกอบด้วยการเขียนทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญ ซึ่ง Yang and Wang (2014) อธิบายไว้ว่า การเขียนทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการช่วยให้เกิดความตื่นตัวในการสร้างข้อมูลและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุป นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang and Wang (2014) ที่พัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านรูปแบบการเขียน DCI model โดยประกอบด้วยการเขียนใน 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสังเกตปรากฏการณ์และเขียนคำอธิบายโดยการบรรยายและพรรณนา 2) การเขียนผังมโนทัศน์ และ 3) การเขียนคำอธิบายโดยการแปลความหมาย ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเขียน DCI model มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญ .05

ประการที่สอง กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนมีขั้นที่ 7 ที่นักเรียนต้องฝึกฝนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสร้างและวิเคราะห์คำอธิบายที่สร้าง รวมทั้งสามารถแยกแยะองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยข้อมูลที่ได้จากการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาจากการสังเกตปรากฏการณ์จากกิจกรรมหรือการทดลอง นักเรียนมีการเก็บรวบรวมหลักฐานหรือข้อมูลประกอบ เพื่อนำไปสู่การตอบคำถามของปัญหาทางวิทยาศาสตร์และสร้างคำอธิบายในขั้นตอนต่อไป รวมทั้งต้องประเมินความน่าเชื่อถือของหลักฐานที่ระบุว่ามีความสอดคล้องหรือสนับสนุนคำตอบมากน้อยเพียงใด นักเรียนต้องสามารถประยุกต์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานเชิงประจักษ์กับการให้เหตุผลที่มาจากการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ โดยก่อนที่นักเรียนจะระบุหลักฐานสนับสนุนได้นั้นต้องมีการแลกเปลี่ยนหลักฐานที่แต่ละคนแสดง ประเมินความน่าเชื่อถือและความเหมาะสมของหลักฐานร่วมกันภายในกลุ่ม การที่นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและมีปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่มเจรจาเพื่อหาข้อสรุปของคำตอบของกลุ่ม สอดคล้องกับแนวคิดของ Vygotsky

(สุรางค์ โค้วตระกูล, 2556) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้เน้นความสำคัญและบทบาทของสังคมและวัฒนธรรม โดยการเรียนรู้เกิดจากปฏิสัมพันธ์ทางสังคมระหว่างเด็ก ผู้ใหญ่และเพื่อนที่อยู่ในสังคม และเมื่อสมาชิกในกลุ่มมีความคิดเห็นที่แตกต่างออกไป สมาชิกสามารถคัดค้านหรือโต้แย้ง แต่ต้องเสนอหลักฐานและเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบของตนเอง เพื่อชักจูงให้สมาชิกคนอื่นคล้อยตามกับคำโต้แย้ง สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนการสอน Argument-Driven inquiry ที่พัฒนาโดย Sampson, Grooms, and Walker (2011) โดยมีขั้นตอนการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่นักเรียนต้องทำงานแบบร่วมมือรวมพลังกันภายในกลุ่ม มีขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว ผู้เรียนต้องสร้างข้อโต้แย้งซึ่งประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผล เพื่อยืนยันข้อโต้แย้งที่สร้าง ทำให้ข้อโต้แย้งมีน้ำหนักมากพอ และยังช่วยพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเช่นกัน สอดคล้องกับทัศนะของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เปลี่ยนเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากการทดลองและรวบรวมข้อมูลเป็นการอภิปรายและการสร้างข้อโต้แย้ง (Duschl et al., 2007)

ประการที่สาม กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนเอื้อให้นักเรียนต้องทำนายผลของสถานการณ์ที่กำหนดให้ และนำมาสู่ข้อกล่าวอ้าง ซึ่งในขั้นตอนนี้นักเรียนอาจสร้างข้อกล่าวอ้างที่ถูกหรือผิดไปจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็ได้ แต่เมื่อนักเรียนได้สังเกตและรวบรวมหลักฐาน นักเรียนจะได้เปรียบเทียบความสอดคล้องระหว่างข้อกล่าวอ้างของตนเองกับหลักฐานที่มี ทำให้นักเรียนจัดลำดับความคิดและทบทวนข้อกล่าวอ้างของตนเองให้สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับหลักฐานมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Fensham and Kass (1988) ที่กล่าวไว้ว่าเมื่อสิ่งที่นักเรียนคาดการณ์ไว้ไม่ตรงกับสิ่งที่นักเรียนได้จากการสังเกต จะเกิดความไม่สมดุล เกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นแรงกระตุ้นสำหรับการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนมีความพยายามค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ รวมทั้งเหตุผลสนับสนุนว่าเพราะเหตุใดจึงไม่เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้ ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียนเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนต่อไป

ประการที่สี่ นักเรียนมีโอกาสได้รับคำแนะนำและข้อมูลป้อนกลับจากครูเกี่ยวกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างในแง่ขององค์ประกอบและความสอดคล้องของแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบาย โดยครูให้ข้อเสนอแนะและประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างในขั้นตอนที่ 8 ซึ่งเป็นการติดตามผล สอดคล้องกับ Sandra (2006) กล่าวถึงความสำคัญของกิจกรรมการเขียนทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ผ่านการคาดเดา การอธิบาย การเปรียบเทียบ และการสร้างคำอธิบาย ครูเป็นบุคคลที่จะมีส่วนสำคัญในการพัฒนาการเขียนคำอธิบายของนักเรียน เช่น กระตุ้นให้นักเรียนเขียนเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เขียนข้อสรุปจากหลักฐานที่นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบ กระตุ้นและจัดลำดับ

ความเหมาะสมของการเขียนทางวิทยาศาสตร์ รวมไปถึงให้ข้อมูลป้อนกลับกับงานเขียนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และนักเรียนมีโอกาสได้เขียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ทั้งในเนื้อหารายวิชาเคมี และนอกเหนือจากเนื้อหาวิชาเคมี เช่น การระบุหลักฐาน การให้เหตุผล การเชื่อมโยงระหว่างคำตอบ หลักฐาน และให้การให้เหตุผล ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบว่านักเรียนแต่ละคนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อยู่ในระดับใด เข้าใจสิ่งที่ครูสอนในชั้นเรียนมากน้อยเพียงใด สอดคล้องกับ Towndrow, Ling, and Venthan (2008) ได้ใช้รูปแบบของการเขียนบันทึกและสะท้อนความคิดเพื่อพัฒนาทักษะในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบบบันทึกสะท้อนความคิดใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน รวมถึงเป็นการประเมินในระหว่างการเรียนการสอน เขียนเมื่อจบบทเรียนหรือกิจกรรมในแต่ละคาบ ประกอบด้วย 3 ประเด็น ได้แก่ คำถามเกี่ยวกับบทเรียน สิ่งที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ และความคิดหรือสิ่งที่ยังสงสัยอยู่ในชั่วโมงเรียน

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณา คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในส่วนของข้อกล่าวอ้างมากที่สุด รองลงมา คือ หลักฐาน และการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อกล่าวอ้างเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะเป็นการเขียนตอบคำถาม เพื่อให้ได้ใจความที่กระชับและชัดเจน ซึ่งเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับความรู้ที่นักเรียนได้จากการศึกษาโดยตรง นักเรียนที่มีความเข้าใจในมโนทัศน์สูง สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ดีกว่านักเรียนที่มีความเข้าใจในมโนทัศน์ต่ำ ส่งผลให้คะแนนข้อกล่าวอ้างเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ต่อมาหลักฐานเป็นส่วนที่เกิดจากการรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกต ซึ่งหลักฐานอาจมีหลากหลายรูปแบบทั้งที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถมองเห็นผลการทดลองได้ด้วยตาเปล่า เช่นจากกิจกรรม Miracle disc ซึ่งให้นักเรียนหมุนแผ่นซีดีที่ประกอบด้วยแถบสี 7 สี เพื่อศึกษาการรวมตัวกันของแสงสีทั้ง 7 และการทดลองเพื่อศึกษาสีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัม หรืออาจจะเป็นหลักฐานที่เกิดจากการตีความและสรุปเป็นข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์ดังแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องแนวคิดในการพัฒนาแบบจำลองอะตอม แบบจำลองอะตอมของดอลตัน เป็นต้น นักเรียนต้องมีการวิเคราะห์และค้นหาหลักฐาน ประเมินความน่าเชื่อถือและความเหมาะสมของหลักฐาน จึงยากที่จะฝึกนักเรียนให้ประเมินหลักฐานได้อย่างถูกต้องภายในระยะเวลาอันสั้น ส่วนการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยการให้เหตุผลเป็นสิ่งที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน หากนักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างและหลักฐานไม่ถูกต้อง จะส่งผลให้เหตุผลที่นักเรียนแสดงผิดไปด้วย รวมทั้งการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์นักเรียนต้องอาศัยมโนทัศน์ กฎ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นนักเรียนต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆในธรรมชาติ และสามารถประยุกต์ความรู้ไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่มีความสัมพันธ์กันได้ ส่งผลให้

คะแนนในองค์ประกอบนี้ยังพัฒนาได้ไม่ดีเท่าที่ควรจากกระบวนการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ McNeil et al.(2006) ที่สรุปจากผลการทดลองว่า การให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่ฝึกฝนยากที่สุดสำหรับนักเรียน เพราะเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานโดยมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน

2. ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความมีเหตุผล

ผลการวิจัยสรุปว่านักเรียนที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผล 12.62 คะแนน ซึ่งมากกว่าร้อยละ 80 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 และมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 แสดงว่าการจัดการเรียนรู้กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลต่อไปนี้

ประการแรก เนื่องจากกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน เป็นกลยุทธ์การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยกระบวนการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติ ระบุประเด็นปัญหา สังเกต นำมาสู่การอธิบายการเกิด และความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ต่างๆอย่างมีเหตุผล สอดคล้องกับ Olson and Loucks-Horsley (2000) ซึ่งกล่าวว่า การสืบสอบเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนพัฒนาความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ผ่านการลงมือปฏิบัติ ตั้งคำถาม และนำมาสู่การสร้างข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานและเหตุผล ในทุกขั้นตอนเริ่มตั้งแต่ขั้นการทำนาย นักเรียนมีโอกาสฝึกการให้เหตุผลประกอบ แม้ว่าอาจจะมีหลักฐานและเหตุผลน้อยมาก ในขั้นอธิบาย นักเรียนต้องมีการแสดงเหตุผลเพื่อยืนยันสิ่งที่ได้จากการสังเกต เมื่อเกิดการโต้แย้งกันภายในกลุ่ม แต่ละคนต้องระบุเหตุผลที่น่าเชื่อถือ เพื่อชักจูงให้สมาชิกในกลุ่มคล้อยตามกับคำตอบของตนเอง จึงเป็นโอกาสของนักเรียนในการพูดแสดงความคิดเห็นและระบุประเด็นที่สอดคล้องกับข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความมีเหตุผลของนักเรียน รวมทั้งภาระงานของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบ นักเรียนมีโอกาสอธิบายข้อความรู้หรือตอบประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยมีเหตุผลมาเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน

ประการที่สอง การที่จะฝึกฝนให้นักเรียนเป็นผู้มีเหตุผล ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ต้องท้าทายกับนักเรียน ภายในห้องเรียนต้องมีชีวิตชีวาและมีการกระตุ้นโดยครูเป็นระยะ โดยกลวิธีการสอนโดยการใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนเน้นกระบวนการทางสังคม ซึ่งต้องมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่ม ฝึกฝนให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบเพื่อตอบประเด็นปัญหาอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ สอดแทรกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งขั้นพื้นฐาน คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ไปจนถึงทักษะทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการทดลอง และทักษะการแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งจะช่วยปลูกฝังให้นักเรียนเป็นบุคคลที่มีจิตวิทยาศาสตร์ และเป็นผู้ที่สามารถทำงานในโลกวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผล

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากคะแนนความมีเหตุผล พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 80 แต่ไม่มีความแตกต่างกับก่อนการทดลอง อาจเป็นเพราะธรรมชาติของเนื้อหาในรายวิชาเคมี เรื่อง แบบจำลองอะตอม มีลักษณะเชิงบรรยายประวัติศาสตร์ของการศึกษาเกี่ยวกับอะตอมในยุคสมัยต่างๆ ซึ่งอาจจะไม่เอื้อให้นักเรียนได้แสดงเหตุผลที่มาสนับสนุนคำตอบของนักเรียนได้ดี การแสดงเหตุผลในเรื่องนี้เป็นเพียงแค่ทฤษฎีหรือเหตุผลที่นักวิทยาศาสตร์สรุปขึ้นมา นอกจากนี้การพัฒนาความมีเหตุผลจำเป็นที่ต้องอาศัยการคิดขั้นสูง นักเรียนต้องมีมโนทัศน์พื้นฐานที่ถูกต้อง นำไปสู่การคิดวิเคราะห์หาเหตุผลที่สนับสนุนข้อความรู้ จึงต้องอาศัยระยะเวลาในการฝึกฝนกระบวนการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งระยะเวลาทดลองเพียงแค่ 17 คาบอาจจะยังไม่เพียงพอสำหรับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่จะพัฒนาความมีเหตุผล สอดคล้องกับงานวิจัยของพรเทพ จันทราอุฤษฎ์ (2556) ที่พัฒนาความมีเหตุผลของนักเรียนผ่านรูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งใช้เวลาในการทดลอง 30 คาบ และสันติชัย อนุวรชัย (2553) ที่ใช้เวลา 25 คาบในการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง จึงจะสามารถพัฒนาความมีเหตุผลของนักเรียนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ ดังนี้

1.1 ครูหรือนักการศึกษาที่สนใจจะนำกลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนไปปรับใช้ในห้องเรียน ควรศึกษาถึงรูปแบบ ขั้นตอน บทบาทครู และ

บทบาทนักเรียนในกระบวนการจัดการเรียนการสอนให้มีความเข้าใจอย่างชัดเจน และปรับให้เข้ากับบริบทของห้องเรียนและธรรมชาติของเนื้อหารายวิชาต่อไป

1.2 ครูควรนำกลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนไปใช้ร่วมกับวิธีการสอนที่ใช้อยู่ โดยอาจจะศึกษาหรือพัฒนาตัวแปรมิติเดียวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความสามารถในการใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง เป็นต้น

1.3 ครูควรนำกลวิธีการสอนโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น แต่ต้องคำนึงถึงบริบทของนักเรียนเป็นหลักสำคัญ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

2.1 ในระหว่างการวิจัยพบว่า มีนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับการเป็นผู้มีจิตวิทยาศาสตร์หลายประการ ดังนั้นอาจจะศึกษาและพัฒนาตัวแปรในมิติเดียวกับความมีเหตุผล เช่น ความจูงใจใฝ่รู้ในการเรียน ความอยากรู้อยากเห็น ความสามารถในการทำงานเป็นทีม เป็นต้น

2.2 ในขั้นตอนของการอธิบาย ควรมีการเปรียบเทียบความรู้ของนักเรียนที่ได้จากขั้นตอนการสังเกตกับความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อศึกษาถึงกระบวนการขัดแย้งทางปัญญาที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2.3 การพัฒนาความมีเหตุผลของนักเรียนจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนคาบ เพื่อให้สามารถเห็นผลการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังทดลองได้อย่างชัดเจน

2.4 การเก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง ควรทำควบคู่ไปกับกลุ่มควบคุม ที่มีการเรียนการสอนแบบสืบสอบปกติ เพื่อให้เห็นความแตกต่างและจุดเน้นของกลวิธีการสอนได้อย่างชัดเจน

รายการอ้างอิง

Ayvacı, H. Ş. (2013). Investigating the effectiveness of Predict-observe-explain strategy on teaching photo electricity topic. *Journal of Baltic Science Education, 12*(5).

Billech & Zakhinadas. (1975). *Scientific Attitude Scientific Aptitude and Achievement*. Discovery Publishing House.

Brookhart, S. M. (2011). Educational assessment knowledge and skills for teachers. *Educational Measurement: Issues and Practice, 30*(1), 3-12.

Carey, L. M. (1988). *Measuring and Evaluating School Learning* Massachusetts: Allyn and Bacon,lnc.

Chaimala. (2009). Conceptual Understanding, Scientific Explanation and Arguments in first year University Physics. *Development and evaluation of an intervention*.

Cinici, A., & Demir, Y. (2013). Teaching through cooperative POE tasks: A path to conceptual change. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, 86*(1), 1-10.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*: National Academies Press.

Ebel, R. L. (1986). *Essential of Education Measurement* (2 ed.). New Jersey Prentic-Hall, lnc.

Fensham, P. J., & Kass, H. (1988). Inconsistent or discrepant events in science instruction.

Gunstone, R. F., & White, R. T. (1981). Understanding of gravity. *Science Education, 65*(3), 291-299.

Haney, R. E. (1969). The Development of Scientific Attitudes. *The Science Teacher, 30*, 33-35.

Haysom, J., & Bowen, M. (2010). *Predict, observe, explain: Activities enhancing scientific understanding*: NSTA Press.

Hilario, S. J. (2015). The use of Predict-Observe-Explain-Explore (POEE) as a new teaching Strategy in General Chemistry-Laboratory. *International Journal of Education and Research, 3*(2), 37-48.

Kala, N., Yaman, F., & Ayas, A. (2013). The Effectiveness of Predict–observe–explain technique in probing students’ understanding about acid–base chemistry: A case for the concepts of pH, pOH, and strength. *International Journal of Science and Mathematics Education, 11*(3), 555-574.

Kuhn, L., & Reiser, B. (2005). *Students constructing and defending evidence-based scientific explanations.* Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.

Liew, C.-W., & Treagust, D. F. (1998). The Effectiveness of Predict-Observe-Explain Tasks in Diagnosing Students' Understanding of Science and in Identifying Their Levels of Achievement.

Llewellyn, D. (2005). *Teaching high school science through inquiry: A case study approach*: Corwin Press.

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

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.

National Institute of General Medical Sciences. (2005). *Doing Science: The Process of Scientific inquiry*. Corolado.

National Science Teachers Association. (2006). Assessment in Science. *Practical Experiences and Education Research*, 89-106.

OECD. (2010). *PISA 2009 assessment framework: Key competencies in reading, mathematics and science*: OECD.

OECD. (2012). PISA scientific literacy : Pisa 2012 Assessment and Analytical Framework.   Retrieved 22 August, 2015

OECD. (2015). Assessment of the Domain. *Draft Science Framework.*

Olson, S., & Loucks-Horsley, S. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*: National Academies Press.

Peker, D., & Wallace, C. S. (2011). Characterizing high school students' written explanations in biology laboratories. *Research in Science Education, 41*(2), 169-191.

Reiser, B. J., Berland, L. K., & Kenyon, L. (2012). Engaging students in the scientific practices of explanation and argumentation. *Science Scope, 35*(8), 6-11.

Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Tsai, S. P., & Schneider, J. (2010). Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(5), 583-608.

Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education, 95*(2), 217-257.

Sandra. (2006). Perspectives on Writing in Science. *Reseach and tips to support science education*, 60-61.

Songer, N. B., Kelcey, B., & Gotwals, A. W. (2009). How and when does complex reasoning occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(6), 610-631.

Thagard, P. (2012). *The cognitive science of science: Explanation, discovery, and conceptual change*: Mit Press.

Towndrow, P. A., Ling, T. A., & Venthan, A. (2008). Promoting inquiry through science reflective journal writing. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 4*(3), 279-283.

Treagust, D. F., Mthembu, Z., & Chandrasegaran, A. (2014). Evaluation of the Predict-Observe-Explain Instructional Strategy to Enhance Students' Understanding of Redox Reactions *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (pp. 265-286): Springer.

Woody, A. I. (2015). Re-orienting discussions of scientific explanation: A functional perspective. *Studies in History and Philosophy of Science Part A, 52*, 79-87.

Yang, H.-T., & Wang, K.-H. (2014). A teaching model for scaffolding 4th grade students' scientific explanation writing. *Research in Science Education, 44*(4), 531-548.

Zangori, L., & Forbes, C. T. (2014). Scientific Practices in Elementary Classrooms: Third‐Grade Students' Scientific Explanations for Seed Structure and Function. *Science Education, 98*(4), 614-639.

โชติ เพชรชื่น. (2526). แบบทดสอบสถานการณ์.การวัดผลการศึกษา 2 (กันยายน-ธันวาคม): 7-17

ปพิชญา ปากเมย. (2556). การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *1* โดยใช้วิธีสอนแบบ *Predict-Observe-Explain (POE).* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พรเทพ จันทราอุกฤษฏ์. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัชรวรินทร์ เกลี้ยงนวล. (2556). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบ *Predict-Observe-Explain (POE)* ร่วมกับเทคนิคผังกราฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *1.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยทักษิณ.

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

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2558). รู้เนื้อหาก่อน สอนเก่ง การเปลี่ยนวัฒนธรรมคุณภาพในศตวรรษที่ *21*. กรุงเทพมหานคร.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2537). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพาณิชย์.

ราชบัณฑิตยสภา. (2558). พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (6 ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ บทสรุปเพื่อการบริหาร. Retrieved 12 พฤศจิกายน, 2558, from http://www3.ipst.ac.th/files/PISA2009_A.pdf

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาโรจน์ ทองนาค. (2558). การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้ากระแส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีการสอนแบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) วารสารศึกษาศาสตร์, *10*, 11.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2556). จิตวิทยาการศึกษา (11 ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้

อาจารย์ ดร. สลา สามิภักดิ์	สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร. เจนจิรา ปานชมพู	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ปรียา มะรุมดี	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัลภา เอื้องไมตรีภิรมย์	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร. ร่มเกล้า อาจเดช	สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อาจารย์ วิโรจน์ ลิ่วคงสถาพร	นักวิชาการสาขาประเมินมาตรฐาน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความมีเหตุผล

อาจารย์ ดร. จิตตมาส สุขแสวง	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร. กุลธิดา นุกูลธรรม	ภาควิชาครุศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ปรียา มะรุมดี	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
2. แบบวัดความมีเหตุผล
3. แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สำหรับ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2. แบบวัดนี้ประกอบด้วยข้อคำถามในลักษณะสถานการณ์ จำนวน 4 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อจะมีข้อมูลประกอบสำหรับใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สถานการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับเนื้อหาสาระของนักเรียนดังต่อไปนี้

ข้อ	หัวข้อ
1	สีของเปลวไฟและสีของสเปกตรัมของธาตุ
2	การทดลองยิงอนุภาคไปยังแผ่นทองคำ
3	สเปกตรัมของแสง
4	การทดลองเพื่อศึกษาอนุภาคภายในหลอดรังสี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. กำหนดเวลาในการทำแบบวัด 60 นาที

ตัวอย่างการตอบแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่ 0

เรื่อง ความหนาแน่นของสาร

ชมพูทดลองเรื่องการละลายน้ำของสาร โดยใช้สารตัวอย่าง 4 ชนิด คือ A B C และ D เขาหยดสารตัวอย่างและน้ำอย่างละ 10 หยด ลงในหลอดทดลอง ปรากฏว่าทั้ง 4 หลอด ไม่มีหลอดใดที่สารตัวอย่างรวมตัวกับน้ำเป็นเนื้อเดียวกันเลย

เขาสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับความหนาแน่นของสารทั้ง 4 ชนิด แสดงดังตาราง

สารตัวอย่าง	ความหนาแน่นของสาร (g/cm^3)
A	0.717
B	1.232
C	2.456
D	0.115
น้ำ	1.000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. สารชนิดใดบ้างที่ลอยอยู่เหนือผิวน้ำ

(สาร A และ D)

2. ระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียน

(สาร A และ D มีความหนาแน่น 0.717 และ 0.115 g/cm^3 ตามลำดับ ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของน้ำ)

3. อธิบายเหตุผลที่นักเรียนตอบเช่นนั้น

(สาร A และ D มีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของน้ำ นั่นคือ 1.00 g/cm^3 โดยสารที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ จะลอยอยู่เหนือผิวน้ำ ส่วนสาร B และ C มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ จะอยู่ชั้นล่างของน้ำ)

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง สีของเปลวไฟและสีของสเปกตรัมของธาตุ

ศิวัชทดลองเผาสารประกอบชนิดหนึ่งปรากฏว่าเมื่อเขาสังเกตสีของเปลวไฟด้วยตาเปล่าพบว่ามีสีแดงอิฐ เมื่อใช้สเปกโตรสโคป ส่องดูสีเปลวไฟ พบว่าเห็นเป็นสีแดงเข้ม เมื่อค้นข้อมูลเพิ่มเติม ศิวัชพบว่า สารประกอบแต่ละชนิดจะให้สีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัม ดังนี้

สารประกอบ	สีของสารประกอบ	สูตรเคมี	สีของเปลวไฟ	สีของเส้นสเปกตรัม
โซเดียมคลอไรด์	ขาว	$NaCl$	เหลือง	เหลืองเข้ม
โซเดียมคาร์บอเนต	ขาว	Na_2CO_3	เหลือง	เหลืองเข้ม
แคลเซียมคลอไรด์	ขาว	$CaCl_2$	แดงอิฐ	แดงเข้ม
แคลเซียมคาร์บอเนต	ขาว	$CaCO_3$	แดงอิฐ	แดงเข้ม
แบเรียมไนเตรต	ขาว	$Ba(NO_3)_2$	เขียวอมเหลือง	เขียว
แบเรียมคลอไรด์	ขาว	$BaCl_2$	เขียวอมเหลือง	เขียว

1. สารประกอบที่ศิวัชนำมาเผาน่าจะเป็นสารประกอบที่มีธาตุชนิดใดเป็นองค์ประกอบ

....

....

2. ระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียน

....

....

....

....

3. อธิบายเหตุผลที่นักเรียนตอบเช่นนั้น

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เฉลยตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง สีของเปลวไฟและสีของสเปกตรัมของธาตุ

ศิวัชทดลองเผาสารประกอบชนิดหนึ่งปรากฏว่าเมื่อเขาสังเกตสีของเปลวไฟด้วยตาเปล่าพบว่ามีสีแดงอิฐ เมื่อใช้สเปกโตรสโคป ส่องดูสีเปลวไฟ พบว่าเห็นเป็นสีแดงเข้ม เมื่อค้นข้อมูลเพิ่มเติมศิวัชพบว่า สารประกอบแต่ละชนิดจะให้สีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัม ดังนี้

สารประกอบ	สีของสารประกอบ	สูตรเคมี	สีของเปลวไฟ	สีของเส้นสเปกตรัม
โซเดียมคลอไรด์	ขาว	$NaCl$	เหลือง	เหลืองเข้ม
โซเดียมคาร์บอเนต	ขาว	Na_2CO_3	เหลือง	เหลืองเข้ม
แคลเซียมคลอไรด์	ขาว	$CaCl_2$	แดงอิฐ	แดงเข้ม
แคลเซียมคาร์บอเนต	ขาว	$CaCO_3$	แดงอิฐ	แดงเข้ม
แบเรียมไนเตรต	ขาว	$Ba(NO_3)_2$	เขียวอมเหลือง	เขียว
แบเรียมคลอไรด์	ขาว	$BaCl_2$	เขียวอมเหลือง	เขียว

1.1 สารประกอบที่ศิวัชนำมาเผาน่าจะเป็นสารประกอบที่มีธาตุชนิดใดเป็นองค์ประกอบ

สารประกอบที่เผาน่าจะมีธาตุแคลเซียม (Ca) เป็นองค์ประกอบ

1.2 ระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียน

สารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งมีโลหะ คือ Ca เหมือนกัน เมื่อนำไปเผาให้เปลวไฟสีแดงอิฐ และเมื่อส่องดูด้วยสเปกโตรสโคปปรากฏสีของเส้นสเปกตรัมเป็นสีแดงเข้มเหมือนกัน

1.3 อธิบายเหตุผลที่นักเรียนตอบเช่นนั้น

เนื่องจากสารประกอบที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบเหมือนกัน แม้จะมีอโลหะต่างกันจะให้สีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัมเหมือนกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตัวอย่างแบบวัด

องค์ประกอบ	ระดับ		
	2	1	0
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบที่เผาได้ถูกต้อง เช่น สารประกอบชนิดนี้มีธาตุ Ca เป็นองค์ประกอบ	ระบุธาตุที่เป็นองค์ประกอบได้ แต่ยังไม่ชัดเจนหรือผิดบางส่วน เช่น สารประกอบชนิดนี้มีธาตุ Ca และ Na เป็นองค์ประกอบ	ระบุธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบที่เผาได้ไม่ถูกต้อง เช่น สารประกอบชนิดนี้มี Cl^- เป็นองค์ประกอบ
หลักฐาน	แสดงหลักฐานที่เหมาะสม และยกตัวอย่างสีของเปลวไฟและสีของสเปกตรัมจากสารประกอบ $CaCl_2$ และ $CaCO_3$ ได้ เช่น สารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งมีโลหะ คือ Ca เหมือนกัน เมื่อนำไปเผาให้เปลวไฟสีแดงอิฐ และเมื่อส่องดูด้วยสเปกโตรสโคปปรากฏสีของเส้นสเปกตรัมเป็นสีแดงเข้มเหมือนกัน	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมและยกตัวอย่างสีของเปลวไฟเพียง 1 ตัวอย่าง เช่น สารประกอบแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ซึ่งมีโลหะ Ca เป็นองค์ประกอบ ซึ่งให้สีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัมเป็นสีแดงอิฐและแดงเข้มตามลำดับ	ระบุหลักฐานอื่นซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับสีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัม เช่น NaCl ให้เปลวไฟสีเหลือง และ $CaCl_2$ ให้เปลวไฟสีแดง ส่วน $BaCl_2$ และ $Ba(NO_3)_2$ ให้สีของเส้นสเปกตรัมเป็นสีเขียวเหมือนกัน

องค์ประกอบ	ระดับ		
	2	1	0
การให้เหตุผล	ระบุเหตุผลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสีของเปลวไฟ สีของเส้นสเปกตรัมกับไอออนบวกของโลหะได้ และมีการเทียบเคียงความถูกต้องกับสารประกอบที่มีไอออนบวกชนิดอื่นได้ เช่น สารประกอบที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบเหมือนกัน แม้จะมีอโลหะต่างกัน จะให้สีของเปลวไฟและสีของเส้นสเปกตรัมเหมือนกัน	ระบุเหตุผลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสีของเปลวไฟ สีของเส้นสเปกตรัมได้ แต่ไม่สามารถเทียบเคียงความถูกต้องกับสารประกอบที่มีไอออนบวกชนิดอื่นได้ เช่น สารประกอบ $CaCl_2$ และ $CaCO_3$ ให้สีของสเปกตรัมและเปลวไฟที่เหมือนกันแม้จะมีโลหะแตกต่างกัน	ระบุเหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับสีของเปลวไฟและธาตุองค์ประกอบของสารประกอบ เช่น สารประกอบแต่ละชนิดอาจจะให้สีของเส้นสเปกตรัมและสีของเปลวไฟต่างกัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้

แบบวัดความมีเหตุผลสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความมีเหตุผลของนักเรียน

2. แบบวัดความมีเหตุผลฉบับนี้เป็นแบบวัดที่ในแต่ข้อประกอบด้วยสถานการณ์ สร้างขึ้นเพื่อวัดความมีเหตุผลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยสถานการณ์และข้อคำถาม โดยหนึ่งสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ ทั้งหมดมี 5 สถานการณ์ตามลักษณะของความมีเหตุผล รวมข้อคำถามทั้งหมด 15 ข้อ

3. คำถามทุกข้อเป็นการถามความรู้สึกและความคิดเห็นของนักเรียน ซึ่งไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือผิด และไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน ขอให้นักเรียนตอบคำถามด้วยความเป็นจริงและตอบให้ครบทุกข้อ

4. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย × ลงในกระดาษข้อสอบที่แจกให้

5. กำหนดเวลาในการทำแบบวัด 30 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สถานการณ์ที่ 1

เชื่อมั่นและเห็นคุณค่าของการเป็นผู้มีเหตุผล

ตอบคำถามข้อ 1-3

ทอมอ่านหนังสือเรื่องแบบจำลองอะตอม เพื่อจะทดสอบในวันพรุ่งนี้ แต่เขาอ่านเท่าไรก็ยังไม่เข้าใจ ตั้มเพื่อนสนิทเลยแนะนำว่า ให้ลองอธิษฐานขอพรจากดวงดาวบนท้องฟ้า น่าจะส่งผลทำให้ได้คะแนนดีโดยไม่ต้องอ่านหนังสือ แต่เกดไม่เห็นด้วยกับตั้ม จึงแนะนำทอมไปว่าควรพยายามและตั้งใจ มุ่งมั่นในการอ่านหนังสือมากกว่า เพราะความตั้งใจจะนำไปสู่ความสำเร็จ

1. นักเรียนเห็นด้วยกับเกดหรือไม่

   ก. เห็นด้วย (+1)　　ข. ไม่เห็นด้วย (-1)　　ค. ยังไม่แน่ใจในคำตอบ (0)

2. ถ้านักเรียนเป็นทอม นักเรียนจะปฏิบัติตามที่ตั้มแนะนำหรือไม่

   ก. ทำ (-1)　　ข. ไม่ทำ (+1)　　ค. ยังไม่แน่ใจในคำตอบ (0)

3. ถ้าเหตุการณ์นี้เกิดกับนักเรียน นักเรียนจะทำตัวอย่างไร

   ก. รีบอธิษฐาน เพื่อขอพรจากสิ่งศักดิ์สิทธิ์ให้ได้พรตามที่ต้องการ (-1)

   ข. พยายามหาสาเหตุของการอ่านหนังสือไม่รู้เรื่อง เชื่อมั่นว่าความตั้งใจจะทำให้ประสบความสำเร็จ (+1)

   ค. เฉยๆ เพราะไม่แน่ใจในเรื่องการขอพรจากดวงดาวบนท้องฟ้า (0)

สถานการณ์ที่ 2

แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้

ตอบคำถามข้อ 4-6

การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชชนิดหนึ่ง กิ๊ฟใส่ปุ๋ย A และรดน้ำทุกวันเช้าเย็น พบว่าพืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แตปอมใส่ปุ๋ย B และไม่รดน้ำพืชชนิดนี้เลย พบว่าพืชเจริญเติบโตได้ดี กิ๊ฟจึงคิดว่าที่พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เป็นเพราะเขารดน้ำบ่อยเกินไป และพืชชนิดนี้น่าจะเป็นพืชที่ไม่ต้องการน้ำ เขาจึงทดลองศึกษาการเจริญเติบโตของพืชทั้งหมด 3 ชุดการทดลอง

การทดลองที่ 1 ใส่ปุ๋ย A และไม่รดน้ำพืชชนิดนี้

การทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ย B และรดน้ำทุกวันเช้าเย็น

การทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ย B และไม่รดน้ำพืชชนิดนี้

แต่ปอมเห็นว่าการกระทำของกิ๊ฟนั้นสิ้นเปลืองเวลาและอุปกรณ์ เพราะสาเหตุที่แท้จริงแล้วน่าจะมาจากพืชชนิดนี้ไม่ต้องการน้ำ แค่ไม่ต้องรดน้ำพืชชนิดนี้ก็เพียงพอแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. นักเรียนเห็นด้วยกับการกระทำของกิ๊ฟหรือไม่

   ก. เห็นด้วย (+1) ข. ไม่เห็นด้วย (-1) ค. ยังไม่แน่ใจในคำตอบ (0)

5. ถ้านักเรียนเป็นกิ๊ฟ นักเรียนจะทำตามความคิดเห็นของปอมหรือไม่

   ก. ทำ (-1) ข. ไม่ทำ (+1) ค. ยังไม่แน่ใจในคำตอบ (0)

6. ถ้าเหตุการณ์นี้เกิดกับนักเรียน นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร

   ก. พิจารณาสาเหตุที่ทำให้พืชไม่เจริญเติบโต และกระทำเช่นเดียวกับกิ๊ฟ (+1)

   ข. ใช้วิธีการทดลองเช่นเดียวกับปอม เพราะได้ผลแน่นอน (-1)

   ค. ปรึกษาครูเพื่อขอคำแนะนำ (0)

สถานการณ์ที่ 3

ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลที่มาสนับสนุนอย่างเพียงพอ

ตอบคำถามข้อ 7-9

สมศรีอ่านกระทู้ในเว็บไซต์หนึ่งซึ่งมีผู้เผยแพร่ข้อความว่า "การรับประทานมะเขือเทศทุกวัน จะทำให้ร่างกายไม่สามารถกำจัดสารพิษได้ ส่งผลให้เกิดพิษสะสมในร่างกายทีละเล็กทีละน้อย" เขาจึงตัดสินใจเลิกรับประทานมะเขือเทศตลอดชีวิต และได้นำสิ่งที่อ่านไปบอกต่อกับสมพร ซึ่งเป็นพี่สาวของเขา แต่สมพรไม่เห็นด้วย และบอกให้สมศรีไปค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ก่อน

7. นักเรียนเห็นด้วยกับกระทำของสมศรีหรือไม่

    ก. เห็นด้วย (-1)   ข. ไม่เห็นด้วย (+1)   ค. ยังไม่แน่ใจในคำตอบ (0)

8. ถ้านักเรียนเป็นสมศรี นักเรียนจะทำตามคำแนะนำของสมพรหรือไม่

    ก.ทำ (+1)   ข. ไม่ทำ (-1)   ค. ยังไม่แน่ใจในคำตอบ (0)

9. ถ้าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นกับนักเรียน นักเรียนจะปฏิบัติตนอย่างไร

    ก. รับประทานเมือเขือเทศในปริมาณน้อยลงตามที่สมศรีแนะนำ (-1)

    ข. สืบค้นข้อมูลจากหลายๆสื่อประกอบ แล้ววิเคราะห์ความน่าเชื่อถือก่อนตัดสินใจรับประทาน (+1)

    ค. ไปสอบถามจากบุคคลที่ทำงานในกระทรวงวิทยาศาสตร์โดยตรง (0)

สถานการณ์ที่ 4

แสวงหาข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลอง เพื่อสนับสนุนคำตอบ

ตอบคำถามข้อ 10-12

ในการทดลองผสมสารเคมี 2 ชนิด คือ X และ Y ครูบอกนักเรียนในชั้นว่า เมื่อผสมสาร X และ Y แล้วจะได้ตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น จากนั้นจึงให้นักเรียนทดลองผสมสารเคมีดังกล่าว

แต่จูนพบว่าเมื่อผสมสาร X และ Y แล้วไม่เกิดตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น ตามที่ครูแป้งบอก จูนจึงทำการทดลองซ้ำอีก 3 ครั้ง ก็พบว่าสารที่ได้ไม่มีตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้น จูนจึงรายงานครูว่า สาร X และ Y เมื่อผสมกันไม่ได้ตะกอนสีแดงอิฐ พร้อมกับแสดงสารที่ผสมที่ได้ให้ครูดู

10. นักเรียนเห็นด้วยกับการกระทำของจูนหรือไม่

ก. เห็นด้วย (+1) ข. ไม่เห็นด้วย (-1) ค. ยังไม่แน่ใจในคำตอบ (0)

11. ถ้าผลการทดลองที่ได้ไม่ตรงกับสิ่งที่ครูบอก นักเรียนจะทำเหมือนกับจูนหรือไม่

ก. ทำ (+1) ข. ไม่ทำ (-1) ค. ยังไม่แน่ใจในคำตอบ (0)

12. เมื่อนักเรียนต้องการอธิบายผลการทดลอง นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร

ก. อธิบายตามสิ่งที่ครูบอกว่าเกิดตะกอนสีแดงอิฐ เพราะครูเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ทางวิชาเคมี (-1)

ข. ถามเพื่อนคนอื่นๆ ในห้องเรียนว่ามีตะกอนสีแดงอิฐเกิดขึ้นหรือไม่ (0)

ค. ทำอย่างจูน คือทดลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงข้อมูลที่สังเกตได้มาอธิบายผลการทดลอง และยืนยันคำตอบ (+1)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สถานการณ์ที่ 5

ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

ตอบคำถามข้อ 13-15

บูมทดลองตรวจหาปริมาณไนเตรตในไส้กรอกชนิดหนึ่ง โดยใช้วิธีเดียวกันเป็นจำนวน 5 ครั้ง เขาบันทึกปริมาณของไนเตรตที่ตรวจพบ แสดงดังตาราง

ครั้งที่	1	2	3	4	5
ปริมาณไนเตรต (มิลลิกรัม)	3.45	3.42	3.47	7.43	3.45

เตย ซึ่งเป็นผู้ร่วมทดลองบอกให้บูมตรวจสอบข้อมูลในตารางบันทึกผลอีกครั้ง เนื่องจากปริมาณไนเตรตครั้งที่ 4 แตกต่างจากการทดลองครั้งอื่นมาก

13. นักเรียนเห็นด้วยกับคำแนะนำของเตยหรือไม่

ก. เห็นด้วย (+1) ข. ไม่เห็นด้วย (-1) ค. ยังไม่แน่ใจในคำตอบ (0)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

14. ถ้านักเรียนเป็นบูม นักเรียนจะทำตามที่เตยแนะนำหรือไม่ไป

ก. ทำ (+1) ข. ไม่ทำ (-1) ค. ยังไม่แน่ใจในคำตอบ (0)

15. ถ้าเหตุการณ์นี้เกิดกับนักเรียน นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร

ก. ทดลองหาปริมาณไนเตรตใหม่ทั้ง 5 ครั้ง เพื่อความน่าเชื่อถือของข้อมูล (0)

ข. วิเคราะห์ปริมาณไนเตรตครั้งที่ 4 ว่าเกิดอะไรขึ้น ทำไมจึงมีค่าแตกต่างจากครั้งอื่น (+1)

ค. ไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำของเตย เนื่องจากเตยไม่ได้เป็นผู้ทดลองด้วยตนเอง (-1)

แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์

คำชี้แจง

1. แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลฉบับนี้สร้างขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความมีเหตุผล โดยใช้วิธีการสังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกระหว่างการเรียนการสอน และจากร่องรอยพฤติกรรมที่เก็บรวบรวมหลักฐานต่างๆ หลังจากการเรียนการสอน ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตทั้งหมด 10 รายการ ซึ่งสะท้อนลักษณะความมีเหตุผลทั้ง 5 ประการ

2. ให้ผู้สังเกตทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องผลการสังเกต ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก โดยมีรายการดังนี้

ปฏิบัติ หมายถึง นักเรียนมีพฤติกรรมการแสดงออก
ไม่ปฏิบัติ หมายถึง นักเรียนไม่มีพฤติกรรมการแสดงออก

ผู้สังเกตสามารถบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมที่แสดงออกเพิ่มเติม โดยบันทึกลงในช่องผลการสังเกตเพิ่มเติม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

ชื่อนักเรียนที่สังเกต .... ชั้น .... เลขที่ ....

กลุ่มที่ .... วันที่ทำการสังเกต .... ครั้งที่ ....

พฤติกรรมที่สังเกต	**ผลการสังเกต**		**บันทึกผลการสังเกตเพิ่มเติม**
	ปฏิบัติ	**ไม่ปฏิบัติ**	
1. พูดแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่างๆโดยมีเหตุผลมารองรับ			
2. อธิบายข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล โดยปราศจากอคติส่วนบุคคล			
3. ตั้งคำถามหรือระบุประเด็นที่สอดคล้องกับข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล			
4. ทำนายผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้เหตุผลประกอบการทำนาย			
5. อธิบายถึงสาเหตุและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมหรือการทดลอง			
6. ร่วมกันอภิปราย ซักถาม กับเพื่อนร่วมชั้นในประเด็นต่างๆก่อนที่จะยอมรับข้อมูลนั้นๆ			
7. เปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน			
8. ค้นหาหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อสนับสนุนความรู้ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ			
9. ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรมหรือการทดลองเพื่อนำมาสู่ข้อสรุป			
10. ใช้บทเรียน สื่อประกอบ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต
การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้กลวิธีการสอนเคมีโดยใช้
การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน

เรื่อง การศึกษาอนุภาคภายในหลอดรังสีแคโทด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว 30102 วิชา เคมีพื้นฐาน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 คาบ เวลา 150 นาที
ผู้สอน นายกฤตกร สภาสันติกุล

มาตรฐานและตัวชี้วัด

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 3.1 ม.4-6/1 สืบค้นข้อมูลและอธิบายโครงสร้างอะตอม และสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว. 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม.4-6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.4-6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบหรือสร้างแบบจำลองหรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4-6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้องครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล

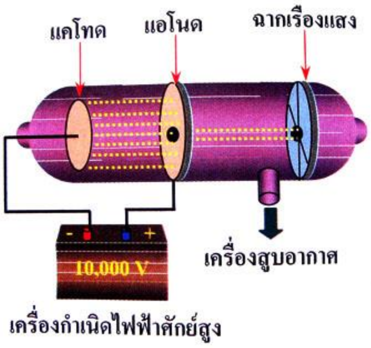
จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการทำงานของหลอดรังสีแคโทดได้
2. อธิบายวิธีการศึกษาที่ทำให้ค้นพบอิเล็กตรอนและโปรตอนได้
3. อธิบายลักษณะแบบจำลองอะตอมของทอมสันได้

สาระการเรียนรู้

หลักการทำงานของหลอดรังสีแคโทด

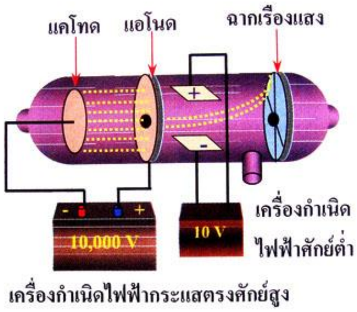
หลอดรังสีแคโทด ประกอบด้วยหลอดแก้วซึ่งต่อกับเครื่องสูบอากาศออก ภายในหลอดมีขั้วสำหรับต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงความต่างศักย์สูงมาก และเจาะรูขั้วแอโนดตรงกลาง มีฉากเรืองแสงซิงค์ซัลไฟด์วางขวางหลอดอยู่ พบว่าเมื่อลดความดันในหลอดแก้วให้ต่ำลงมากๆ จนเกือบเป็นสุญญากาศ จะมีจุดสว่างเกิดขึ้นตรงบริเวณศูนย์กลางของฉากเรืองแสง



รูปที่ 1 แสดงหลอดรังสีแคโทดที่ทอมสันใช้ในการทดลอง

วิธีการศึกษาที่ทำให้ค้นพบอิเล็กตรอน

ทอมสันทำการทดลองต่อโดยเพิ่มขั้วไฟฟ้าอีก 2 ขั้วในแนวดิ่ง ปรากฏว่าตำแหน่งของจุดสว่างบนฉากเรืองแสงเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้า จึงสรุปว่ารังสีจากแคโทด ประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ

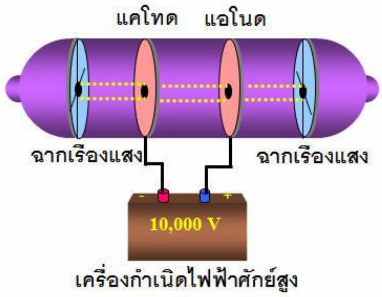


รูปที่ 2 แสดงหลอดรังสีแคโทดที่มีขั้วไฟฟ้าในหลอดเพิ่มขึ้นอีกสองขั้ว

เมื่อทอมสันทดลองเปลี่ยนชนิดของแก๊สที่บรรจุในหลอดและโลหะที่ใช้เป็นแคโทด พบว่ารังสีที่เกิดขึ้นยังคงประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุลบพุ่งมาที่ฉากเรืองแสงเหมือนเดิม เมื่อคำนวณหาอัตราส่วนของประจุต่อมวล (e/m) ของอนุภาค พบว่าได้ค่าเท่ากับ 1.76×10^{8} คูลอมบ์ต่อกรัม ทุกครั้งโดยไม่ขึ้นกับชนิดของแก๊สที่ใช้ จากผลการทดลองและการคำนวณช่วยให้ทอมสันสรุปได้ว่าอะตอมทุกชนิดมีอนุภาคที่มีประจุลบเป็นองค์ประกอบ และเรียกอนุภาคนี้ว่า อิเล็กตรอน

วิธีการศึกษาที่ทำให้ค้นพบโปรตอน

ออยเกน โกลด์ชไตน์ ได้ดัดแปลงหลอดรังสีแคโทดโดยเจาะรูตรงกลางขั้วแอโนดและแคโทด และเลื่อนขั้วทั้งสองมาไว้เกือบตรงกลางหลอด รวมทั้งเพิ่มฉากเรืองแสงที่ปลายทั้งสองด้านของหลอด แสดงดังรูป



รูปที่ 3 แสดงหลอดรังสีแคโทดกับการทดลองของออยเกน โกลด์ชไตน์

เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในหลอด ปรากฏว่ามีจุดสว่างเกิดขึ้นบนฉากเรืองแสงทั้งสองด้าน อธิบายได้ว่ารังสีที่ไปกระทบกับฉากเรืองแสงบริเวณด้านหลังแคโทดต้องเป็นอนุภาคที่มีประจุบวก เมื่อทำการทดลองอีกแก๊สหลายชนิด พบว่าอนุภาคที่มีประจุบวกเหล่านี้มีอัตราส่วนประจุต่อมวล (e/m) ไม่คงที่ นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าบรรจุแก๊สไฮโดรเจนไว้ในหลอดรังสีแคโทด จะได้อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกเท่ากับประจุไฟฟ้าลบ ซึ่งต่อมาเรียกอนุภาคบวกที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนนี้ว่า โปรตอน

ลักษณะแบบจำลองอะตอมของทอมสัน

รูปที่ 4 แสดงแบบจำลองอะตอมของทอมสัน

อะตอมเป็นรูปทรงกลม ประกอบด้วยเนื้ออะตอมซึ่งมีประจุบวกและมีอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบกระจายอยู่ทั่วไป อะตอมในสภาพที่เป็นกลางทางไฟฟ้าจะมีจำนวนประจุบวกเท่ากับจำนวนประจุลบ

<u>กิจกรรมการเรียนรู้</u> (150 นาที)

<u>ขั้นที่ 1</u>   ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างแรงจูงใจ (10 นาที)

1. ครูทบทวนแบบจำลองอะตอมของดอลตัน โดยสุ่มนักเรียนถามทฤษฎีอะตอมของดอลตันที่เรียนไปเมื่อคาบที่แล้ว

2. ครูถามคำถามนักเรียน ดังต่อไปนี้

    2.1 นักเรียนคิดว่าแบบจำลองอะตอมของดอลตันเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบันหรือไม่ *(ไม่)*

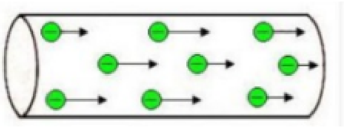
    2.2 เพราะเหตุใดแบบจำลองอะตอมของดอลตันจึงไม่เป็นที่ยอมรับ มีหลักฐานหรืออะไรที่ทำให้นักเรียนเชื่อเช่นนั้น *(เพราะมีหลักฐานและการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่นที่สามารถอธิบายหรือแปลผลการทดลองได้ดีกว่าการทดลองของดอลตัน)*

3. ครูกล่าวว่าวันนี้เราจะมาหาคำตอบกันว่าทำไมแบบจำลองอะตอมของดอลตันจึงไม่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน และนักวิทยาศาสตร์มีวิธีการศึกษาเกี่ยวกับอะตอมเพิ่มเติมอย่างไร

<u>ขั้นที่ 2</u>   ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรม (15 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่การทดลองของนักวิทยาศาสตร์ในยุคต่อมา โดยถามนักเรียนดังต่อไปนี้

    1.1



รูปที่ 5 แสดงประจุลบเคลื่อนที่ในวัตถุ

จากภาพนักเรียนสังเกตเห็นสิ่งใดบ้าง *(ประจุไฟฟ้าลบเคลื่อนที่ภายในวัตถุ)*

1.2 การที่ประจุไฟฟ้าลบเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในวัตถุ แสดงว่ามีประจุไฟฟ้าเกิดในวัตถุหรือไม่ *(มี)*

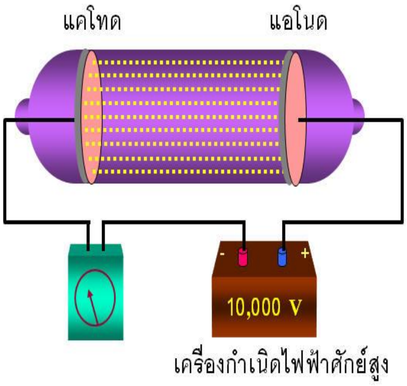
1.3 ปรากฏการณ์ที่มีประจุลบเคลื่อนที่ และเกิดประจุไฟฟ้า เรียกว่าอะไร *(การนำไฟฟ้า)*

1.4 นักเรียนคิดว่าสารชนิดใดบ้างที่สามารถนำไฟฟ้าได้ *(โลหะ เช่น ทองแดง เงิน ทองคำ)*

1.5 นักเรียนคิดว่าแก๊สสามารถนำไฟฟ้าได้หรือไม่ *(ได้/ไม่ได้)*

2. ครูนำภาพปรากฏการณ์ฟ้าแลบและฟ้าผ่ามาร่วมอภิปรายกับนักเรียนว่า ปรากฏการณ์นี้เกี่ยวข้องกับการนำไฟฟ้าของแก๊สหรือไม่ อย่างไร *(เกี่ยวข้อง)*

3. ครูอธิบายส่วนประกอบและหลักการทำงานของหลอดรังสีแคโทดของครูกส์ โดยใช้อุปกรณ์จริงในห้องทดลอง



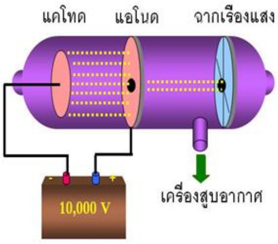
รูปที่ 6 แสดงหลอดรังสีแคโทดของครูกส์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ขั้นที่ 3</u> ขั้นทำนาย (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนพิจารณาการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ต่อไปนี้ แล้วทำนายผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น พร้อมให้เหตุผลประกอบโดยไม่ปรึกษากัน

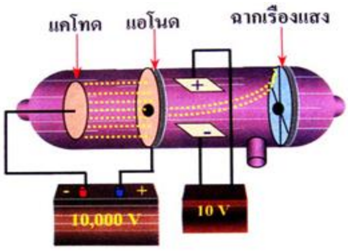
ทอมสันดัดแปลงหลอดรังสีแคโทดของครูกส์ โดยออกแบบการทดลองและอุปกรณ์ โดยใช้หลอดแก้วต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และเจาะรูที่ขั้วแอโนดตรงกลาง และมีฉากเรืองแสงซิงค์ซัลไฟด์วางขวางหลอดอยู่ ปรากฏว่ามีรังสีชนิดหนึ่งพุ่งเป็นเส้นตรงมาจากขั้วแคโทดไปกระทบกับฉากเรืองแสง ดังรูป



รูปที่ 7 แสดงหลอดรังสีแคโทดจากการทดลองของทอมสัน

1.1 นักเรียนคิดว่ารังสีที่เกิดขึ้นนี้สอดคล้องหรือขัดแย้งกับแบบจำลองอะตอมของดอลตัน พร้อมทั้งระบุเหตุผลประกอบการทำนาย *(ขัดแย้ง เพราะ ถ้าแบบจำลองอะตอมของดอลตันเป็นทรงกลมตัน และอะตอมเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุดจริง จะต้องไม่มีรังสีพุ่งมาชนที่ฉากเรืองแสง)*

ทอมสันได้ทดลองต่อเพื่อศึกษาอนุภาคของรังสีที่เกิดขึ้นภายในหลอดรังสีแคโทด โดยเพิ่มสนามไฟฟ้าและต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าศักย์ต่ำ ผลการทดลองเป็นดังรูป



รูปที่ 8 แสดงหลอดรังสีแคโทดที่มีขั้วไฟฟ้าในหลอดเพิ่มขึ้นอีกสองขั้ว

1.2 นักเรียนคิดว่ารังสีชนิดนี้น่าจะมีประจุชนิดใด เพราะเหตุใด *(ประจุลบ เนื่องจากเมื่อเพิ่มสนามไฟฟ้าเข้าไปในหลอดรังสีแคโทด รังสีชนิดนี้เบี่ยงเบนเข้าหาสนามไฟฟ้าขั้วบวก)*

<u>ขั้นที่ 4</u> **ขั้นอภิปรายสิ่งที่ทำนาย (10 นาที)**

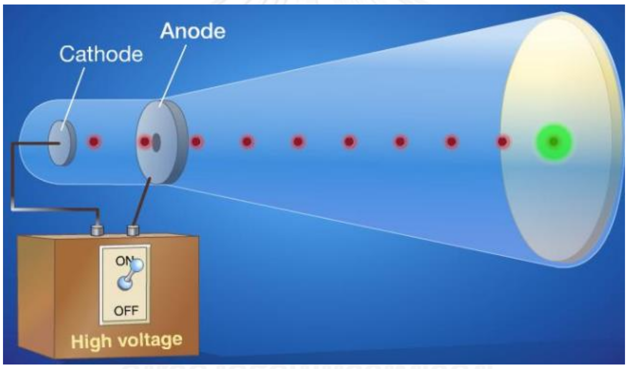
1. ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอผลการทำนายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขั้นในหลอดรังสีกับเพื่อนร่วมกลุ่ม พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบคำทำนาย เพื่อยืนยันคำตอบของตนเอง

2. แต่ละคนภายในกลุ่มร่วมกันเลือกคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุด ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน พร้อมทั้งแสดงเหตุผลที่คิดว่าเป็นเช่นนั้น

3. ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาผลการทำนายของนักเรียนแต่ละกลุ่มว่าสอดคล้องกันหรือไม่ มีเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบหรือไม่

<u>ขั้นที่ 5</u> **ขั้นการสังเกต (25 นาที)**

1. ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการทดลองของทอมสันที่เกิดขึ้นในหลอดรังสีแคโทด พร้อมให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่ได้จากการสังเกตลงในแบบบันทึกกิจกรรม



รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวการทดลองของทอมสัน

2. ครูแสดงการทดลองของทอมสันเพิ่มเติม เพื่ออภิปรายถึงชนิดของอนุภาคที่เกิดขึ้นที่เกิดจากหลอดรังสีแคโทด

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อเปลี่ยนชนิดของแก๊สในหลอดรังสี โดยใช้โลหะ X เป็นขั้วแคโทดเหมือนกัน

ชนิดของแก๊สที่ใช้	**การเปลี่ยนแปลงบนฉากเรืองแสงก่อนต่อสนามไฟฟ้า**	**การเปลี่ยนแปลงบนฉากเรืองแสง หลังต่อสนามไฟฟ้า**	**ค่าประจุต่อมวลของรังสีที่พบ (คูลอมบ์ต่อกรัม)**
A	เกิดจุดสว่างบนฉากเรืองแสง	จุดสว่างเบี่ยงเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้า	1.76×10^{8}
B	เกิดจุดสว่างบนฉากเรืองแสง	จุดสว่างเบี่ยงเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้า	1.76×10^{8}
C	เกิดจุดสว่างบนฉากเรืองแสง	จุดสว่างเบี่ยงเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้า	1.76×10^{8}

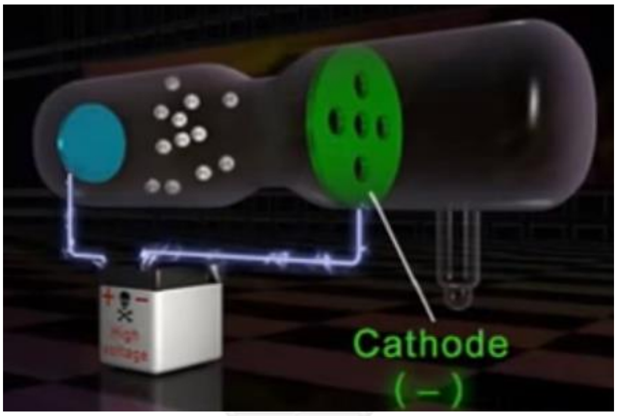
ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อเปลี่ยนชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแคโทด โดยใช้แก๊สชนิดเดียวกัน

ชนิดของโลหะที่ใช้	**การเปลี่ยนแปลงภายในหลอดรังสีแคโทด ก่อนต่อสนามไฟฟ้า**	**การเปลี่ยนแปลงภายในหลอดรังสีแคโทด หลังต่อสนามไฟฟ้า**	**ค่าประจุต่อมวลของรังสีที่พบ (คูลอมบ์ต่อกรัม)**
X	เกิดจุดสว่างบนฉากเรืองแสง	จุดสว่างเบี่ยงเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้า	1.76×10^{8}
Y	เกิดจุดสว่างบนฉากเรืองแสง	จุดสว่างเบี่ยงเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้า	1.76×10^{8}
Z	เกิดจุดสว่างบนฉากเรืองแสง	จุดสว่างเบี่ยงเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้า	1.76×10^{8}

2.1 จากตารางทำให้นักเรียนทราบข้อมูลอะไรบ้าง *(การเปลี่ยนแปลงภายในหลอดรังสีแคโทด การเปลี่ยนแปลงภายในหลอดรังสีแคโทดเมื่อต่อกับสนามไฟฟ้า ค่าประจุต่อมวลของรังสีที่ค้นพบ)*

2.2 นักเรียนจะสรุปข้อมูลที่ได้จากตารางได้อย่างไร *(รังสีที่ออกมาจากขั้วแคโทด มีค่าประจุต่อมวลคงที่เสมอ ไม่ว่าจะเปลี่ยนชนิดของแก๊สที่ใช้บรรจุหรือเปลี่ยนชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแคโทด)*

3. ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการทดลองในหลอดรังสีแคโทดของโกลด์ชไตน์ ซึ่งดัดแปลงหลอดรังสีแคโทดของทอมสัน พร้อมทั้งให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่สังเกตลงในแบบบันทึกกิจกรรม



รูปที่ 10 แสดงตัวอย่างภาพเคลื่อนไหวการทดลองของโกลด์ชไตน์

4. ครูแสดงการทดลองของโกลด์ชไตน์ เพื่ออภิปรายถึงชนิดของอนุภาคที่เกิดขึ้นที่เกิดจากหลอดรังสีแคโทด

Chulalongkorn University

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อเปลี่ยนชนิดของแก๊สในหลอดรังสี โดยใช้โลหะ X เป็นขั้วแอโนดเหมือนกัน

ชนิดของแก๊สที่ใช้	**การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในหลอดรังสีแคโทด**	**ค่าประจุต่อมวลของรังสีที่ออกจากขั้วแอโนด (คูลอมบ์ต่อกรัม)**
A	เกิดจุดสว่างขึ้นบนฉากเรืองแสงทั้งสอง	r
B	เกิดจุดสว่างขึ้นบนฉากเรืองแสงทั้งสอง	s
C	เกิดจุดสว่างขึ้นบนฉากเรืองแสงทั้งสอง	t

ตารางแสดงผลการทดลองเมื่อเปลี่ยนชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแอโนด โดยใช้แก๊สชนิดเดียวกัน

ชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแอโนด	**การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในหลอดรังสีแคโทด**	**ค่าประจุต่อมวลของรังสีที่ออกจากขั้วแอโนด (คูลอมบ์ต่อกรัม)**
X	เกิดจุดสว่างขึ้นบนฉากเรืองแสงทั้งสอง	r
Y	เกิดจุดสว่างขึ้นบนฉากเรืองแสงทั้งสอง	r
Z	เกิดจุดสว่างขึ้นบนฉากเรืองแสงทั้งสอง	r

4.1 จากตารางทราบข้อมูลอะไรบ้าง *(การเปลี่ยนแปลงภายในหลอดรังสีแคโทด ค่าประจุต่อมวลของรังสีที่ออกจากขั้วแอโนด*

4.2 นักเรียนจะสรุปข้อมูลที่ได้จากตารางได้อย่างไร *(รังสีที่มาจากขั้วแอโนดมีอัตราส่วนประจุต่อมวลไม่คงที่ และขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สที่ใช้บรรจุในหลอด)*

<u>ขั้นที่ 6</u> ขั้นอธิบาย (40 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการทดลองของทอมสันในประเด็นต่อไปนี้

1.1 การทดลองหลอดรังสีแคโทดของทอมสัน ทำให้เขาค้นพบข้อมูลอะไรบ้าง และทราบได้อย่างไร *(มีรังสีชนิดหนึ่งพุ่งออกมาจากขั้วแคโทด เนื่องจากเกิดจุดสว่างขึ้นบนฉากเรืองแสง)*

1.2 รังสีแคโทดที่เกิดขึ้นมีประจุชนิดใด ทราบได้อย่างไร *(มีประจุลบ เนื่องจากเมื่อใส่สนามไฟฟ้าเข้าไป พบว่าเกิดจุดสว่างในตำแหน่งที่เบี่ยงเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้า)*

1.3 เมื่อเปลี่ยนชนิดของแก๊สที่ใช้บรรจุ และชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแคโทด ยังคงมีรังสีพุ่งออกมาจากขั้วแคโทดหรือไม่ ถ้ามี รังสีที่เกิดขึ้นเป็นรังสีชนิดเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด *(มีรังสีพุ่งออกมา และเป็นรังสีชนิดเดียวกัน ไม่ว่าจะเปลี่ยนชนิดของแก๊สหรือชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแคโทด เนื่องจากมีค่าประจุต่อมวลคงที่ตลอด)*

** ครูอธิบายเพิ่มเติม รังสีชนิดนี้ที่ออกมาจากขั้วแคโทด ต่อมาจึงเรียกว่า อิเล็กตรอน

2. ครูนำนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการทดลองของโกลด์ชไตน์ในประเด็นต่อไปนี้

2.1 การทดลองของโกลด์ชไตน์ ทำให้เขาค้นพบข้อมูลอะไรบ้าง *(มีรังสีพุ่งออกมาจาก*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้วแอโนดเหมือนกัน เนื่องจากเกิดจุดสว่างขึ้นบนฉากเรืองแสง และรังสีชนิดนี้มีทิศทางตรงข้ามกับรังสีแคโทด)

2.2 เมื่อเปลี่ยนชนิดของแก๊สที่ใช้บรรจุ และชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแอโนด ยังคงมีรังสีพุ่งออกมาจากขั้วแอโนดหรือไม่ ทราบได้อย่างไร *(มี เมื่อเปลี่ยนชนิดของแก๊สที่ใช้บรรจุ โดยมีชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแอโนดเหมือนกัน พบว่ารังสีที่ออกจากขั้วแอโนดมีค่าประจุต่อมวลไม่คงที่ แต่เมื่อเปลี่ยนชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้ว แต่ใช้แก๊สชนิดเดียวกัน พบว่า ค่าประจุต่อมวลมีค่าคงที่)*

** ครูอธิบายเพิ่มเติม รังสีชนิดนี้ที่ออกมาจากขั้วแอโนด ต่อมาจึงเรียกว่า รังสีบวก หรือโปรตอน เมื่อใช้แก๊สไฮโดรเจน จะได้อนุภาคบวก H^+

3. ครูใช้คำถามต่อไปนี้ เพื่อสรุปความคิดทั้งหมด

3.1 ค่าประจุต่อมวลของอิเล็กตรอนคงที่หรือไม่ ถ้าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับอะไร *(คงที่)*

3.2 ค่าประจุต่อมวลของโปรตอนคงที่หรือไม่ ถ้าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับอะไร *(ไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับมวลของแก๊สที่ใช้)*

3.3 จากการทดลองของทอมสันและโกลด์ชไตน์ให้ข้อมูลที่ขัดแย้งกับแบบจำลองอะตอมของดอลตันอย่างไร *(อะตอมไม่ใช่อนุภาคที่เล็กที่สุด เนื่องจากมีการค้นพบอิเล็กตรอนและโปรตอนซึ่งเป็นอนุภาคภายในอะตอม)*

<u>ขั้นที่ 7</u> ขั้นการให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (25 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปลักษณะของอะตอมจากการทดลองของทอมสันและโกลด์ชไตน์ ในรูปของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1.1 ระบุลักษณะของอะตอมจากการทดลองของทอมสันและโกลด์ชไตน์

1.2 ระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียน *(จากการทดลองในหลอดรังสีแคโทด)*

1.3 อธิบายเหตุผลที่ตอบเช่นนั้น

2. แต่ละกลุ่มนำเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นหน้าชั้นเรียน

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละกลุ่มว่า มีองค์ประกอบครบถ้วนหรือไม่ และเปรียบเทียบกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละกลุ่ม

<u>ขั้นที่ 8</u> ขั้นติดตามผล (15 นาที)

1. ครูให้ข้อมูลป้อนกลับถึงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยสุ่มตัวอย่างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมาพิจารณาถึงองค์ประกอบร่วมกันทั้งชั้น

2. ครูประเมินความสอดคล้องของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ครูสร้างและนักเรียนสร้าง เพื่อให้ข้อแนะนำสำหรับนักเรียนที่ยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อนำสู่คำตอบที่ต้องการ

สื่อ/แหล่งเรียนรู้

1. ภาพเคลื่อนไหวการทดลองของทอมสันและโกลด์ชไตน์
2. สื่อ Power point เรื่อง แบบจำลองอะตอมของทอมสัน
3. กระดาษฟลิปชาร์ต
4. ใบกิจกรรม เรื่อง การศึกษาอนุภาคในหลอดรังสีแคโทด
5. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 1

การวัดและประเมินผล

1. ประเมินจากความถูกต้องของการตอบคำถามในชั้นเรียน
2. ประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากแบบบันทึกกิจกรรม
3. ประเมินความสนใจใฝ่รู้และความตั้งใจโดยการสังเกต
4. ประเมินความมีเหตุผลโดยการสังเกต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ราย วิชาเคมีพื้นฐาน (ว 30102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ครูกฤตกร สภาสันติกุล

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

ใบกิจกรรม เรื่อง การศึกษาอนุภาคภายในหลอดรังสีแคโทด

คำถามก่อนทำกิจกรรม

1. จงอธิบายลักษณะอะตอมตามแบบจำลองอะตอมของดอลตัน พร้อมวาดรูปแบบจำลองประกอบ

....

....

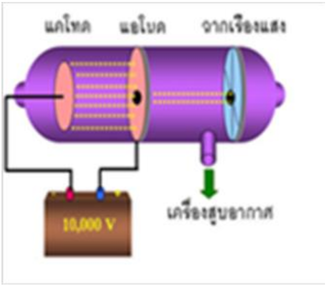
2. ปรากฏการณ์ฟ้าร้อง และฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นในวันที่มีฝนฟ้าคะนอง เกิดจากสาเหตุใด

....

....

ให้นักเรียนอ่านบทความแล้วทำนายผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ดังคำถามต่อไปนี้

ทอมสันดัดแปลงหลอดรังสีแคโทดของครูกส์ โดยออกแบบการทดลองและอุปกรณ์ โดยใช้หลอดแก้วต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และเจาะรูที่ขั้วแอโนดตรงกลาง และมีฉากเรืองแสงซิงค์ซัลไฟด์วางขวางหลอดอยู่ ปรากฏว่ามีรังสีชนิดหนึ่งพุ่งเป็นเส้นตรงมาจากขั้วแคโทดไปกระทบกับฉากเรืองแสง ดังรูป



แสดงหลอดรังสีแคโทดจากการทดลองของทอมสัน

นักเรียนคิดว่ารังสีที่เกิดขึ้นสอดคล้องหรือขัดแย้งกับแบบจำลองอะตอมของดอลตัน พร้อมทั้งระบุเหตุผล

....

....

....

....

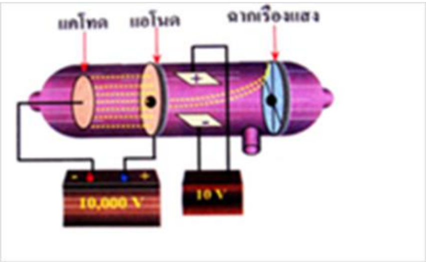
....

....

....

....

ทอมสันได้ทดลองต่อเพื่อศึกษาอนุภาคของรังสีที่เกิดขึ้นภายในหลอดรังสีแคโทด โดยเพิ่มสนามไฟฟ้าและต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าศักย์ต่ำ ผลการทดลองเป็นดังรูป



นักเรียนคิดว่ารังสีชนิดนี้น่าจะมีประจุชนิดใด เพราะเหตุใด

....

....

....

....

....

....

....

ผลการทำนายของนักเรียนเหมือนหรือแตกต่างจากผลการทำนายของเพื่อนในกลุ่มและเพื่อนร่วมชั้นอย่างไร

....

....

....

....

บันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทดลองของทอมสันและโกลด์ชไตน์

การทดลองของทอมสัน	**การทดลองของโกลด์ชไตน์**
....	....
....	....
....	....
....	....
....	....
....	....

คำถามหลังทำกิจกรรม

1. รังสีแคโทดที่เกิดขึ้นมีประจุชนิดใด ทราบได้อย่างไร

....

....

2. จากการทดลองของทอมสัน เมื่อเปลี่ยนชนิดของแก๊สที่ใช้บรรจุ และชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแคโทด ยังคงมีรังสีพุ่งออกมาจากขั้วแคโทดหรือไม่ ถ้ามี รังสีที่เกิดขึ้นเป็นรังสีชนิดเดียวกันหรือไม่ เพราะเหตุใด

....

....

....

....

3. จากการทดลองของโกลด์ชไตน์ เมื่อเปลี่ยนชนิดของแก๊สที่ใช้บรรจุ และชนิดของโลหะที่ใช้ทำขั้วแอโนด ยังคงมีรังสีพุ่งออกมาจากขั้วแอโนดหรือไม่ รังสีนี้ยังคงมีค่าประจุต่อมวลคงที่หรือไม่ เพราะเหตุใด

....

....

....

....

4. ค่าประจุต่อมวลของอิเล็กตรอนคงที่หรือไม่ ถ้าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับสิ่งใด

....

5. ค่าประจุต่อมวลของโปรตอนคงที่หรือไม่ ถ้าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับสิ่งใด

....

6. จากการทดลองของทอมสันและโกลด์ชไตน์ ให้ข้อมูลที่ขัดแย้งกับแบบจำลองอะตอมของดอลตันอย่างไร

....

....

7. อะตอมตามการทดลองของทอมสันและโกลด์ชไตน์ น่าจะมีลักษณะอย่างไร จงวาดรูปประกอบ

....

บันทึกเพิ่มเติม

แผนผังมโนทัศน์แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

จากการทดลองของทอมสันและโกลด์ ชไตน์ที่นักเรียนได้ศึกษามาทั้งหมด จงระบุลักษณะของอะตอมในลักษณะคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1. ระบุลักษณะของอะตอมจากการทดลองของทอมสันและโกลด์ชไตน์

....

....

2 ระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียน

....

....

....

3. อธิบายเหตุผลที่ตอบเช่นนั้น

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

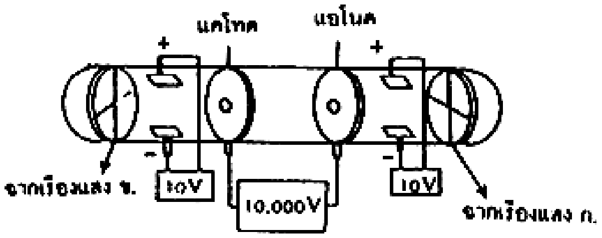
ราย วิชาเคมีพื้นฐาน (ว 30102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ครูกฤตกร สภาสันติกุล

ชื่อ .... ชั้น .... เลขที่ ....

ใบกิจกรรม ประยุกต์ความรู้

ให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ เรื่อง การศึกษาอนุภาคภายในหลอดรังสีแคโทด ไปใช้ในการตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. ถ้าทำการทดลองโดยใช้หลอดรังสีแคโทดที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษ และจัดอุปกรณ์แสดงดังรูป



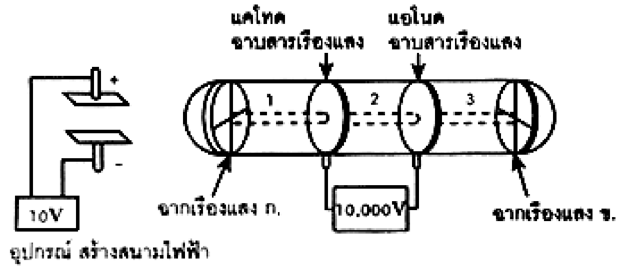
นักเรียนคิดว่า ผลการทดลองจะเกิดจุดสว่างที่ตำแหน่งใด เพราะเหตุใด

....

....

....

2. จากรูปแสดงหลอดรังสีแคโทดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสนามไฟฟ้า



ถ้าเลื่อนอุปกรณ์สร้างสนามไฟฟ้าไปไว้ที่ตำแหน่งต่างๆ จะมีปรากฏการณ์ใดเกิดขึ้น ระบุสิ่งที่เกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่ง พร้อมทั้งแสดงเหตุผลประกอบ

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. ในการยิงแผ่นโลหะ Al บาง ด้วยอิเล็กตรอน ปรากฏว่า Al 3 โมล ถูกชนให้อิเล็กตรอนกระเด็นหลุดออกไปแล้วกลายเป็น Al^{3+} นักเรียนคิดว่า จะมีจำนวนอิเล็กตรอนที่กระเด็นหลุดออกไปกี่อิเล็กตรอน

....

....

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกฤตกร สภาสันติกุล เกิดวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ.2534 ภูมิลำเนา จังหวัดตรัง สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง ในปีพ.ศ.2555 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีพ.ศ. 2556 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ วิชาเอก เคมี ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีพ.ศ.2557 ในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University