ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นายโชติกุล รินลา

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 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF INSTRUCTION USING VISUALIZATION OF CHEMISTRY LEARNING DESIGN ON SCIENTIFIC REPRESENTATIONS AND ATTITUDE TOWARD LEARNING CHEMISTRY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Chotikun Rinla

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 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นายโชติกุล รินลา
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต)

โชติกุล รินลา : ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF INSTRUCTION USING VISUALIZATION OF CHEMISTRY LEARNING DESIGN ON SCIENTIFIC REPRESENTATIONS AND ATTITUDE TOWARD LEARNING CHEMISTRY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา, 200 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยการออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี 2) เพื่อเปรียบเทียบตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีและนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 3) เพื่อศึกษาเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยการออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี 4) เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 44 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 43 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ 1) แบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.42 2) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีซึ่งมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.67

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับพอใช้

2. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีจัดอยู่ในระดับดี

4. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5783318327 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: VISUALIZATION OF CHEMISTRY LEARNING DESIGN / SCIENTIFIC REPRESENTATIONS / ATTITUDE TOWARD LEARNING CHEMISTRY / DEEP UNDERSTANDING IN CHEMISTRY

CHOTIKUN RINLA: EFFECTS OF INSTRUCTION USING VISUALIZATION OF CHEMISTRY LEARNING DESIGN ON SCIENTIFIC REPRESENTATIONS AND ATTITUDE TOWARD LEARNING CHEMISTRY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: DR.SAIROONG SAOWSUPA, 200 pp.

This study was a quasi-experimental research which aimed to 1) study the scientific representations of students after learning chemistry by using the visualization of Chemistry learning design, 2) compare students' scientific representations between a group of students learning by using the visualization of Chemistry learning design and a group of students using inquiry instruction. 3) study mean score students'attitude toward learning chemistry of students learning by using the visualization of Chemistry learning design. 4) compare mean score students'attitude toward learning chemistry between a group of students learning by using the visualization of Chemistry learning design and a group of students using inquiry instruction. The samples were Mathayom Suksa fourth year students of secondary school in Bangkok. One class of 44 students was used as the experimental group, learning Chemistry by using the visualization of Chemistry learning design, while another class of 43 students was used as the control group, learning Chemistry by using inquiry instruction. The research instruments were 1) the scientific representations test with reliability at 0.42, and 2) the attitude toward learning chemistry test with reliability at 0.67. The hypotheses were tested by using t-test.

The research findings were summarized as follows:

1. The experimental group's mean score of their scientific representations was rated at a moderate level.

2. The experimental group's mean score in the post-test of their scientific representations was higher than control group at .05 level of significance.

3. The experimental group's mean score of their attitude toward learning chemistry was rated at a very good level.

4. The experimental group's mean score of the attitude toward learning chemistry after learning was higher than control group at .05 level of significance.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Curriculum and Instruction	Student's Signature	.....
Field of Study:	Science Education	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2016		

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ด้วยการให้การอบรม สั่งสอน ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยและการทำงาน ตลอดจนการให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และคณาจารย์สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ที่ทำให้ผู้วิจัยมีประสบการณ์ที่คุ้มค่าตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ณ สถาบันแห่งนี้ ตลอดจนได้ให้คำชี้แนะแนวทางทำให้ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีที่ได้รับ รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต กรรมการภายนอก ที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนคำแนะนำในการทำวิจัยและให้ความเมตตาตั้งแต่การศึกษาในระดับปริญญาตรีจวบจนถึงการศึกษาในระดับปริญญาโทจนทำให้ผู้วิจัยเป็นผู้สนใจใฝ่รู้ทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนโพธิสารพิทยากร อาจารย์ทัศนา ฉันทาภิธาน ครูผู้สอนวิชาเคมีและครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนโพธิสารพิทยากร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และความเมตตาตลอดช่วงเวลาการเก็บข้อมูลวิจัยเป็นอย่างดี และที่สำคัญขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 และ 4/7 ประจำปีการศึกษา 2559 ทุกคนที่เป็นนักเรียนที่น่ารักและให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนทีปังกรวิทยาพัฒน์(วัดน้อยใน)ในพระราชูปถัมภ์ฯ ตลอดจนครูในโรงเรียนทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และความเมตตาในการสลับคาบสอนเพื่อให้สามารถออกมาเก็บข้อมูลวิจัยนอกโรงเรียนได้

ขอขอบคุณเพื่อนสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ รุ่นที่ 42 และเพื่อนสาขาวิชาการวิจัยการศึกษา รหัส 57 ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการเรียนตลอดจนการทำวิทยานิพนธ์ และที่สำคัญขอขอบคุณท่านนินที่ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจที่สำคัญตลอดการทำวิทยานิพนธ์

อนึ่งผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และน้าที่เป็นกำลังใจสำคัญของผู้วิจัยมาโดยตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
คำถามวิจัย 8
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 9
สมมติฐานการวิจัย 9
ขอบเขตการวิจัย 11
ข้อตกลงเบื้องต้น 12
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย 12
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
1. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี 16
1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี 16
1.2 ความเป็นมา ความหมายและเป้าหมายของการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี 17
1.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี 18
1.4 ขั้นตอนการเรียนการสอน กิจกรรมหลัก วัตถุประสงค์ บทบาทครู บทบาทนักเรียน และผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2. ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 27
2.1 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิด 27
2.2 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 28
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจเชิงลึกในเคมี 36
2.4 โครงสร้างของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 38
2.5 หน้าที่ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 40
2.6 ความสำคัญของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 42
2.7 การสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 43
2.8 แนวทางการวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 46
3. เจตคติต่อการเรียนรู้เคมี (Attitude toward Learning Chemistry) 49
3.1 ความหมายของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 49
3.2 องค์ประกอบของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 51
3.3 มิติของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 53
3.4 ความสำคัญของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 53
3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 54
3.6 แนวทางการวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 54
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนเคมีและเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 59
4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนเคมี 59
4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 61
5. กรอบแนวคิดการวิจัย 62
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 64
1. รูปแบบการวิจัย 64

หน้า

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 65
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 67
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 86
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 100
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 101
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 112
อภิปรายผล 113
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 126
รายการอ้างอิง 128
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 136
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 138
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 152
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 187
ภาคผนวก จ ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี 197
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 200

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน กิจกรรมหลัก วัตถุประสงค์ บทบาทครู บทบาทนักเรียน และผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี 23

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับตัวแทนความคิดและมิติของตัวแทนความคิด 35

ตารางที่ 3 โครงสร้างของตัวแทนความคิดในบริบททางเคมี 39

ตารางที่ 4 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียนในเรื่องกฎของแก๊ส 48

ตารางที่ 5 ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert) 55

ตารางที่ 6 ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนเคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert) 56

ตารางที่ 7 ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert) 57

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ของคะแนนสอบกลางภาครายวิชา เคมีเพิ่มเติม1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 4 ห้องเรียน 66

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย (x) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($x_{ร้อยละ}$) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีก่อนเรียนระหว่างนักเรียนห้อง ม.4/6 และ ม.4/7 67

ตารางที่ 10 การออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้างแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 70

ตารางที่ 11 ช่วงคะแนนและระดับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 73

ตารางที่ 12 ลักษณะและตัวชี้วัดของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 75

ตารางที่ 13 จำนวนข้อในแต่ละลักษณะของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีในแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 76

ตารางที่ 14 ช่วงคะแนนและระดับเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 77

ตารางที่ 15 เนื้อหาและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีเพิ่มเติม1 79

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีและการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 80

ตารางที่ 17 ข้อเสนอแนะจากการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้ทรงคุณวุฒิ 84

ตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 88

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ย (x) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($x_{ร้อยละ}$) และระดับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 44) 101

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ย (x) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($x_{ร้อยละ}$) และค่าที (t) ของคะแนนตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 44) หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีและนักเรียนกลุ่มควบคุม (n = 43) ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 105

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย (x) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($x_{ร้อยละ}$) ของคะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง 109

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ย (x) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($x_{ร้อยละ}$) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 110

ตารางที่ 23 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 147

ตารางที่ 24 เกณฑ์การประเมินใบกิจกรรม เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ 169

ตารางที่ 25 เกณฑ์การตัดสินตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ 171

ตารางที่ 26 เกณฑ์การประเมินใบกิจกรรม เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ 185

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 27 เกณฑ์การตัดสินตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ 186

ตารางที่ 28 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างลักษณะข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวัดในการเขียนแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แต่ละระดับ 188

ตารางที่ 29 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 191

ตารางที่ 30 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างลักษณะข้อความกับตัวชี้วัดในการเขียนแสดงเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี 192

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่ **หน้า**

แผนภาพที่ 1 แสดงปรากฏการณ์ทางเคมีในการเกิดตะกอนจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย 18
แผนภาพที่ 2 การบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค..... 19
แผนภาพที่ 3 ภาพเคลื่อนไหวของตัวแทนความคิดระดับจุลภาคจากโปรแกรม VisChem 20
แผนภาพที่ 4 การบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาคอย่างถูกต้อง..... 20
แผนภาพที่ 5 ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี..... 22
แผนภาพที่ 6 ความต่อเนื่องของตัวแทนความคิดตามรายละเอียดของบริบทพื้นฐานตามความสมบูรณ์ของวัตถุ..... 29
แผนภาพที่ 7 ระดับของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของสสาร..... 36
แผนภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้าใจและระดับของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์..... 37
แผนภาพที่ 9 รูปแบบของการสร้างความหมายของ Peirce (1930)..... 43
แผนภาพที่ 10 การใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์..... 44
แผนภาพที่ 11 ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค เรื่อง สารละลาย ของนักเรียน 45
แผนภาพที่ 12 ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับที่จุลภาคเรื่อง สารละลาย ของนักเรียน 45
แผนภาพที่ 13 ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียน 46
แผนภาพที่ 14 รูปแบบการวิจัยแบบ Posttest-Only Design with Nonequivalent Groups.... 64
แผนภาพที่ 15 ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 ระดับ..... 86
แผนภาพที่ 16 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค เรื่อง การละลายน้ำ..... 102
แผนภาพที่ 17 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับจุลภาค เรื่อง การละลายน้ำ..... 103

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่ **หน้า**

แผนภาพที่ 18 ตัวแทนความคิดที่ถูกต้องเรื่องการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก 104

แผนภาพที่ 19 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับสัญลักษณ์
เรื่อง การละลาย 104

แผนภาพที่ 20 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับมหภาค
เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล 106

แผนภาพที่ 21 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับจุลภาค
เรื่อง รูปร่างโมเลกุลระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม 107

แผนภาพที่ 22 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับสัญลักษณ์
เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม..... 108

แผนภาพที่ 23 นักเรียนวาดภาพและบรรยายโครงสร้างของแก๊สไฮโดรเจนในใบกิจกรรม..... 113

แผนภาพที่ 24 นักเรียนวาดภาพและบรรยายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของแก๊สไฮโดรเจน
ในใบกิจกรรม 114

แผนภาพที่ 25 นักเรียนอธิบายผลการทดลองเมื่อนำซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโมเนีย
มาวัดจุดเดือด 115

แผนภาพที่ 26 นักเรียนแสดงการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดง 115

แผนภาพที่ 27 นักเรียนแสดงการละลายน้ำของสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์ 116

แผนภาพที่ 28 นักเรียนแสดงการเกิดพันธะเคมีของสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์ 116

แผนภาพที่ 29 นักเรียนแสดงรูปร่างโมเลกุลของซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโมเนีย 117

แผนภาพที่ 30 นักเรียนแสดงไอออนอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายโพแทสเซียม
ไอโอไดด์และสารละลายเลด(II)ไนเตรด 118

แผนภาพที่ 31 นักเรียนแสดงสภาพขั้วของโมเลกุลซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโมเนีย..... 118

แผนภาพที่ 32 นักเรียนอธิบายผลการทดลองเมื่อนำลวดทองแดงและแท่งแก้วมาต่อเข้ากับ
แบตเตอรี่และหลอดไฟ 119

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่ **หน้า**

แผนภาพที่ 33 นักเรียนอธิบายผลการทดลองเมื่อนำสารประกอบโพแทสเซียมไอไอไดด์และแคลเซียมคาร์บอเนตมาละลายน้ำ 120

แผนภาพที่ 34 ผลงานการแสดงการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดงของนักเรียน 121

แผนภาพที่ 35 นักเรียนแสดงความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับในใบกิจกรรม 124

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มนุษย์อาศัยอยู่กับความซับซ้อนบนโลกของวัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และดำรงชีวิตเพื่อความอยู่รอดในโลกธรรมชาติ (Natural World) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับเคมี (Chittleborough, 2014) เคมีเป็นการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติและปฏิกิริยาของสสารจากการจัดเรียงตัวของอนุภาคและธรรมชาติของการเกิดพันธะระหว่างอนุภาคเพื่อนำความรู้มาอธิบายสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของสสารในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น (Gudyanga & Madambi, 2014) โดยธรรมชาติของเคมีเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ 2 ระดับ คือ 1) ปรากฏการณ์ระดับจุลภาค (Microscopic world) เป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า เช่น อิเล็กตรอน อะตอม โมเลกุล หรือไอออน มีความเป็นนามธรรมสูง ยากต่อการทำความเข้าใจ และ 2) ปรากฏการณ์ระดับที่สามารถสังเกตได้ (Observable world) เช่น การทดลองและประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยปรากฏการณ์ทั้ง 2 ระดับจะสื่อสารผ่านการใช้สัญลักษณ์ (Symbol) เช่น สูตรโมเลกุล สมการเคมี (Jaber & BouJaoude, 2012)

เนื่องจากวิชาเคมีเป็นวิชาที่ยากต่อการทำความเข้าใจ เป็นการศึกษาสิ่งที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรม (Gudyanga & Madambi, 2014) การเรียนวิชาเคมีจึงต้องอาศัยการสร้างมโนภาพ (Visualization) เพื่อแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Representations) ในการทำความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีในรูปแบบภาพวาด การเขียนอธิบาย ทำให้การเรียนรู้เคมีสามารถมองเห็นภาพและมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น (Tasker & Dalton, 2008) โดย Johnstone (1982) นักการศึกษาเคมีได้เสนอตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Representations) ในการเรียนรู้เคมีไว้ 3 ระดับ ได้แก่ (1) ตัวแทนความระดับมหภาค (Macroscopic Representations) คือความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีจากปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าโดยการวาดภาพและเขียนอธิบาย (2) ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (Microscopic Representation) คือความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีจากปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าโดยการวาดภาพและเขียนอธิบาย และ (3) ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Representation) คือความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยการเขียนสัญลักษณ์ธาตุ สูตรโมเลกุล หรือสมการเคมี ดังนั้นการเรียนรู้เคมีจึงมีความสัมพันธ์กับตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ กล่าวคือการศึกษาสมบัติทาง

กายภาพและสมบัติทางเคมีของสสารซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของสสารที่สามารถสังเกตเห็นได้สัมพันธ์กับตัวแทนความคิดระดับมหภาค การศึกษาปฏิกิริยาและการเกิดพันธะซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นได้สัมพันธ์กับตัวแทนความคิดระดับจุลภาค และใช้ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์อธิบายความเชื่อมโยงระหว่างปรากฏการณ์ทั้ง 2 ระดับ (Jaber & BouJaoude, 2012) หากนักเรียนไม่สามารถแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนเคมีจะส่งผลให้ทำความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีได้ยาก (Tasker, 2002) ดังนั้นตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์จึงมีความสำคัญต่อการเรียนเคมี คือ 1) ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางเคมี (Tasker & Dalton, 2008) 2) ช่วยส่งเสริมความสามารถในการทำนายผลที่เกิดขึ้นจากการศึกษาปรากฏการณ์ (Velazquez-Marcano et al., 2004 อ้างถึงใน Chittleborough, 2014)

ในวิชาเคมีแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้เคมีคือพันธะเคมี (Tan & Treagust, 2001) เนื่องจากเป็นพื้นฐานของความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีหลายแขนง อาทิเช่น เคมีอินทรีย์ เคมีอนินทรีย์ เคมีเชิงฟิสิกส์ และพันธะเคมีเป็นการศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างและการเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ไอออน หรืออะตอมของสารที่อยู่รอบตัวซึ่งเป็นปรากฏการณ์ระดับจุลภาคไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้นพันธะเคมีจึงเป็นแนวคิดที่มีความเป็นนามธรรมสูง ทำความเข้าใจได้ยาก และนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนอยู่เป็นจำนวนมาก (Gudyanga & Madambi , 2014)

เมื่อพิจารณาปัญหาที่พบในการจัดการเรียนการสอนเคมี เรื่อง พันธะเคมี ในต่างประเทศ พบว่า 1) นักเรียนมีปัญหาในการเรียนพันธะเคมี เนื่องจากนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน อาทิเช่น นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายไม่เข้าใจแนวคิดเรื่องพันธะเคมี เนื่องจากไม่เห็นภาพอะตอม ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (Taber, 2003) ในเรื่องพันธะไอออนิก นักเรียนอธิบายการนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิกจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (Coll & Treagust, 2001) ในเรื่องพันธะโคเวเลนต์ นักเรียนเชื่อว่าพันธะโคเวเลนต์แข็งแรงน้อยกว่าพันธะไอออนิก เนื่องจากเข้าใจว่าสารโคเวเลนต์มีจุดเดือดต่ำ (Boo, 2000) และนักเรียนเข้าใจว่าพันธะไฮโดรเจนและแรงแวนเดอร์-วาลส์เป็นพันธะเคมี รวมทั้งนักเรียนเกิดความสับสนเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลระหว่างออร์บิทัล S และ P (Gudyanga & Madambi , 2014) รวมถึงในเรื่องพันธะโลหะ นักเรียนเข้าใจว่าภายในโลหะเหล็กมีพันธะโคเวเลนต์ (Taber, 2003) 2) ปัญหาในการสอนของครู อาทิเช่น ครูออกแบบการสอนที่ทำให้นักเรียนมองเห็นภาพที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางเคมีได้ยาก (Treagust & Chittleborough, 2001) และการสอนของครูไม่มีการฝึกให้นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ (Gabel, 1999) ประกอบกับเมื่อพิจารณาปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้เคมี เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย พบว่า นักเรียนมีปัญหาในการเรียนพันธะเคมี เนื่องจากนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก ได้แก่ 1) การเกิดพันธะไอออนิก 2) โครงสร้างของสารประกอบ

ไอออนิก 3) การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก 4) สมบัติของสารประกอบไอออนิก โดยในเรื่องการเกิดพันธะเคมี พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจการเกิดไอออนของพันธะไอออนิกและเข้าใจว่าพันธะในสารประกอบไอออนิกเป็นชนิดพันธะเดี่ยวรวมถึงนักเรียนเข้าใจว่าพันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน ในเรื่องโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก พบว่า นักเรียนเข้าใจว่าสารประกอบไอออนิกจะมีโครงสร้างคล้ายตาข่ายและไม่แข็งแรงเพราะสารประกอบไอออนิกละลายน้ำได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนนำแนวคิดทางเลือกมาอธิบายปรากฏการณ์ ในเรื่องสมบัติของสารประกอบไอออนิก พบว่า นักเรียนเข้าใจว่าน้ำทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าในสารละลายไอออนิก และการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสารละลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้าได้ (ณัชธฤต เกื้อทาน, 2557) ในเรื่องการเขียนสูตรของสารประกอบไอออนิก พบว่า นักเรียนเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกไม่ต้องถูกต้องโดยแสดงเลขประจุไว้ในสูตรและจำสัญลักษณ์ของอนุมูลกลุ่มไม่ได้ (อัจฉรีรัตน์ ศิริ และคณะ, 2558)

แนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ได้แก่ 1) การเกิดพันธะโคเวเลนต์และพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ 2) กฎออกเตต 3) ความยาวพันธะ 4) รูปร่างโมเลกุล 5) สภาพขั้วโมเลกุล 6) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล 7) การเขียนสูตรของสารประกอบโคเวเลนต์ และ 8) สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย โดยในเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ พบว่า นักเรียนไม่สามารถระบุจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนได้ จึงไม่สามารถแสดงการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อเกิดเป็นพันธะโคเวเลนต์ได้ รวมทั้งนักเรียนไม่เข้าใจว่าการเกิดพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์เกิดจากการที่อะตอมกลางให้อิเล็กตรอนแก่อะตอมที่ล้อมรอบใช้เพียงส่วนเดียวเท่านั้น ในเรื่องกฎออกเตต นักเรียนเข้าใจว่าสารโคเวเลนต์ทุกชนิดต้องเป็นไปตามกฎออกเตต (อัจฉรีรัตน์ ศิริ และคณะ, 2558) ในเรื่องความยาวพันธะ พบว่า นักเรียนเข้าใจว่าความยาวพันธะแปรผันตรงกับชนิดของพันธะ (อรวรรณ จันทร์ฟู, 2554) ในเรื่องรูปร่างโมเลกุล พบว่า นักเรียนไม่นำจำนวนอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวที่อยู่รอบอะตอมกลางมาใช้ทำนายรูปร่างโมเลกุล ในเรื่องสภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ พบว่า นักเรียนเข้าใจว่าสภาพขั้วของโมเลกุลหาได้จากผลบวกแบบคณิตศาสตร์ของค่าประจุไฟฟ้าทุกชนิดที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลและเข้าใจว่าสภาพขั้วของพันธะคือสภาพขั้วของโมเลกุล (ณัชธฤต เกื้อทาน, 2557) ในเรื่องแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล พบว่า นักเรียนอธิบายจุดเดือดของสารประกอบโคเวเลนต์จากมวลโมเลกุลโดยไม่คำนึงถึงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ในเรื่องการเขียนสูตรของสารประกอบโคเวเลนต์ พบว่า นักเรียนเขียนสูตรจากการไขว้ประจุ แสดงให้เห็นว่านักเรียนสับสนกับการเขียนสูตรของสารประกอบไอออนิก (อัจฉรีรัตน์ ศิริ และคณะ, 2558) ในเรื่องสารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย พบว่า นักเรียนเข้าใจว่าสารโคเวเลนต์ที่จะนำไฟฟ้าได้อนุภาคต้องอยู่รวมกันอย่างเป็นระเบียบจึงจะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ (ณัชธฤต เกื้อทาน, 2557)

แนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะโลหะ ได้แก่ 1) การเกิดพันธะโลหะ 2) สมบัติของโลหะ โดยในเรื่องการเกิดพันธะโลหะ พบว่า นักเรียนเข้าใจว่าภายในแท่งโลหะไม่มีพันธะเคมีแต่อะตอมของโลหะจะเกาะกลุ่มอยู่ชิดกันหนาแน่นเช่นเดียวกับของแข็ง ในส่วนเรื่องสมบัติของโลหะ พบว่า นักเรียนเข้าใจว่าการนำไฟฟ้าของโลหะเกิดจากอนุภาคของสารที่อยู่ชิดกันและภายในโลหะมีขั้วบวกและขั้วลบจึงทำให้นำไฟฟ้าได้ (ณัชธฤต เกื้อทาน, 2557) และนักเรียนคิดว่าการนำไฟฟ้าของโลหะเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุบวกและประจุลบ (อัจฉรีรัตน์ ศิริ และคณะ, 2558) รวมทั้งจากการพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) ซึ่งทดสอบตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในส่วนของมาตรฐานที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วยตัวชี้วัด ม.4-6/4 วิเคราะห์และอธิบายการเกิดพันธะเคมีในโครงผลึกและในโมเลกุลของสาร พบว่าปีการศึกษา 2556, 2557 และ 2558 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 28.95, 26.48 และ 25.67 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559: ออนไลน์) จากปัญหาในการจัดการเรียนการสอนเรื่องพันธะเคมีข้างต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในต่างประเทศและในประเทศไทยประสบปัญหาในการเรียนเรื่องพันธะเคมีที่คล้ายคลึงกัน คือ นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางเคมี

เมื่อพิจารณาปัญหาในการเรียนเคมีที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่างประเทศ พบว่า 1) นักเรียนมีปัญหาในการแสดงตัวแทนความคิด อาทิเช่น นักเรียนขาดประสบการณ์ในแสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาค เนื่องจากนักเรียนขาดการฝึกปฏิบัติ (Nelson, 2002 อ้างถึงใน Gilbert & Treagust, 2009) นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติของตัวแทนความคิดระดับจุลภาคเนื่องจากเกิดความสับสนเกี่ยวกับอนุภาคของสสารในธรรมชาติ (Harrison & Treagust, 2002 อ้างถึงใน Gilbert & Treagust, 2009) และนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในการใช้ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (Marais & Jordaan, 2002 อ้างถึงใน Gilbert and Treagust, 2009) รวมทั้งนักเรียนไม่เข้าใจการใช้ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์และระดับจุลภาคในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ไปสู่ตัวแทนความคิดระดับมหภาค (Savec et al., 2009) 2) นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดได้ อาทิเช่น นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ได้ (Taber & Coll, 2002) ประกอบกับเมื่อพิจารณาปัญหาในการเรียนเคมีที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย พบว่า นักเรียนมีปัญหาในการแสดงตัวแทนความคิด อาทิเช่น นักเรียนมีรูปแบบตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ พันธะไอออนิก และพันธะโลหะ ต่ำกว่าร้อยละ 50 (ดวงกมล บำรุงบ้านทุ่ม, 2555) และนักเรียนไม่สามารถอธิบายตัวแทนความคิดใน

ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ได้ (ณัชธฤต เกื้อทาน, 2557) จากปัญหาในการเรียนเคมีที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในต่างประเทศและในประเทศไทยประสบปัญหาที่คล้ายคลึงกัน คือนักเรียนมีปัญหาในการแสดงตัวแทนความคิด เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางเคมี ดังนั้นจึงควรเร่งพัฒนาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายซึ่งมีความสำคัญต่อการเรียนรู้เคมีเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกทางเคมีมากขึ้น

เป้าหมายของการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย คือผู้เรียนตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551) สอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตรเคมีในระดับมัธยมศึกษาคือผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาและตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวันบนพื้นฐานของการมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์รวมถึงการตระหนักถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเพื่อสังคมในอนาคต (Curriculum Development Centre, 2005) ดังนั้นในการจัดการเรียนสอนวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ในการจัดการเรียนรู้เคมีนอกจากส่งเสริมให้ผู้เรียนต้องเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีแล้ว ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เคมีซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนเคมีคือ (Najdi, 2009) เจตคติต่อการเรียนรู้เคมีคือความรู้สึกที่ตอบสนองต่อการเรียนเคมี อาทิเช่น ความสนใจในการเรียนรู้เคมี การเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ ซึ่งเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีมีความสำคัญต่อการเรียนรู้เคมีของผู้เรียน 3 ประการ คือ 1) ทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี 2) ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนเคมี และ 3) ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของบทเรียนเคมีไปสู่มโนทัศน์ทางเคมี (Salta & Tzougraki, 2004) ดังนั้นหากผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เคมีจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีได้มากขึ้นและเกิดความสมดุลระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งต่าง ๆ บนโลกในอนาคต (Yunus & Ali, 2012)

เมื่อพิจารณาปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนต่างประเทศ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ชอบการเรียนเคมี เนื่องจากวิชาเคมีเป็นวิชาที่เข้าใจยากและมีเนื้อหาเป็นจำนวนมาก (Yunus & Ali, 2012) รวมทั้งนักเรียนมีความสนใจในการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากวิชาเคมีเป็นวิชาที่มองเห็นภาพยาก มีความเป็นนามธรรมสูงและเกิดช่องว่างระหว่างสิ่งที่นักเรียนสนใจและสิ่งที่ครูสอน (Jegede, 2007) และเมื่อพิจารณาปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนในประเทศไทย พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เห็นว่าเนื้อหาของวิชาเคมีเป็นเรื่องที่ซับซ้อนเข้าใจยากจึงทำให้ผู้เรียนบางส่วนเกิดความเบื่อหน่าย ไม่อยากเรียน ขาดแรงจูงใจในการเรียนส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างต่ำ (พัชรินทร์ ศรีพล, 2556) แสดงให้เห็นว่านักเรียนต่างประเทศ

และนักเรียนไทยประสบปัญหาที่คล้ายคลึงกันคือนักเรียนมีเจตคติทางลบต่อการเรียนรู้เคมี จึงเป็นปัญหาในการจัดการเรียนการสอนเคมีที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับมีอยู่อย่างหลากหลาย อาทิเช่น การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบ ITLS (The Interdependence of Three Levels of Science concepts model) ซึ่งใช้บทบาทของการสร้างมโนภาพจากภาพเคลื่อนไหวทางคอมพิวเตอร์หรือภาพการทดลองเพื่อเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ (Devetak & Glazer, 2014) การสอนในรูปแบบมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ (Macro-Micro-Symbolic Teaching) โดยใช้การสังเกต การเขียนสัญลักษณ์และการอธิบายในระดับจุลภาคส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ (Relational Understanding) ระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ (Jaber & BouJaoude, 2012) การใช้แนวคิด LON (Life-Observations-Notations Approach) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานแนวคิดที่เน้นบริบทเป็นฐาน (Context-Based Approach) โดยการนำเอาประสบการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนมาเป็นประเด็นในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องปฏิกิริยาเคมีและสามารถแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นได้ (Savec et al., 2009) รวมทั้งการใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี (Visualization of the Molecular Level Learning Design) ซึ่งมีลักษณะที่โดดเด่นคือมีขั้นตอนที่ให้นักเรียนสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับอย่างชัดเจน และมีขั้นตอนการเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกในมโนทัศน์ทางเคมี (Deep Understanding for Chemistry Concept) อีกทั้งสามารถนำไปใช้ในการสอนเคมีได้หลากหลายเนื้อหา ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี จึงเป็นแนวทางในการพัฒนาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้เคมีของนักเรียนที่มีประสิทธิภาพ (Tasker & Dalton, 2008: 122) (Tasker R., 2002)

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี (Visualization of Chemistry Learning Design) ได้รับการพัฒนาขึ้นภายใต้โครงการ VisChem (Visualising Chemical Structures and Reactions at the Molecular Level to Develop a Deep Understanding of Chemistry Concepts) ในปี ค.ศ.1990 โดย Roy Tasker นักการศึกษาเคมีจากมหาวิทยาลัยเวสเติร์นซีดนีย์ เป็นหัวหน้าวิจัย ร่วมกับ Rebacca Dalton, Ray Sleet Bob Bucat, Bill Chia และ Debbie Corrigan มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกทางเคมีของนักเรียนจากการสร้างมโนภาพทางเคมีโดยใช้ภาพเคลื่อนไหวในระดับจุลภาค การปฏิบัติการทดลองและการใช้สัญลักษณ์ เนื่องจากพบว่าเกิดปัญหาในการเรียนเคมี คือ นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

เกี่ยวกับธรรมชาติของสสารในระดับจุลภาค อาทิเช่น สารประกอบไอออนิก สารละลาย ปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นแนวคิดที่มีความเป็นนามธรรมสูง ยากต่อการทำความเข้าใจ โดยการออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีจะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางเคมีโดยการแสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ สามารถมองเห็นภาพโครงสร้างและสมบัติของสสารทางกายภาพและทางเคมี ทำให้การเรียนวิชาเคมีมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น รวมทั้งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่อยู่บนพื้นฐานแนวคิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน (Constructivism) และทฤษฎีทางด้านโสตทัศนของกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Audiovisual Information-Processing Model) ดังนั้นการออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีจึงช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในวิชาเคมีมากขึ้น (Tasker & Dalton, 2008) (Tasker, 2002)

การจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน (Tasker & Dalton, 2008) ได้แก่ **(1) ขั้นการสังเกตปรากฏการณ์** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางเคมีและให้นักเรียนบันทึกข้อมูลจากการสังเกตด้วยการวาดภาพและอธิบาย **(2) ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนวาดภาพและบรรยายโครงสร้างทางเคมีจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา **(3) ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** เป็นขั้นที่อภิปรายถึงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคของตนเองร่วมกับเพื่อน เพื่อรับข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อน **(4) ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** เป็นขั้นที่แสดงภาพเคลื่อนไหวของโครงสร้างทางเคมีและนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของภาพเคลื่อนไหว **(5) ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยมโนทัศน์ที่มีมาก่อน** เป็นการสะท้อนความคิดของตนเองถึงความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดที่ตนเองสร้างขึ้นกับลักษณะสำคัญของภาพเคลื่อนไหวและเขียนอธิบายความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตนเองพร้อมทั้งเขียนตัวแทนความคิดระดับจุลภาคอีกครั้งให้ถูกต้อง **(6) ขั้นการเชื่อมโยงไปสู่การคิดระดับอื่น** เป็นขั้นที่แสดงตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์และอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และ **(7) ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** เป็นขั้นที่นำตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ ไปใช้เป็นแนวเทียบในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่

การนำการออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเคมี สามารถช่วยพัฒนาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังผลการวิจัยของ Dalton (2003) ซึ่งได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของสสารและกระบวนการทางเคมีกับนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 จำนวน 48 คน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาสามารถพัฒนาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางกายภาพได้ดีขึ้นและ

สามารถส่งผ่านความคิดจากภาพเคลื่อนไหวไปยังสถานการณ์ใหม่ได้ สอดคล้องกับการวิจัยของ Tasker and Dalton (2006) ซึ่งได้ทำการศึกษาการพัฒนาตัวแทนความคิดของนักเรียนโดยใช้การออกแบบการเรียนการสอนจากการสร้างมโนภาพทางเคมีกับนักเรียนจำนวน 22 คน พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาตัวแทนความคิดได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการเรียนการสอนใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการพิจารณาลักษณะสำคัญของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเกิดความสนใจในการเรียนเคมีมากขึ้น (Tasker & Dalton, 2008) และการวิจัยของ Savec et al (2009) ที่ใช้แนวคิดการสอนที่เน้นบริบทเป็นฐานโดยการให้นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์มาอธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสนใจในการเรียนเคมีมากขึ้น (Savec et al., 2009) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Salta & Tzougraki (2004) ซึ่งพบว่าการใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีสามารถช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของบทเรียนเคมีไปสู่มโนทัศน์และสัญลักษณ์ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนรู้เคมี และงานวิจัยของ Savec, Savojic & Grm, (2009) ที่ได้ศึกษาการใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพ พบว่านักเรียนมีความสนใจในการเรียนเคมีมากขึ้น รวมทั้งผลการวิจัยของมรีจิ คงทรัตน์ (2553) ซึ่งพบว่า การใช้แนวเทียบในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

จากแนวคิด สภาพปัญหา และงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำการออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเคมี เพื่อพัฒนาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้เคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายต่อไป

คำถามวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบหรือไม่ อย่างไร

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

2. เพื่อเปรียบเทียบตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีและนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

3. เพื่อศึกษาเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

4. เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีกับกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

สมมติฐานการวิจัย

การนำการออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเคมี สามารถช่วยพัฒนาการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ดังผลการวิจัยของ Dalton (2003) ที่ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองความคิดของสสารและกระบวนการทางเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนการสอนจากการสร้างมโนภาพทางเคมีกับนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 จำนวน 48 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาตัวแทนความคิดที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางกายภาพได้ดีขึ้น และสามารถส่งผ่านความคิดจากภาพเคลื่อนไหวไปยังสถานการณ์ใหม่ได้ สอดคล้องกับการวิจัยของ Tasker and Dalton (2006) ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองความคิดของนักเรียนโดยใช้การออกแบบการเรียนการสอนจากการสร้างมโนภาพทางเคมีกับนักเรียนจำนวน 22 คนพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลองความคิดได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 รวมทั้งผลการวิจัยของ Jaber & BouJaoude (2012) ที่ได้ศึกษาการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์เพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ในวิชาเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับและเชื่อมโยงตัวแทนความคิดได้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ข้อค้นพบหนึ่งของการใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี คือ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของบทเรียนเคมีไปสู่มโนทัศน์และสัญลักษณ์ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนรู้เคมี (Salta & Tzougraki, 2004) และจากผลการใช้แนวคิดการสอนที่เน้นบริบทเป็นฐานโดยการให้นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เป็นตัวแทนความคิดระดับมหภาค พบว่า นักเรียนมีความสนใจในการเรียนเคมีมากขึ้น (Savec et al., 2009) สอดคล้องกับการวิจัยของ Tien (1999) ซึ่งได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE ซึ่งมีขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองในการสอนวิชาเคมีแก่นักศึกษามหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 รวมทั้งการวิจัยของ มรีจิ คงทรัตน์ (2553) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ซึ่งพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้นจึงตั้งสมมติฐาน ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีอยู่ในระดับดี

4. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ

2.1.1 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

2.1.2 การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 เจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

2.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

2.3.1 เนื้อหาวิชาและจำนวนเรื่องที่ใช้ในการเรียนการสอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นเนื้อหาเดียวกัน คือ พันธะเคมี

2.3.2 ผู้สอน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.3.3 ระยะเวลาที่สอน โดยมีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่ากันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 พันธะเคมี รายวิชาเคมีเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำหรับนักเรียนที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรสถานศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อตกลงเบื้องต้น

การจัดการเรียนการสอนทั้ง 2 แบบ คือ (1) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี และ (2) การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ในช่วงเวลาที่ต่างกัน ถือว่าไม่มีผลต่อคะแนนตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ออกแบบเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีจากการสร้างมโนภาพทางเคมีในรูปแบบตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 ระดับ คือ ตัวแทนความคิดระดับมหภาค ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค และตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้น ประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 7 ขั้น ดังนี้

(1) ขั้นการสังเกตปรากฏการณ์ เป็นขั้นที่นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางเคมี และบันทึกข้อมูลจากการสังเกตด้วยการวาดภาพและอธิบาย โดยครูมีบทบาทในการจัดแสดงปรากฏการณ์ในรูปแบบต่าง ๆ

(2) ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค เป็นขั้นที่นักเรียนบรรยายและวาดภาพโครงสร้างทางเคมีของสสารจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยครูมีบทบาทในการอธิบายและแนะนำสิ่งที่ต้องเข้าใจร่วมกันในการเขียนตัวแทนความคิดระดับจุลภาค

(3) ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน เป็นขั้นที่นักเรียนอภิปรายถึงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคของตนเองร่วมกับเพื่อน เพื่อรับข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อน โดยครูมีบทบาทในการแนะนำถึงลักษณะสำคัญของตัวแทนความคิดระดับจุลภาค

(4) ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง เป็นขั้นที่ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวของโครงสร้างทางเคมีของสสารจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งนักเรียนจะต้องสังเกตลักษณะสำคัญของภาพเคลื่อนไหว และครูมีบทบาทในการแนะนำให้นักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญ ของตัวแทนความคิดระดับจุลภาค

(5) ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยมโนทัศน์ที่มีมาก่อน เป็นขั้นที่นักเรียนสะท้อนความคิดของตนเองถึงความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของตนเองกับลักษณะสำคัญของภาพเคลื่อนไหวและระบุความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตนเองพร้อมทั้งวาดภาพและบรรยายตัวแทนความคิดระดับจุลภาคอีกครั้งให้ถูกต้อง โดยครูมีบทบาทในการร่วมอภิปรายกับนักเรียนในการสะท้อนความคิด

(6) ขั้นการเชื่อมโยงไปสู่การคิดระดับอื่น เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสร้างตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ โดยครูมีบทบาทในการกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์

(7) ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นที่นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับไปใช้เป็นแนวเทียบในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ โดยครูมีบทบาทในการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับในการเปรียบเทียบกับสสารที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ใหม่

2. ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีซึ่งแสดงออกในรูปแบบตัวแทนความคิดโดยใช้การวาดภาพ การเขียนบรรยาย อธิบาย และการเขียนสัญลักษณ์ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้น แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

(1) ตัวแทนความคิดระดับมหภาค (Macroscopic Representations) คือ ความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีของปรากฏการณ์ทางเคมีที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า

(2) ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (Microscopic Representations) คือ ความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีของสสารจากปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า

(3) ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Representations) คือ ความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีโดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดระดับมหภาคและตัวแทนความคิดระดับจุลภาคโดยใช้สัญลักษณ์เพื่ออธิบาปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ซึ่งวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ ด้วยแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Jaber and BouJaoude (2012) และ ณัชธฤต เกื้อทาน (2557)

3. เจตคติต่อการเรียนรู้เคมี หมายถึง ความรู้สึกที่โน้มเอียงในการตอบสนองทางบวกและลบต่อการเรียนรู้เคมี ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ (1) การเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี (2) ความสนใจในการเรียนรู้เคมี (3) การเห็นความเชื่อมโยงของการเรียนรู้เคมีและ (4) การเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้ โดยวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีด้วยแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี ซึ่งใช้แนวทางของ Cheung (2009) Salta and Tzougraki (2004) และ Yunus and Ali (2012)

4. การจัดเรียนการสอนแบบสืบสอบ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ตามลำดับ ดังนี้

(1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการสนทนา การสาธิต ดูวีดิทัศน์ หรือใช้คำถาม เพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหา และทบทวนประสบการณ์เดิมของนักเรียน โดยครูแสดงให้นักเรียนเห็นปรากฏการณ์ทางเคมีจากวีดิทัศน์

(2) ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล สำรวจตรวจสอบ หรือปฏิบัติการทดลอง และครูจัดแสดงภาพเคลื่อนไหวในระดับจุลภาคเพื่อให้นักเรียนเห็นถึงตัวแทนความคิดระดับจุลภาค

(3) ขั้นการสร้างคำอธิบาย เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาอภิปรายร่วมกันเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเป็นตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ

(4) ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่

(5) ขั้นประเมิน เป็นขั้นที่ครูประเมินตัวแทนความคิดของนักเรียน และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดของเพื่อน

5. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี (Visualization of the Molecular Level Learning Design) ที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี โดยนำผลการศึกษามากำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ซึ่งรายละเอียดของผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ นำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้กลยุทธ์การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี
    - 1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี
    - 1.2 ความเป็นมา ความหมายและเป้าหมายของการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี
    - 1.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี
    - 1.4 ขั้นตอนการเรียนการสอน กิจกรรมหลัก วัตถุประสงค์ บทบาทครู บทบาทนักเรียนและผลลัพธ์ที่ได้การจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนการสอนจากการสร้างมโนภาพทางเคมี
2. ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์
    - 2.1 ความหมาย ประเภท และองค์ประกอบของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์
    - 2.2 ความสำคัญของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์
    - 2.4 แนวทางการวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. เจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

3.1 ความหมาย ประเภท และองค์ประกอบของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

3.2 ความสำคัญของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

3.3 แนวทางการวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนเคมีและเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

1. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดที่สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

1.1.1 ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism)

ทฤษฎีสรรคนิยม เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง โดยผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) ของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้ โดยจัดประสบการณ์ใหม่ให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (disequilibrium) ซึ่งเป็นสภาวะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับปรากฏการณ์เดิม ผู้เรียนต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมแล้วสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งการที่ผู้เรียนจะสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ กระบวนการเรียนรู้ต้องมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (feed back) มีการสะท้อนความคิด (reflection) และมีการทบทวน (review) เพื่อทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2558: 111)

1.1.2 รูปแบบด้านโสตทัศนของกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Audiovisual Information-Processing Model)

รูปแบบด้านโสตทัศนของกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลได้พัฒนาจากแนวคิดของ Johnstone (1986) และ Mayer (1997) ร่วมกับทฤษฎีรหัสคู่ของ Paivio (1990) และทฤษฎีภาระการทำงานของสมองของ Sweller (1994) โดย Johnstone ได้ใช้รูปแบบนี้ในการสอนเคมี และแนวคิดของ Mayer ได้นำมาใช้เป็นหลักการในการออกแบบการเรียนการสอนสำหรับการอธิบายโดยใช้มัลติมีเดีย (Moreno, 2000) โดยรูปแบบด้านโสตทัศนของกระบวนการทางสมองในการ

ประมวลข้อมูลมีกระบวนการคือ เมื่อมีการรายงานทางมัลติมีเดียระบบความจำจากประสาทสัมผัส (sensory memory) บุคคลจะรับรู้ข้อมูลจากการมองภาพเป็นตัวอักษร (text images) และรูปภาพ (picture images) ร่วมกับการได้ยินเสียง (sounds) จากการบรรยาย จะผ่านการคัดกรองทางการรับรู้ (perception filter) โดยการคัดเลือกเข้าสู่กระบวนการทำงานของความจำ (working memory) โดยข้อมูลจากการรับรู้ทางเสียงจะแปลความหมายเป็นคำในรูปแบบของภาษา ส่วนข้อมูลจากการรับรู้ทางภาพจะแปลความหมายเป็นคำเชิงรูปภาพเป็นรูปแบบที่สามารถมองเห็นได้ จากนั้นจะเกิดการบูรณาการข้อมูล (integration) จากทั้งสองส่วนและเกิดการเชื่อมโยงกับการเรียนรู้ที่มีมาก่อน (prior learning) โดยการเข้ารหัส (encoding) เป็นความจำระยะยาว (long-term memory) ทำให้เกิดแนวคิดใหม่ (new ideas)

1.2 ความเป็นมา ความหมายและเป้าหมายของการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

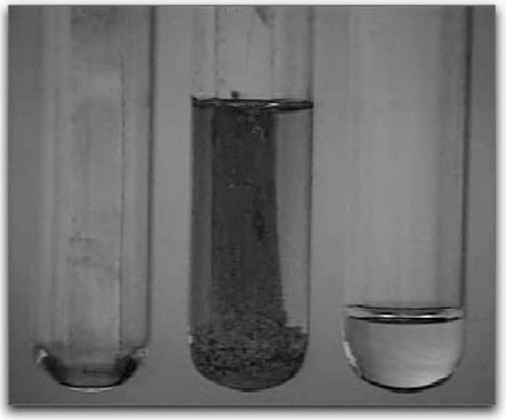
การจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี (Visualization of the Molecular Level Learning Design) เป็นการออกแบบการจัดการเรียนรู้เคมีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการสร้างมโนภาพในระดับโมเลกุล โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหวของโครงสร้างและกระบวนการทางเคมีในระดับโมเลกุล และพัฒนาประสิทธิภาพในการออกแบบการเรียนรู้ โดยทำการวิจัยกับนักศึกษาระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยในประเทศออสเตรเลีย ซึ่งมีคณะผู้วิจัยดังนี้ Roy Tasker นักการศึกษาเคมีจากมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น ซิดนีย์ เป็นหัวหน้าวิจัย ร่วมกับ Rebacca Dalton, Ray Sleet Bob Bucat, Bill Chia และ Debbie Corrigan นักการศึกษาเคมีจากมหาวิทยาลัยในประเทศออสเตรเลีย ในปี ค.ศ.2002 และกลยุทธ์การออกแบบการเรียนรู้นี้อยู่บนพื้นฐานแนวคิดด้านโสตทัศนของกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Audiovisual Information-Processing Model) เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในวิชาเคมีมากขึ้น (Tasker R. and Dalton R., 2008: 122) (Tasker R., 2002)

การจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี (Visualization of the Molecular Level Learning Design) หมายถึง การออกแบบการเรียนรู้โดยให้นักเรียนสร้างมโนภาพทางเคมีในรูปแบบตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 ระดับ คือ ตัวแทนความคิดระดับมหาภาค ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค และตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (Tasker R. and Dalton R.,2008: 122)

1.3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

การจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี (Visualization of the Molecular Level Learning Design) ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 7 ขั้นตอน ดังนี้ (Tasker & Dalton, 2008) (Tasker, 2002)

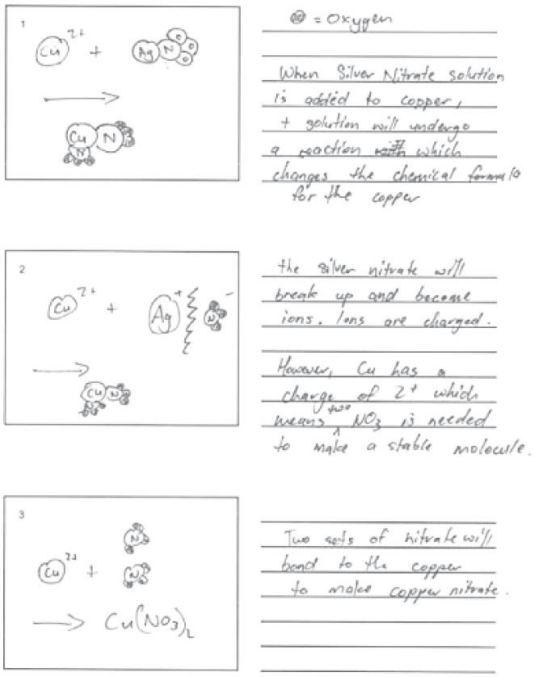
(1) ขั้นการสังเกตปรากฏการณ์ (Observing a Phenomenon) เป็นการให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาเคมีหรือสมบัติของสาร จากการทดลองปฏิบัติการ การสาธิต หรือวีดิทัศน์ และให้นักเรียนบันทึกข้อมูลจากการสังเกตด้วยการวาดภาพและอธิบาย ทำให้นักเรียนเกิดตัวแทนความคิดระดับมหาภาค (Macroscopic Representation) ตัวอย่างเช่น ภาพที่ 1 เป็นการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์ (II) และซิลเวอร์(I) ไนเตรด โดยหลอดทดลองที่ 1 เป็นซิลเวอร์(I) ไนเตรด หลอดทดลองที่ 3 เป็นสารละลายคอปเปอร์ (II) เมื่อสารละลายทั้ง 2 ชนิดทำปฏิกิริยากันจะเกิดเป็นตะกอนคอปเปอร์(II) ไนเตรดในหลอดทดลองที่ 2 จากนั้นครูจึงใช้คำถามกระตุ้นสู่ขั้นที่ 2 ว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคได้อย่างไร



แผนภาพที่ 1 แสดงปรากฏการณ์ทางเคมีในการเกิดตะกอนจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายคอปเปอร์ (II) และซิลเวอร์(I) ไนเตรด
(อ้างอิงจาก Tasker & Dalton,2008)

(2) ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (Discription and drawing Microscopic Representation) เป็นการให้นักเรียนบรรยายและวาดภาพโครงสร้างทางเคมีของสสารที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา และครูอธิบายสิ่งที่ต้องเข้าใจร่วมกัน เช่น แสดงความสัมพันธ์ของขนาด การเคลื่อนที่ จำนวน การจับกันเป็นกลุ่ม ทำให้นักเรียนเกิดตัวแทนความคิด

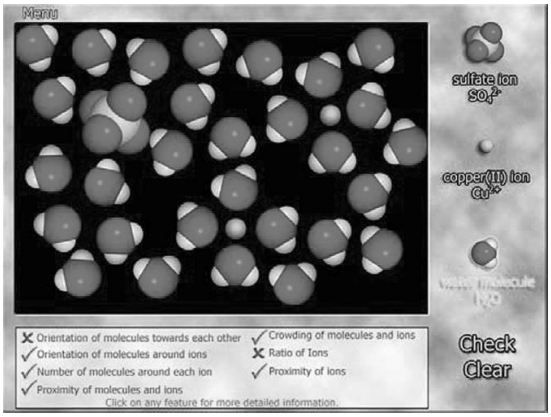
ในระดับจุลภาค (Microscopic Representation) ดังตัวอย่างจากภาพที่ 2 เป็นการวาดภาพและบรรยายการทำปฏิกิริยาระหว่างอะตอมในสารละลายคอปเปอร์ (II) และซิลเวอร์(I) ไนเตรด



แผนภาพที่ 2 การบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค
(อ้างอิงจาก Tasker & Dalton,2008)

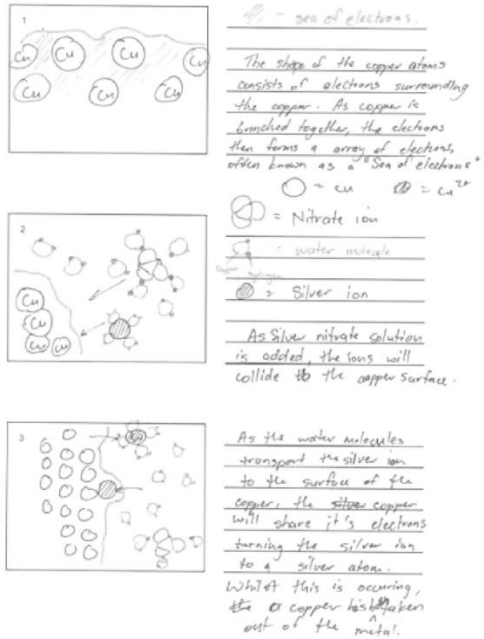
(3) ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน (Discussing with Peers) เป็นการอภิปรายถึงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของตนเองร่วมกับเพื่อน เพื่อรับข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อน โดยครูแนะนำถึงลักษณะสำคัญ (key features) ของตัวแทนความคิดที่อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

(4) ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง (Viewing Animations and Simulations) เป็นการแสดงภาพเคลื่อนไหวโครงสร้างทางเคมีของสสารที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ครูจะไม่อธิบายแต่ให้นักเรียนดูลักษณะสำคัญ (key features) ของตัวแทนความคิดระดับจุลภาคว่าสอดคล้องกับตัวแทนความคิดของตนเองหรือไม่ ช่วงที่ 2 ครูอธิบายโดยมุ่งไปที่การวาดภาพลักษณะสำคัญ (key features) และช่วงที่ 3 ครูอธิบายภาพเคลื่อนไหวหรือสถานการณ์จำลองซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ดังภาพแสดงลักษณะสำคัญของซัลเฟต (II) ไอออน, คอปเปอร์ (II) ไอออน และโมเลกุลของน้ำ



แผนภาพที่ 3 ภาพเคลื่อนไหวของตัวแทนความคิดระดับจุลภาคจากโปรแกรม VisChem (อ้างอิงจาก Tasker & Dalton, 2008)

(5) ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยมโนทัศน์ที่มีมาก่อน (Reflecting on any Differences with Prior Conceptions) เป็นการสะท้อนความคิดถึงความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและจากภาพเคลื่อนไหวและอภิปรายร่วมกับครู โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนระบุความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากตัวแทนความคิดของตนเอง ซึ่งนักเรียนจะวาดและบรรยายตัวแทนความคิดระดับจุลภาคใหม่อีกครั้ง ดังภาพวาดและคำอธิบายของปฏิกิริยาระหว่างอะตอมในสารละลายคอปเปอร์(II)ซัลเฟตและสารละลายซิลเวอร์(I)ไนเตรด ใหม่อีกครั้ง

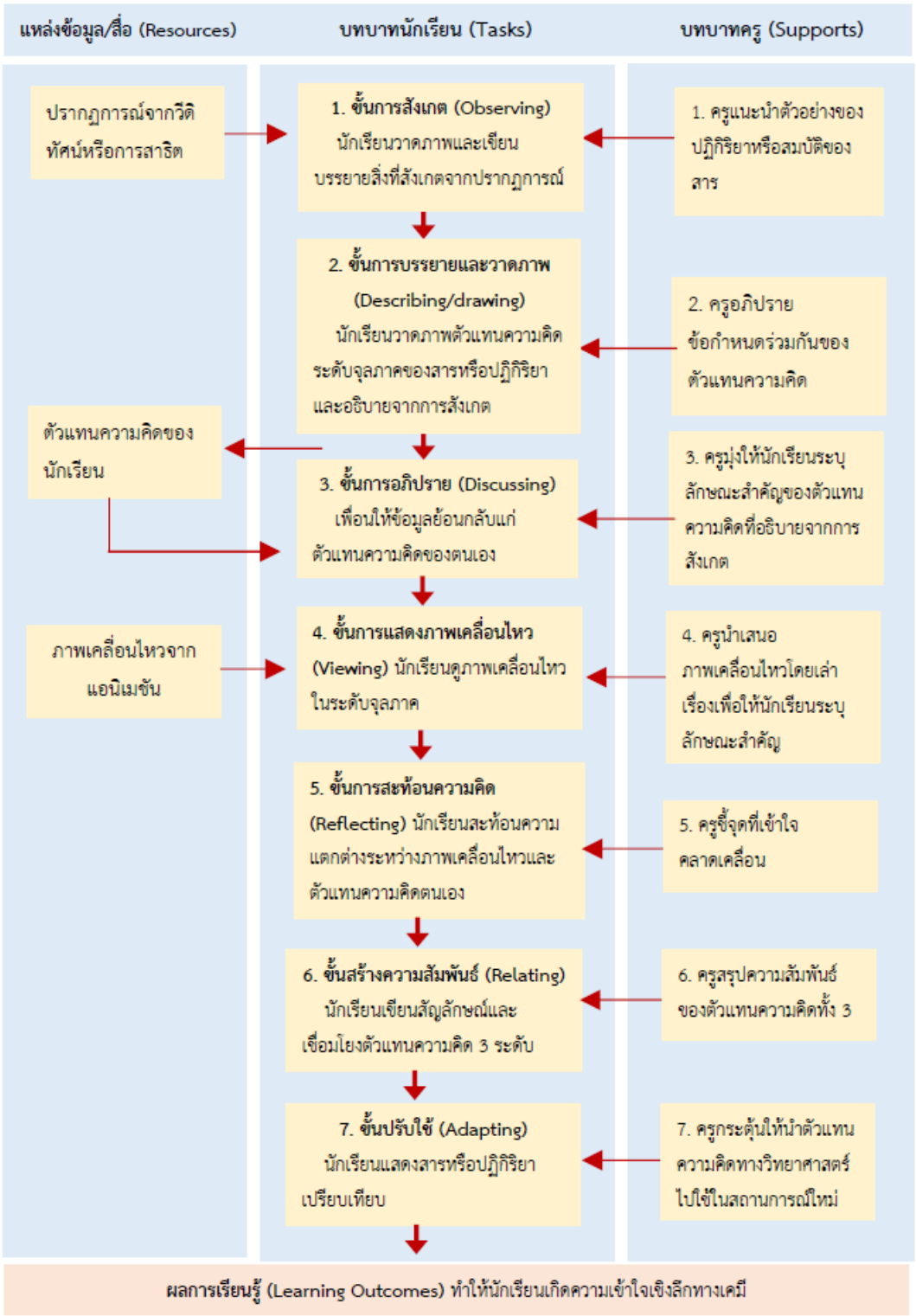


แผนภาพที่ 4 การบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาคอย่างถูกต้อง (อ้างอิงจาก Tasker & Dalton,2008)

(6) ขั้นการเชื่อมโยงไปสู่การคิดระดับอื่น (Relating to Other Thinking Levels) เป็นการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ที่ศึกษาด้วยการอธิบายโดยใช้ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์และกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์

(7) ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ (Adapting to New Situation) เป็นการนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาใช้เป็นแนวเทียบเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ใหม่ เช่น ปฏิกิริยาที่มีลักษณะเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภาพที่ 5 ขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี (อ้างอิงจาก Tasker, 2002)

1.4 ขั้นตอนการเรียนการสอน กิจกรรมหลัก วัตถุประสงค์ บทบาทครู บทบาทนักเรียนและผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน กิจกรรมหลัก วัตถุประสงค์ บทบาทครู บทบาทนักเรียน และผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

ขั้นตอนการเรียนการสอน	กิจกรรมหลัก	วัตถุประสงค์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน	ผลลัพธ์ที่ได้
(1) ขั้นการสังเกตปรากฏการณ์ (Observing a Phenomenon)	ให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางเคมี และให้นักเรียนบันทึกข้อมูลจากการสังเกตด้วยการวาดภาพและอธิบาย	เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจด้วยการสร้างความสนใจในบริบทและสร้างสิ่งที่นักเรียนต้องการรู้ (need to know)	(1) จัดแสดงปรากฏการณ์ในรูปแบบต่าง ๆ (2) ใช้คำถามกระตุ้นว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคได้อย่างไร (3) กระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและอภิปรายเกี่ยวกับการสังเกตปรากฏการณ์	(1) สังเกตปรากฏการณ์ (2) คิดว่าจะสามารถอธิบายปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคได้อย่างไร (3) คิดและอภิปรายเกี่ยวกับการสังเกตปรากฏการณ์	(1) ภาพวาดและอธิบายที่เป็นตัวแทนความคิดระดับมหภาค
(2) ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (Describing and Drawing a Microscopic level Representation)	ให้นักเรียนบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคจากการสังเกตปรากฏการณ์ และครูอธิบายสิ่งที่ต้องเข้าใจร่วมกัน	พัฒนาทักษะการสร้างตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค	(1) อธิบายและแนะนำสิ่งที่ต้องเข้าใจร่วมกันในการเขียนตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค เช่น การแสดงความสัมพันธ์ของขนาด การเคลื่อนที่ จำนวน การจับกันเป็นกลุ่มของอนุภาค	(1) อธิบายปรากฏการณ์ด้วยการวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	(1) ภาพวาดที่เป็นตัวแทนความคิดระดับจุลภาค

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการเรียนการสอน กิจกรรมหลัก วัตถุประสงค์ บทบาทครู บทบาทนักเรียน และผลลัพธ์ที่ได้ จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	กิจกรรมหลัก	วัตถุประสงค์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน	ผลลัพธ์ที่ได้
(3) ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน (Discussing with Peers)	การอภิปรายถึงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคของตนเองร่วมกับเพื่อน เพื่อรับข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อน	เพื่อให้นักเรียนได้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback)	(1) แนะนำถึงลักษณะสำคัญ (key features) ของตัวแทนความคิดที่อธิบายปรากฏการณ์ทางเคมี	(1) อภิปรายถึงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคของตนเองร่วมกับเพื่อน	(1) ข้อมูลที่ได้จากการอภิปราย
(4) ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง (Viewing Animations and Simulations)	การแสดงภาพเคลื่อนไหวโครงสร้างทางเคมีของสสารในระดับจุลภาค แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ครูจะไม่อธิบายแต่ให้นักเรียนดูลักษณะสำคัญ (key features) ของตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคว่าสอดคล้องกับตัวแทนความคิดของตนเองหรือไม่ ช่วงที่ 2 ครูอธิบายโดยมุ่งไปที่การวาดภาพลักษณะสำคัญ (key features) และช่วงที่ 3 ครูอธิบายภาพเคลื่อนไหวหรือสถานการณ์จำลองซ้ำอีกครั้งหนึ่ง	เพื่อให้นักเรียนพิจารณาตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของตนเอง	(1) ให้นักเรียนดูลักษณะสำคัญ (key features) ของตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค (1) บรรยายโดยมุ่งไปที่การวาดภาพลักษณะสำคัญ (key features) (2) บรรยายภาพเคลื่อนไหวหรือสถานการณ์จำลองซ้ำอีกครั้งหนึ่ง	(1) พิจารณาลักษณะสำคัญ (key features) ของตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคจากภาพเคลื่อนไหวกับตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคของตนเอง	(1) ข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาตัวแทนความคิด

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการเรียนการสอน กิจกรรมหลัก วัตถุประสงค์ บทบาทครู บทบาทนักเรียน และผลลัพธ์ที่ได้ จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	กิจกรรมหลัก	วัตถุประสงค์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน	ผลลัพธ์ที่ได้
(5) ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยมโนทัศน์ที่มีมาก่อน (Reflecting on any Differences with Prior Conceptions	เป็นการสะท้อนความคิดของตนเองถึงความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของตนเองและลักษณะสำคัญของภาพเคลื่อนไหว และอภิปรายร่วมกับครู โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนระบุความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากตัวแทนความคิดของตนเอง และนักเรียนจะวาดภาพและอธิบายตัวแทนความคิดระดับจุลภาคอีกครั้งให้ถูกต้อง	เพื่อให้นักเรียนได้เห็นถึงความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของตนเองและจากภาพเคลื่อนไหว	(1) ร่วมอภิปรายกับนักเรียนในการสะท้อนความคิด	(1) สะท้อนความคิดเกี่ยวกับตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของตนเอง (2) ระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากตัวแทนความคิดของตนเอง (3) วาดและบรรยายตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	(1) ข้อมูลความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและภาพวาดตัวแทนความคิดระดับจุลภาค

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการเรียนการสอน กิจกรรมหลัก วัตถุประสงค์ บทบาทครู บทบาทนักเรียน และผลลัพธ์ที่ได้ จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	กิจกรรมหลัก	วัตถุประสงค์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน	ผลลัพธ์ที่ได้
(6) ขั้นการเชื่อมโยงไปสู่การคิดระดับอื่น (Relating to Other Thinking Levels)	อภิปรายถึงการแสดงตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์เพื่อเชื่อมโยงไปยังตัวแทนความคิดระดับมหภาคและระดับจุลภาค และอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา	แสดงให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทั้งทั้ง 3 ระดับ	(1) กระตุ้นให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์	(1) เขียนสูตรโมเลกุลหรือสมการเคมี (2) เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ	(1) สูตรโมเลกุลหรือสมการเคมี ซึ่งเป็นตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์
(7) ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ (Adapting to New Situation)	นำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ เช่น ปฏิกิริยาที่มีลักษณะเดียวกัน	นำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ใหม่	(1) ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ใหม่	(1) วาดภาพตัวแทนความคิดระดับโมเลกุลสำหรับเปรียบเทียบกับสสารหรือปฏิกิริยาที่แสดงในระดับมหาภาคของตัวอย่างอื่นๆ	(1) ภาพตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับที่นำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ใหม่

2. ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิด

2.1.1 ความหมายของตัวแทนความคิด

จากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัย พบว่า มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของตัวแทนความคิด (Representation) ในบริบททางการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Gilbert (2007) กล่าวว่า ตัวแทนความคิด หมายถึง การสร้างมโนภาพเพื่อทำให้เข้าใจความหมายของโลกธรรมชาติ

Gilbert and Treagust (2009) กล่าวว่า ตัวแทนความคิด หมายถึง ตัวแทนที่อยู่ในแบบของปรากฏการณ์ แบบจำลอง หรือสัญลักษณ์

Van Fraassen (2010) กล่าวว่า ตัวแทนความคิด หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนเสมือนทั้งหมดในเชิงเปรียบเทียบซึ่งสร้างขึ้นจากเป้าหมายภายในตัวบุคคลนั้น

Taber (2013) กล่าวว่า ตัวแทนความคิด หมายถึง สิ่งเสมือนที่ทำให้ง่ายต่อการจดจำโดยการทำให้เห็นภาพของสิ่งต่าง ๆ

Oliveira et al., (2015) กล่าวว่า ตัวแทนความคิด หมายถึง แบบจำลองที่ทำให้เข้าใจวัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือความคิดซึ่งมีความเฉพาะเจาะจง

ดังนั้น ตัวแทนความคิด หมายถึง ตัวแทนของวัตถุ ปรากฏการณ์ กระบวนการจากการสร้างมโนภาพทำให้เห็นภาพของสิ่งต่าง ๆ และเข้าใจสิ่งนั้นมากขึ้น

2.1.1 ประเภทของตัวแทนความคิด

จากการศึกษาประเภทของตัวแทนความคิดพบว่านักการศึกษาได้จำแนกประเภทของตัวแทนความคิดโดยใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ (1) กระบวนการทางสติปัญญา (2) การประมวลผลข้อมูลของมนุษย์ และ (3) การใช้สัญศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) กระบวนการทางสติปัญญา (Cognitive Process)

Cuoco and Curcio (2001) ได้จำแนกตัวแทนความคิดโดยใช้กระบวนการทางสติปัญญาเป็นเกณฑ์ ซึ่งสามารถจำแนกตัวแทนความคิดได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) ตัวแทนความคิดภายนอก (External representation) เป็นตัวแทนความคิดที่แสดงออกมาทางกายภาพ ได้แก่ ภาพวาด สมการ สัญลักษณ์ ซึ่งสามารถสื่อสารให้เข้าใจได้ง่าย

2) ตัวแทนความคิดภายใน (Internal representation) เป็นตัวแทนความคิดที่สร้างขึ้นภายในสมองของแต่ละบุคคล เช่น การจินตนาการ

(2) กระบวนการประมวลผลข้อมูล (Information Process)

Paivio (1990) ได้จำแนกตัวแทนความคิดโดยใช้กระบวนการประมวลผลข้อมูลเป็นเกณฑ์ ซึ่งสามารถจำแนกตัวแทนความคิดได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) ตัวแทนความคิดทางวัจนภาษา (Verbal Representations) เช่น ภาษาพูด

2) ตัวแทนความคิดทางอวัจนภาษา (Non-Verbal Representations) เช่น ภาพถ่าย แผนภาพ

(3) การใช้สัญศาสตร์ (Semiotic)

Suarez (2010) ได้จำแนกตัวแทนความคิดโดยใช้สัญศาสตร์เป็นเกณฑ์ สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) รูปเหมือน (Iconic) เป็นสิ่งที่มีความคล้ายคลึงกับเป้าหมาย

2) สัญลักษณ์ (Symbolic) เป็นสิ่งที่แสดงถึงการยอมรับอย่างเป็นแบบแผน

3) ดรรชนี (Indexical) เป็นสิ่งที่แสดงความสัมพันธ์ในเชิงเหตุและผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2 ความหมายและประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

2.2.1 ความหมายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

Kozma et al., (2000) กล่าวว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนสสารทางกายภาพที่ทำให้เข้าใจโครงสร้างและกระบวนการของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มองไม่เห็น

Giere (2010) กล่าวว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ตัวแทนทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อเป็นตัวแทนโลกธรรมชาติ

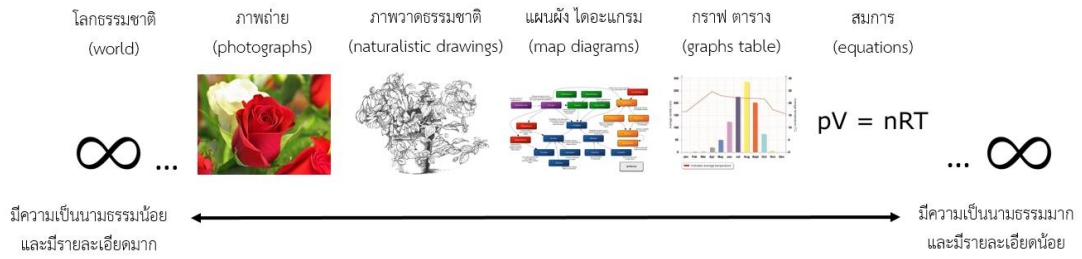
Suarez (2010) กล่าวว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ระบบสัญลักษณ์ที่ใช้การแปลความหมายแทนสิ่งที่เป็นเป้าหมายหรือวัตถุ

Van Fraassen (2010) กล่าวว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนในเชิงเปรียบเทียบเพื่อทำให้เข้าใจความเป็นจริงได้ง่ายขึ้นหรือทำให้ผู้อยู่ในบริบทนั้นวิเคราะห์องค์ความรู้ได้

Chittleborough (2014) กล่าวถึง ตัวแทนความคิด ในบริบทของการศึกษาเคมี ว่า ตัวแทนความคิด หมายถึง แบบจำลอง แนวเทียบ สมการ กราฟ ไดอะแกรม รูปภาพ หรือสถานการณ์ ที่เกี่ยวข้องในรูปของธรรมชาติเชิงเปรียบเทียบเพื่อช่วยอธิบายปรากฏการณ์

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีซึ่งแสดงออกในรูปแบบตัวแทนความคิดในลักษณะการวาดภาพ การเขียนบรรยาย และการเขียนสัญลักษณ์ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้น

Pozzer & Roth (2003) ได้แสดงให้เห็นถึงความต่อเนื่องของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ตามรายละเอียดของบริบทพื้นฐานในความสมบูรณ์ของวัตถุ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นนามธรรมและรายละเอียดของตัวแทนความคิด โดยตัวแทนความคิดที่มีแนวโน้มไปทางด้านซ้ายมือจะมีความเป็นนามน้อยกว่ารายละเอียด ส่วนตัวแทนความคิดที่มีแนวโน้มไปทางด้านขวามือจะมีความเป็นนามธรรมมากกว่ารายละเอียด ดังแผนภาพที่ 6



แผนภาพที่ 6 ความต่อเนื่องของตัวแทนความคิดตามรายละเอียดของบริบทพื้นฐานตามความสมบูรณ์ของวัตถุ

2.2.2 ประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ในบริบททางวิทยาศาสตร์มีการจำแนกประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์แตกต่างกัน ได้แก่ (1) มิติ (Dimension) (2) ระดับ (Level) (3) ลักษณะ (Mode) (4) รูปแบบ (Type) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ตัวแทนความคิดที่ใช้มิติเป็นเกณฑ์ (Dimensionality of Representation)

Gilbert (2007) กล่าวว่า การสร้างมโนภาพ (Visualization) ขึ้นอยู่กับการรับรู้ (perception) และการปรับให้เหมาะสมกับระยะของวัตถุ ซึ่งระบบนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนของมิติทางกายภาพของตัวแทนความคิด โดยสร้างตัวแทนความคิดด้วยการลดโลกแห่งประสบการณ์ไปยังชุดของสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรมซึ่งสามารถจัดอยู่ในขอบเขตของมิติได้ ซึ่งตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 มิติ จะทำให้เข้าใจง่ายกว่าตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 2 มิติ และ 1 มิติ ดังนี้

1.1) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 มิติ (Three dimensional representation) เป็นตัวแทนความคิดที่ผ่านการรับรู้จากการลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น รวมไปถึงการเคลื่อนไหว (gestures) ใน 3 มิติ และการใช้วัสดุที่เป็นรูปธรรม (concrete material) เช่น โครงกระดูก หรือโครงสร้างแบบทรงกลมและแท่ง (Ball-and-Stick)

1.2) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 2 มิติ (Two dimensional representation) เป็นตัวแทนความคิดที่เริ่มปฏิบัติการทดลอง เช่น ภาพตัดขวางของใบไม้ หรือคลื่น โดยแหล่งประสบการณ์ของการเกิดตัวแทนความคิดใน 2 มิติ จะเกิดผ่านการใช้รูปภาพ กราฟ สเปกโทรกราฟ ภาพเคลื่อนไหว ไดอะแกรม

1.3) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 1 มิติ (One dimensional representation) เป็นตัวแทนความคิดที่เป็นนามธรรมสูงซึ่งประกอบด้วยสัญลักษณ์ เช่น สัญลักษณ์ทางเคมี สมการเคมี สมการทางคณิตศาสตร์

2) ตัวแทนความคิดที่ใช้ระดับเป็นเกณฑ์ (Levels of Representation)

Johnstone (1982) & Gabel (1999) ได้กล่าวถึงการแสดงออกทางวิทยาศาสตร์ของการศึกษาปรากฏการณ์ทางเคมีด้วยระดับของตัวแทนความคิด 3 ระดับ ดังนี้

(1) ตัวแทนความคิดระดับมหภาค (Macroscopic Representation) คือ ตัวแทนความคิดในลักษณะของโลกประสบการณ์หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สามารถมองเห็นหรือตรวจสอบได้ เช่น ปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับสารละลายบริสุทธ์ การเคลื่อนที่ของลูกยางฮอกกี้ที่ในอากาศ ภาพตัดขวางของใบไม้

(2) ตัวแทนความคิดระดับที่เล็กกว่าโมเลกุล (Sub-Microscopic Representation) คือ ตัวแทนความคิดในระดับอิเล็กตรอน อะตอม โมเลกุล หรือไอออน ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้ ซึ่งใช้อ้างอิงหรืออธิบายถึงปรากฏการณ์ในระดับมหภาค เช่น การใช้โมเลกุล หรือไอออน ในการอธิบายถึงสมบัติของสารละลายบริสุทธิ์ เซลล์ซึ่งใช้อธิบายโครงสร้างของใบไม้

(3) ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Representation) คือ ตัวแทนความคิดที่มีความเป็นนามธรรมสูงซึ่งอยู่ในรูปของสัญลักษณ์เพื่อใช้เป็นตัวแทนในระดับที่เล็กกว่าโมเลกุล เช่น สัญลักษณ์ทางเคมี สูตรเคมี สมการเคมี หรือสมการทางคณิตศาสตร์

Gilbert & Treagust (2009) ได้แบ่งประเภทของตัวแทนความคิดโดยใช้ระดับของตัวแทนความคิดเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

(1) ตัวแทนความคิดที่เป็นปรากฏการณ์ (Phenomenological Type) เป็นตัวแทนความคิดที่เกิดจากการมองโลกธรรมชาติซึ่งมีความซับซ้อน เป็นสมบัติเชิงประจักษ์ที่สามารถสังเกตเห็นได้ในปฏิบัติการทดลองหรือในชีวิตประจำวัน สามารถทำการสำรวจตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือได้ เช่น สมบัติของสาร ความหนาแน่น ความเข้มข้น ค่า pH อุณหภูมิ หรือความดัน

(2) ตัวแทนความคิดที่เป็นแบบจำลอง (Model Type) เป็นตัวแทนความคิดสำหรับการอธิบายสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ซึ่งเป็นสิ่งที่มีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าต้องอาศัยเครื่องมือในการมอง เช่น อะตอม ไอออน โมเลกุล อิเล็กตรอน หรืออนุมูลอิสระ เช่น ของแข็งสามารถอธิบายด้วยการจัดวางตัวของอะตอมหรือโมเลกุล การกระจายตัวของความหนาแน่นของอิเล็กตรอน อธิบายด้วยรูปร่างของออร์บิทัลของอะตอมหรือโมเลกุล ซึ่งทำให้มองเห็น

ภาพโดยใช้ไดอะแกรม หรือกราฟที่เป็น 2 มิติ หรือวัสดุที่มีโครงสร้างแบบทรงกลมและแท่ง (ball-and-stick) และตัวแทนความคิดแบบเติมเต็มปริภูมิ (space filling)

(3) ตัวแทนความคิดที่เป็นสัญลักษณ์ (Symbolic Type) เป็นตัวแทนความคิดที่อยู่ในรูปสัญลักษณ์เพื่อแทนอะตอม ธาตุ หรือการรวมตัวของธาตุ สัญลักษณ์ของการแสดงประจุทางไฟฟ้า เป็นการแสดงจำนวนอะตอมของแต่ละไอออนหรือโมเลกุลและแสดงให้เห็นถึงสถานะของสาร เช่น ของแข็งจะใช้สัญลักษณ์คือ (s) ของเหลว (l) แก๊ส (g) สารละลาย (aq) เป็นต้น รวมถึงการใช้สมการเคมี ซึ่งตัวแทนความคิดที่เป็นสัญลักษณ์นี้สามารถใช้บรรยายลักษณะของตัวแทนความคิดที่เป็นปรากฏการณ์และตัวแทนความคิดที่เป็นแบบจำลองได้

3) ตัวแทนความคิดที่ใช้รูปแบบเป็นเกณฑ์ (Mode of Representation)

Gilbert, Boulter & Elmer (2000) และ Gilbert (2004) ได้กล่าวถึงการแบ่งลักษณะของตัวแทนความคิดโดยใช้รูปแบบ (Modes of Representation) เป็นเกณฑ์แบ่งได้เป็น 7 ประเภท ดังนี้

(1) รูปแบบที่เป็นรูปธรรม (Concrete Mode) คือ ตัวแทนความคิดที่เป็นวัสดุที่มีโครงสร้าง 3 มิติ ซึ่งทำมาจากวัสดุที่คงทน เช่น แบบจำลองโมเลกุลพอลิสไตรีน

(2) รูปแบบที่เป็นภาษา (Verbal Mode) คือ ตัวแทนความคิดที่ใช้คำพูดหรือการเขียนในการเปรียบเทียบและการให้เหตุผลโดยอาศัยแนวเทียบในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทน เช่น การใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของพันธะโคเวเลนต์

(3) รูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) คือ ตัวแทนความคิดที่แสดงความคิดทางการคำนวณ รวมถึงการใช้สมการ เช่น กฎของแก๊ส

(4) รูปแบบการแสดงให้เห็นภาพ (Visual Mode) คือ ตัวแทนความคิดที่เป็นภาพที่มีความชัดเจนในรูปแบบกราฟและไดอะแกรม รวมทั้งภาพเคลื่อนไหวในระบบ 2 มิติ

(5) รูปแบบที่เป็นสัญลักษณ์ (Symbolic Mode) คือ ตัวแทนความคิดที่มีรูปแบบที่ทำให้เห็นภาพ รูปแบบที่เป็นภาษา และมีรูปแบบทางคณิตศาสตร์

(6) รูปแบบการแสดงท่าทาง (Gestural Mode) คือ ตัวแทนความคิดที่แสดงออกซึ่งการกระทำโดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น การเคลื่อนไหวของมือ

(7) รูปแบบบัญญัติ (Canonical Modes) คือ ตัวแทนความคิดที่เป็นที่แสดงทางโสตทัศน ทางภาษาและการมองเห็น

Guttersrud (2008) ได้กล่าวถึง ประเภทของตัวแทนความคิดโดยใช้รูปแบบเป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภท แบ่งออกเป็น 5 รูปแบบ คือ

(1) ตัวแทนความคิดเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Representation) คือ ตัวแทนความคิดซึ่งใช้มโนทัศน์ในการบรรยายปรากฏการณ์โดยใช้ภาษาอย่างเฉพาะเพื่อการสร้างความหมายทางวิทยาศาสตร์

(2) ตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Representation) คือ ตัวแทนความคิดที่แสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น สมการหรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์

(3) ตัวแทนความคิดในรูปแบบกราฟิก (Graphical Representation) คือ ตัวแทนความคิดในรูปแบบกราฟและตัวแทนความคิดเชิงบรรยายของตัวแปร

(4) ตัวแทนความคิดทางการทดลอง (Experimental Representation) คือ ตัวแทนความคิดที่ใช้ในการทดลองโดยมีแนวทางในการปฏิบัติ

(5) ตัวแทนความคิดที่เป็นรูปภาพ (Pictorial Representation) คือ ตัวแทนความคิดที่ใช้กราฟิกรูปภาพในการอธิบาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Gilbert (2013) ได้กล่าวถึงรูปแบบของตัวแทนความคิด (Mode of Representation) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 รูปแบบ คือ

(1) วัสดุ (Material) อยู่ในรูปของวัตถุทางกายภาพ เช่น การสาธิตการใช้ปริซึมและแหล่งกำเนิดแสง

(2) ภาพเสมือน (Visual) อยู่ในรูปของไดอะแกรม เช่น ไดอะแกรมรังสีจากแสง

(3) คำพูด (verbal) อยู่ในรูปของการบรรยายทางวาจา เช่น การบรรยายแสงในรูปของคลื่นในน้ำ

(4) สัญลักษณ์ (Symbolic) อยู่ในรูปของข้อตกลงทางคณิตศาสตร์ เช่น กฎการสะท้อนของสเนล

4) ตัวแทนความคิดที่ใช้ลักษณะเป็นเกณฑ์ (Types of Representation)

Gilbert & Treagust (2009) ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์จากระดับของตัวแทนความคิด (Levels of Representation) และมิติของตัวแทนความคิด (Dimensions of Representation) จึงจำแนกตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ลักษณะของตัวแทนความคิด (Types of Representation) เป็นเกณฑ์ สามารถจำแนกได้เป็น 9 ประเภท ดังนี้

(1) โลกแห่งประสบการณ์ (World-as-Experienced) เป็นการรับรู้ผ่านการสร้างมโนภาพจากตัวแทนความคิดภายนอก (External Representation) โดยการมองความจริงที่เกิดขึ้นจากโลกแห่งประสบการณ์ เช่น การสำรวจตรวจสอบจากการปฏิบัติการทดลองหรือสถานการณ์จำลอง

(2) การแสดงท่าทาง (Gestures) เป็นตัวแทนความคิด 3 มิติ ซึ่งในทางวิทยาศาสตร์และการศึกษาวิทยาศาสตร์ใช้การแสดงท่าทางในลักษณะที่เป็นการเคลื่อนไหวของมือหรือแขนระหว่างการอภิปราย ซึ่งการแสดงท่าทางเกิดขึ้นจากประสบการณ์ในโลกของปรากกฏการณ์ (phenomenal world) ซึ่งส่วนใหญ่จะแสดงเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

(3) ตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรม (Concrete Representation) คือตัวแทนความคิด 3 มิติ ทำให้มองภาพของสิ่งที่แทนเป้าหมายอย่างเป็นรูปธรรม เช่น โครงสร้างแบบทรงกลมและแท่ง (Ball-and-Stick model) ตัวแทนความคิดเติมเต็มปริภูมิ (space filling)

(4) ตัวแทนความคิดเสมือน (Virtual Representation) เป็นการจำลองสิ่งเสมือนด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ในรูปแบบที่มีการเคลื่อนไหว 3 มิติที่ไม่แท้จริง และในรูปแบบ 2 มิติ

(5) ภาพถ่าย (Photographs) เป็นตัวแทนความคิดที่มีความคล้ายคลึงกับความเป็นจริง โดยสามารถรับรู้จากการแสดงให้เห็นและเสมือนมีชีวิตในการจัดวาง ซึ่งทำให้การสร้างโมภาพด้วยการแปลความหมายจากภาพถ่ายมีประสิทธิภาพ

(6) แผนภาพ (Diagrams) เป็นตัวแทนความคิดที่มีหลายลักษณะ เช่น การ์ตูน แผนภาพเชิงรูปภาพ แผนภาพที่มีคำอธิบายและลูกศรแสดงกระบวนการ รวมทั้งแผนภาพลายเส้นเชิงนามธรรม

(7) กราฟ (Graphs) เป็นตัวแทนความคิดที่เป็นแนวทางในการจัดการข้อมูล มีแนวโน้มแสดงข้อมูลทั้งหมด เพื่อสรุปรายละเอียดข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์ในการสร้างกราฟ

(8) ชุดข้อมูล (Data Arrays) เป็นตัวแทนความคิดในลักษณะการแสดงตัวเลขปริมาณ โดยใช้ตารางและฮิสโทรแกรม

(9) สัญลักษณ์และสมการ (Symbols and Equations) เป็นตัวแทนความคิดที่มีลักษณะเด่นมีความเฉพาะเจาะจงในเชิงสัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ และมีความเป็นนามธรรมมาก เช่น สมการเคมี ซึ่งสามารถแสดงในลักษณะของกลุ่มคำ การใช้สัญลักษณ์ธาตุ สูตรทางเคมี หรือการระบุปริมาณด้วยตัวเลขในสมการ ระบุประจุ และสัญลักษณ์ในการแสดงสถานะของสาร

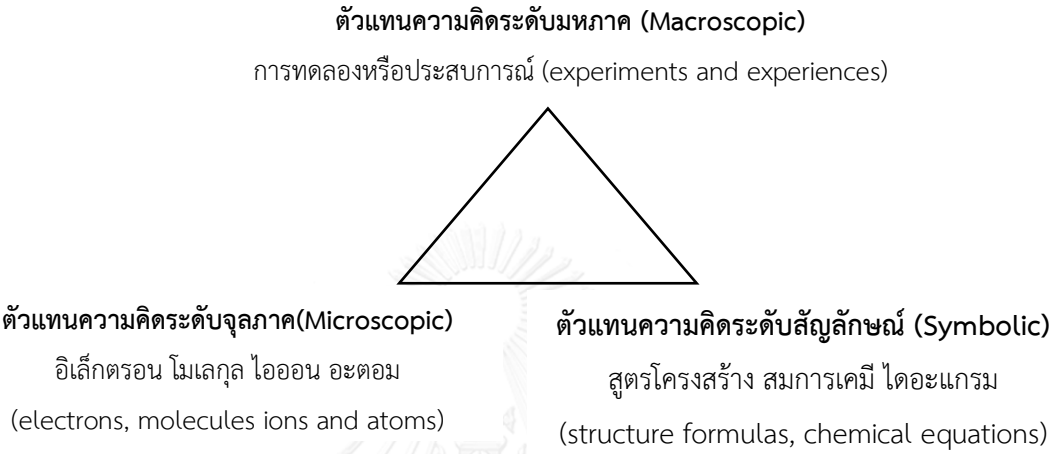
Gilbert & Treagust (2009) ได้แสดงลักษณะของตัวแทนความคิดโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของตัวแทนความคิด (Levels of Representation) และมิติของตัวแทนความคิด (Dimensions of Representation) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับตัวแทนความคิดและมิติของตัวแทนความคิด

มิติ / ระดับ	**3 มิติ (3-Dimension)**	**2 มิติ (2-Dimension)**	**1 มิติ (1-Dimension)**
ระดับมหภาค (Macroscopic level)	โลกแห่งประสบการณ์	โลกแห่งประสบการณ์	-
ระดับจุลภาค (Microscopic level)	การแสดงท่าทาง ตัวแทนความคิดเชิงรูปธรรม	ภาพถ่าย ตัวแทนความคิดเสมือน แผนภาพ กราฟ ชุดข้อมูล	-
ระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level)	-	-	สัญลักษณ์ สมการ

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจเชิงลึกในเคมี

Johnstone (1982) ได้อธิบายถึงระดับของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปสามเหลี่ยม โดยที่แต่ละมุมของรูปสามเหลี่ยมแสดงถึงตัวแทนความคิดแต่ละระดับ แสดงดังแผนภาพที่ 7 ดังนี้



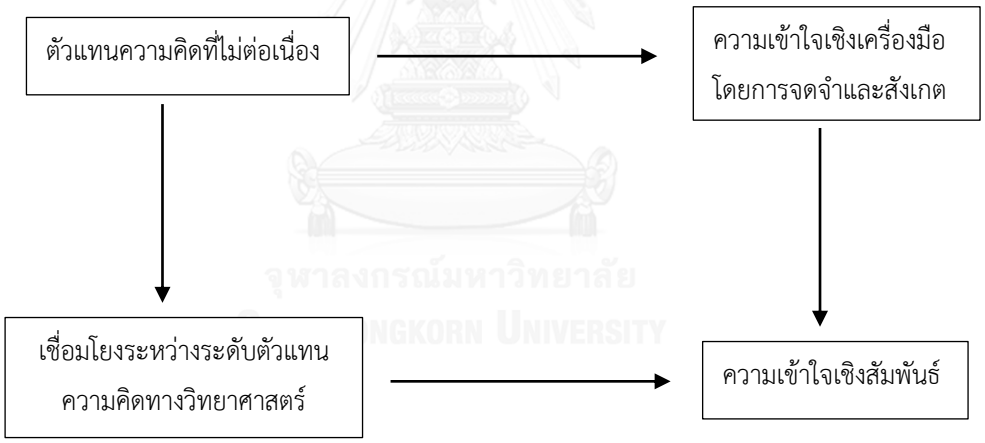
แผนภาพที่ 7 ระดับของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของสสาร

จากความสัมพันธ์ที่แสดงในรูปสามเหลี่ยม ซึ่งแต่ละมุมของสามเหลี่ยมแสดงถึงตัวแทนความคิดแต่ละระดับ โดยในการศึกษาปรากฏการณ์ทางเคมีสามารถใช้ตัวแทนความคิดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์โดยใช้ตัวแทนความคิด 3 ระดับซึ่งมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ เมื่ออธิบายถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (Macroscopic Representation) จะใช้ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (Microscopic Representation) ในการอธิบายแทนกระบวนการหรือโครงสร้างทางเคมีของสิ่งที่อยู่ในระดับโมเลกุลของปรากฏการณ์ที่ศึกษา และใช้ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Representation) มาเชื่อมโยงระหว่างปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับกระบวนการหรือโครงสร้างทางเคมีเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ

Tasker (2002) กล่าวว่า หากนักเรียนสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้จะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกในเคมี (Deep Understanding for Chemistry Concept) ซึ่งเป็นความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีจากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดระดับมหภาค ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ ทำให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นด้วยความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง

ความเข้าใจเชิงลึกในเคมี (Deep Understanding for Chemistry Concept)

ความเข้าใจเชิงลึกในเคมี หมายถึง ความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีอย่างลึกซึ้งในการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นโดยเชื่อมโยงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ Tasker (2002) หากผู้เรียนไม่เกิดความเข้าใจเชิงลึกในเคมีจะทำให้ผู้เรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และเรียนวิชาเคมีด้วยความยากลำบาก เนื่องจากไม่สามารถทำความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีอย่างเห็นภาพเป็นรูปธรรมได้ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ความเข้าใจเชิงลึกในเคมีสอดคล้องกับความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ (Relational Understanding) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างระดับของความเข้าใจและระดับของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2003) กล่าวคือ ผู้เรียนที่มีความคิดไม่ต่อเนื่องจะพยายามเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ และทำความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีด้วยการจดจำและการสังเกต ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ สามารถเปลี่ยนตัวแทนความคิดจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่งได้และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับได้ (Jaber & Boujaoude, 2012) ดังแผนภาพที่ 8



แผนภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้าใจและระดับของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2003)

2.4 โครงสร้างของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

Gilbert and Treagust (2009) ได้ทำการวิเคราะห์โครงสร้างของตัวแทนความคิด โดยแบ่งเป็นการพิจารณาลักษณะของ (1) ธรรมชาติ (2) ขนาด (3) รูปทรง (4) มุม (5) พื้นผิว และ (6) ความหยาบละเอียด ซึ่งได้อธิบายโครงสร้างของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในบริบททางเคมีไว้ดังนี้

(1) ลักษณะแบบเปิดของโครงสร้างแบบทรงกลมและแท่ง (Ball-and-Stick Open) แสดงโครงสร้างของความเป็นธรรมชาติ ขนาดและมุม แต่ไม่แสดงโครงสร้างของรูปทรง พื้นผิว และความหยาบละเอียด

(2) ลักษณะแบบเปิดของโครงร่าง (Skeletal Open) แสดงโครงสร้างของความเป็นธรรมชาติและมุม แต่ไม่แสดงโครงสร้างของขนาด รูปทรง พื้นผิว และความหยาบละเอียด

(3) ลักษณะแบบเติมเต็มปริภูมิในเชิงโมเลกุล (Molecular space filling) แสดงโครงสร้างของความเป็นธรรมชาติ ขนาด มุม รูปทรง พื้นผิว และความหยาบละเอียด แต่ไม่แสดงโครงสร้างของมุม

(4) ลักษณะแบบเติมเต็มปริภูมิในเชิงไอออนิก (Ionic space filling) แสดงโครงสร้างของความเป็นธรรมชาติ ขนาด มุม รูปทรง พื้นผิว และความหยาบละเอียด แต่ไม่แสดงโครงสร้างของมุม

(5) ลักษณะแบบออร์บิทัล (Obital) แสดงโครงสร้างของความเป็นธรรมชาติ ขนาด มุม รูปทรง มุม และพื้นผิว แต่ไม่แสดงโครงสร้างของความหยาบละเอียด

Chulalongkorn University

การแสดงโครงสร้างของตัวแทนความคิดในบริบททางเคมี แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 โครงสร้างของตัวแทนความคิดในบริบททางเคมี

Gilbert and Treagust (2009)

ลักษณะโครงสร้าง	ลักษณะแบบเปิด (Open)				ลักษณะแบบเติมเต็มปริภูมิ (space filling)				ออร์บิทัล (Obital)	
	โครงสร้างแบบทรงกลมและแท่ง (Ball-and-Stick Open)		โครงสร้างแบบโครงร่าง (Skeletal Open)		ลักษณะเชิงโมเลกุล (Molecular		ลักษณะเชิงไอออนิก (Ionic			
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
ธรรมชาติ (Natures)	*		*		*		*		*	
ขนาด (Size)	*			*	*		*		*	
รูปทรง (Shape)		*		*	*		*		*	
มุม (Angle)	*		*			*		*	*	
พื้นผิว (Surface)		*		*	*		*		*	
ความหยาบละเอียด (Texture)		*		*	*		*			*

+ หมายถึง แสดง

- หมายถึง ไม่แสดง

***** หมายถึง การแสดงลักษณะของโครงสร้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 หน้าที่ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

Ainsworth (1999) ได้กล่าวถึงหน้าที่หลักของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ประการ ได้แก่ (1) หน้าที่ในการเติมเต็ม (2) หน้าที่ในการผลักดัน และ (3) หน้าที่ในการสร้าง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) หน้าที่ในการเติมเต็ม (Complementary Functions) ตัวแทนความคิดทำให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ที่สอดคล้องกันได้จากหลากหลายมุมมอง หากตัวแทนความคิดในรูปแบบหนึ่งไม่สามารถทำให้เกิดความเข้าใจได้ ตัวแทนความคิดอีกรูปแบบหนึ่งสามารถเข้ามาแทนที่และทำให้เกิดความเข้าใจได้มากขึ้น เนื่องจากตัวแทนความคิดแต่ละรูปแบบมีกระบวนการและสารสนเทศที่บรรจุอยู่แตกต่างกัน ดังนั้นตัวแทนความคิดในแต่ละรูปแบบจึงสามารถเกิดการเติมเต็มซึ่งกันและกันได้ หน้าที่ในการเติมเต็มของตัวแทนความคิดแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่

1) ด้านกระบวนการเติมเต็ม (Complementary process) ทำให้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายมีความสมบูรณ์มากขึ้น ประกอบด้วย การลดการประมวลผล (Computational offloading) การนำเสนอซ้ำ (Re-representation) และการผลักดันด้วยกราฟิก (Graphical constrain)

2) ด้านสารสนเทศเติมเต็ม (Complementary information) เนื่องจากตัวแทนความคิดประกอบด้วยสารสนเทศและมีความซับซ้อนที่แตกต่างกัน ดังนั้นความหลากหลายของตัวแทนความคิดจึงถูกเติมเต็มในการรับรู้

(2) หน้าที่ในการผลักดัน (Complementary Functions) ตัวแทนความคิดที่ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียนเนื่องจากนักเรียนไม่คุ้นเคย จะถูกผลักดันโดยตัวแทนความคิดที่นักเรียนคุ้นเคย ทำให้สามารถแปลความหมายได้ดีกว่า เมื่อเกิดการผลักดันจากการรวมตัวกันอย่างถูกต้องของตัวแทนความคิด

(3) หน้าที่ในการสร้าง (Construct Functions) ตัวแทนความคิดช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ทั้งนี้จะต้องเกิดความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดที่ใช้ด้วย จึงจะส่งผลให้มโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น

Oliveira, Justi & Mendonça (2015) ได้กล่าวถึงหน้าที่ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาจากการจัดการเรียนการสอนดังนี้

(1) เสริมแรงให้บุคคลแสดงออกทางวาจา (To reinforce what the individual is expressing orally) สถานการณ์ที่แต่ละบุคคลเผชิญต่างอาศัยตัวแทนความคิดที่จะเสริมแรงให้บุคคลนั้นแสดงออกทางวาจา ซึ่งคำพูดจะทำให้เข้าใจถึงการแสดงออกทางความคิดได้อย่างชัดเจน หรือเหตุการณ์ที่เฉพาะเจาะจงกับความคิด

(2) เป็นตัวแทนของคำศัพท์ที่เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ (To substitute specific scientific vocabulary) เมื่อมีการใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์นักเรียนอาจจะไม่รู้คำศัพท์หรือเกิดการลืมได้ ครูจึงควรใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบายคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ให้เข้าใจง่ายขึ้น

(3) แสดงแบบจำลองที่มีข้อมูลสนับสนุนข้อเสนอ (To present the model showing the information that supports a proposal) การสร้างแบบจำลองจากสถานการณ์ต่าง ๆ ทำให้เข้าใจมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมมากขึ้น

(4) ตรวจสอบความเข้าใจในตัวแทนความคิด (To check understanding of a representation) เพื่อระบุว่าแต่ละบุคคลใช้ตัวแทนความคิดเพื่อยืนยันความเข้าใจที่แต่ละบุคคลแสดงออก

(5) อธิบายมโนทัศน์หรือลักษณะเฉพาะ (To explain a concept or specific aspect) โดยใช้ตัวแทนความคิดเป็นเครื่องมือในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

(6) แสดงความไม่สอดคล้องของตัวแทนความคิดและวิธีการนำเสนอที่ดีกว่า (To show inconsistency in the representation and a better way of representing) ตัวแทนความคิดใช้ในการปรับปรุงแก้ไขความไม่สอดคล้องในลักษณะภายในของสิ่งนั้นหรือตัวแทนความคิดอื่นที่มีความสัมพันธ์กัน

(7) อ้างอิงไปยังตัวแทนความคิดที่สนใจ (To make reference to a representation of interest) แต่ละบุคคลจะมุ่งไปยังตัวแทนความคิดที่เข้าใจง่ายกว่าเพื่อความชัดเจนในการนำเสนอ

2.6 ความสำคัญของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

Ainsworth (1991) ได้แสดงให้เห็นว่าตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อนักเรียนในการเรียนวิทยาศาสตร์ 4 ด้าน ได้แก่

(1) ด้านการสร้างความเข้าใจรูปแบบของตัวแทนความคิดด้วยวิธีการลงรหัส (Encode) ของตัวแทนความคิดและรูปแบบการนำเสนอ (Format) ในตัวแทนความคิดที่อยู่ในรูปแบบกราฟ ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นเส้น คำอธิบาย แกน โดยการสร้างวิธีการลงรหัสเพื่อความเข้าใจถึงจุดสูงสุด จุดต่ำสุด และจุดตัด

(2) ด้านการสร้างความเข้าใจระหว่างตัวแทนความคิดและเนื้อหาที่เรียน ซึ่งการแปลความหมายตัวแทนความคิดจะขึ้นอยู่กับบริบท โดยนักเรียนจะต้องสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดและเนื้อหาที่เรียน

(3) ด้านการสร้างความเข้าใจในการเลือกตัวแทนความคิดที่เหมาะสม ตามลักษณะของงานและการรับรู้ในแต่ละบุคคล

(4) ด้านการสร้างตัวแทนความคิดที่เหมาะสม จะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น

Chittleborough (2014) กล่าวว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์มีสำคัญในการอธิบายมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อแสดงตัวแทนความคิดออกมาในรูปแบบของรูปภาพ สัญลักษณ์ แผนภาพ รวมทั้งช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ยากต่อการทำความเข้าใจ

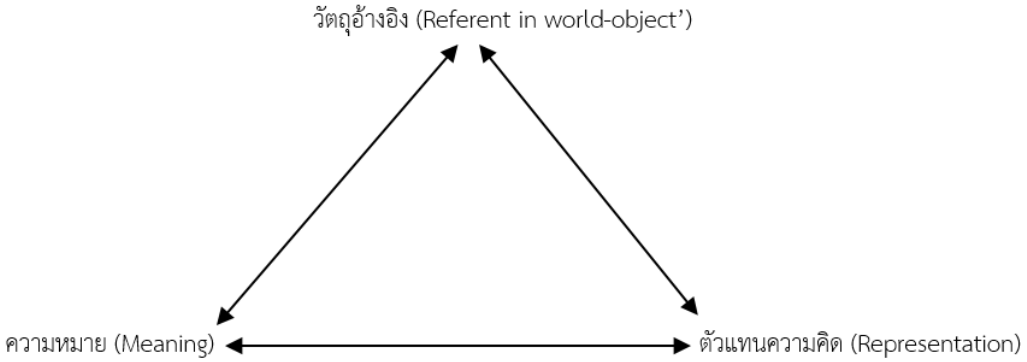
Williamson (2014) กล่าวว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์มีสำคัญในการส่งเสริมการสร้างแบบจำลองความคิดของนักเรียน และช่วยให้นักเรียนสร้างมโนภาพจากความเข้าใจในมโนทัศน์ชองธรรมชาติของสารในระดับอนุภาค

Velazquez-Marcano et al. (2004 อ้างอิงถึง Chittleborough, 2014) กล่าวว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์มีสำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการทำนายผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นของการศึกษาปรากฏการณ์นั้น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.7 การสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

Peirce (1930 อ้างถึงใน Waldrip & Prain, 2013) ได้แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์และตัวแทนความคิดสำหรับการสร้างตัวแทนความคิดในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนจะสร้างความหมาย (Meaning) ด้วยการรับสัมผัสจากวัตถุอ้างอิง (Referent in world -object) ที่เป็นวัตถุทางกายภาพ ปรากฏการณ์ ประสบการณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้น โดยสร้างความหมายออกมาในลักษณะที่เป็นสัญลักษณ์ มโนทัศน์ แนวคิด หรือการอธิบายแล้วจึงทำการสร้างตัวแทนความคิด (Representation) ที่แสดงออกมาในรูปแบบของสัญลักษณ์ ภาษา ภาพ เพื่ออธิบายถึงวัตถุอ้างอิงดังกล่าว ดังภาพที่ 9



แผนภาพที่ 9 รูปแบบของการสร้างความหมายของ Peirce (1930)

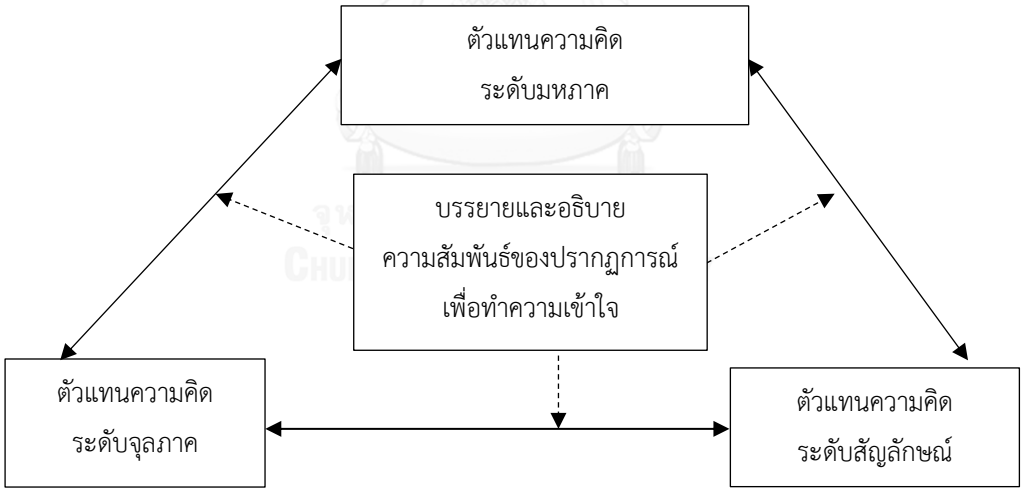
Waldrip, Hubber & Prain (2013) กล่าวว่า การสร้างตัวแทนความคิดในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนสำคัญ คือ

(1) การสร้างความต่อเนื่องในความท้าทายของตัวแทนความคิด (Sequencing of representational challenges) โดยให้นักเรียนสร้างตัวแทนความคิดจากการสำรวจตรวจสอบจากกิจกรรม และสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับปรากฏการณ์

(2) การอภิปรายตัวแทนความคิดอย่างแน่ชัด (Explicitly discussing representations) ครูจะใช้บทบาทอย่างหลากหลายและทำการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนประเมินตนเองและแลกเปลี่ยนกระบวนการในชั้นเรียน

(3) การเรียนรู้อย่างมีความหมายผ่านตัวแทนความคิด (Meaningful learning through representational/perceptual mapping) ต้องกำหนดจุดเด่นของบริบทในการรับรู้หรือทดลอง และสนับสนุนให้นักเรียนสร้างแผนผังความคิด 2 ทาง และการใช้เหตุผลระหว่างวัตถุและตัวแทนความคิด

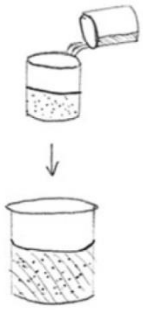
จากการศึกษาประเภทของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นจากตัวแทนความคิดภายใน (Internal Representation) ของบุคคล และแสดงออกเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีในการทำความเข้าใจโดยใช้ตัวแทนความคิดภายนอก (External Representation) ในรูปแบบของระดับตัวแทนความคิด 3 ระดับ ได้แก่ (1) ตัวแทนความคิดระดับมหภาค (Macroscopic Representation) (2) ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (Microscopic Representation) และ (3) ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Representation) โดยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการแสดงความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีตามแนวคิดของ Johnstone (1982) และ Gabel (1999) สรุปได้ดังภาพที่ 10



แผนภาพที่ 10 การใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ (ปรับจาก Jong, Chiu and Chung, 2015)

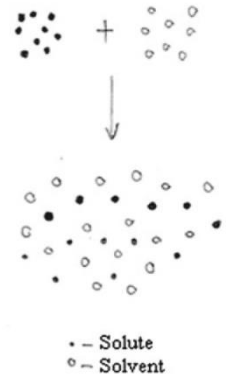
รายละเอียดและตัวอย่างของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพ มีดังต่อไปนี้

(1) ตัวแทนความคิดระดับมหาภาค (Macroscopic Representation) คือ แบบที่แสดงความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สามารถสังเกตได้ เช่น สารละลายบริสุทธิ์ ลูกยางฮอกกี้ที่กำลังเคลื่อนที่ในอากาศ ภาพตัดขวางของใบไม้ โดยแสดงออกมาด้วยการวาดภาพ ดังภาพที่ 11 ดังนี้



แผนภาพที่ 11 ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค เรื่อง สารละลาย ของนักเรียน (อ้างอิงจาก Coll, Dahsah, Chairam & Jansoon, 2014)

(2) ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (Microscopic Representation) คือ แบบที่แสดงความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติในระดับอะตอม โมเลกุล หรือไอออน ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้ โดยแสดงออกมาด้วยการวาดลักษณะหรือองค์ประกอบ ดังภาพที่ 12 ดังนี้



แผนภาพที่ 12 ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับที่จุลภาคเรื่อง สารละลาย ของนักเรียน (อ้างอิงจาก Coll, Dahsah, Chairam & Jansoon, 2014)

(3) ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Representation) คือแบบที่แสดงความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติโดยการเขียนแสดงรูปแบบสมการเคมี สมการทางคณิตศาสตร์ สูตรทางเคมี เพื่อเชื่อมโยงปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคและระดับมหาภาค ดังภาพที่ 13

แผนภาพที่ 13 ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียน (อ้างอิงจาก Coll, Dahsah, Chairam & Jansoon, 2014)

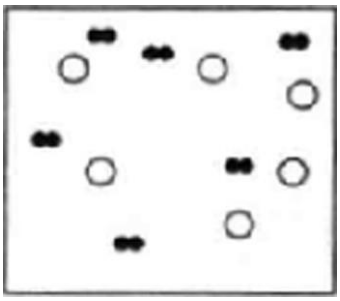
2.8 แนวทางการวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ประกอบด้วยเครื่องมือการวัด คือ (1) แบบวัด และ (2) เกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

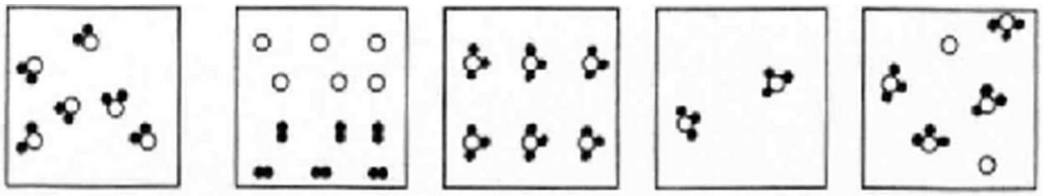
2.8.1 แบบวัด (Test)

Jaber & BouJaoude (2012) สร้างแบบวัดที่ใช้ศึกษาความเข้าใจในการแสดงออกของตัวแทนความคิด 3 ระดับ คือ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างเช่น

มีแก๊ส 2 ชนิด อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม โดย แก๊ส A มีสีเหลือง จำนวน 2 โมล ทำปฏิกิริยากับแก๊ส B_2 ซึ่งไม่มีสีจำนวน 3 โมล เกิดแก๊ส AB_3 ที่ไม่มีสีจำนวน 2 โมล โดยแก๊ส A และแก๊ส B_2 อยู่ในแท็งก์ซึ่งเป็นระบบปิด ดังรูป



เมื่อเกิดปฏิกิริยาระหว่าง แก๊ส A กับ แก๊ส B_2 แล้ว ภายในแท็งก์ซึ่งเป็นระบบปิดจะเป็นไปตามข้อใด



(A) (B) (C) (D) (E)

1. จงเขียนสมการเคมีจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น (วัดความเข้าใจระดับ Symbolic)

2. จงแสดงวิธีทำเพื่ออธิบายคำตอบ A - D

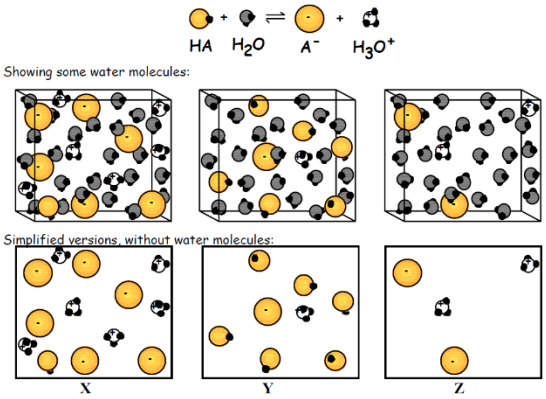
(วัดระดับความเข้าใจระดับ Sub-microscopic และระดับ Macroscopic)

3. เมื่อเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวแล้ว ถ้าหากแท็งก์ซึ่งเป็นระบบปิดสามารถมองผ่านเข้าไปได้ จะเห็นสิ่งใดบรรจุอยู่ภายในแท็งก์ (วัดระดับความเข้าใจระดับ Macroscopic)

Tasker R., and Dalton R. (2006: 157) สร้างแบบวัดที่ใช้ศึกษาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่เล็กกว่าโมเลกุล เรื่อง กรด-เบส ตัวอย่างเช่น

จงเปรียบเทียบแผนภาพ (X, Y และ Z) ที่สอดคล้องกับข้อมูลของสารละลายกรดในตาราง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

สารละลาย	กรด	ความเข้มข้น	K_a
A	trichloroacetic acid, CCl_3COOH	0.010 M	3.0×10^{-1}
B	chlorous acid, $HClO_2$	0.035 M	1.0×10^{-2}
C	benzoic acid, C_6H_5COOH	0.035 M	6.5×10^{-5}



อ้างอิงจาก Tasker & Dalton (2006)

2.8.2 เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics)

Jong, Chiu & Chung (2015) สร้างเกณฑ์การให้คะแนนการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียนในเรื่องกฎของแก๊ส ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนการสร้างตัวแทนความคิดของนักเรียนในเรื่องกฎของแก๊ส

ระดับคะแนน	ระดับของตัวแทนความคิด		
	Macroscopic	Sub-microscopic	Symbolic
0	ไม่มีคำตอบ	ไม่มีคำตอบ	ไม่มีคำตอบ
1	วาดภาพที่แสดงถึงการเกิดความดัน	เขียนภาพความดันที่เกิดจากการชนของอนุภาค	เขียนสมการที่มีความดัน
2	วาดภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของความดันและปริมาตร	เขียนภาพความดันที่เกิดจากการชนอนุภาคของอากาศ	เขียนสมการที่มีความดันและปริมาตร
3	วาดภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของความดัน ปริมาตร และพื้นที่ว่างที่เกิดขึ้น	เขียนภาพการชนของอนุภาคอากาศที่สัมพันธ์กับปริมาตร	เขียนสมการที่มีความดัน ปริมาตร และค่าคงที่
4	วาดภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของความดัน ปริมาตร พื้นที่ว่างที่เกิดขึ้น และอุณหภูมิ	เขียนภาพการชนของอนุภาคอากาศที่สัมพันธ์กับปริมาตรและอุณหภูมิ	เขียนสมการที่มีความดัน ปริมาตร ค่าคงที่ และอุณหภูมิ

3. เจตคติต่อการเรียนรู้เคมี (Attitude toward Learning Chemistry)

3.1 ความหมายของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

ล้วน สายยศ (2543) ได้ให้ความหมายของเจตคติว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกเชื่อศรัทธา ต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด จนเกิดความพร้อมที่จะแสดงการกระทำออกมา ซึ่งอาจจะเป็นไปในทางดีหรือไม่ดีก็ได้

Kenyon (1968 อ้างถึงใน Yunus & Ali, 2012) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกที่สามารถสะท้อนอากัปกิริยาและลักษณะส่วนบุคคล

Salta & Tzougraki (2004) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง แนวโน้มของความคิด ความรู้สึกและการกระทำในเชิงบวกและเชิงลบต่อสิ่งที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม

Norliana (2008) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง วิธีทางพฤติกรรมของนักเรียนและการคิดซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ และขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของบุคคล

Oluwatelure & Oloruntegbe (2009) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง มโนทัศน์ที่เกิดจากความพยายามในการสังเกตอย่างมีแบบแผนของพฤติกรรมส่วนบุคคล คุณภาพของการตัดสินใจซึ่งมีแนวโน้มที่จะทำ

Gardner (1975 อ้างถึงใน Salta & Tzougraki, 2004) กล่าวว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง การมีใจโน้มเอียงในการเรียนเพื่อประเมินความแน่นอนของวัตถุ บุคคล การกระทำ สถานการณ์ การเสนอในการเรียนเรียนวิทยาศาสตร์

Koballa & Crawley (1985 อ้างถึงใน Salta & Tzougraki, 2004) กล่าวว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกทางบวกและทางลบเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์รวมทั้งความเชื่อเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

Nyunt & Aye (2015) ได้ให้ความหมายของเจตคติว่า หมายถึง แนวโน้มทางบวกหรือทางลบต่อสิ่งต่าง ๆ ของแต่ละบุคคล ซึ่งขึ้นอยู่กับความคิดหรือธรรมเนียมทางสังคม

Meuellerleleile (2005) ได้ให้ความหมายของเจตคติว่า หมายถึง การสร้างข้อสันนิษฐานที่แสดงความชอบหรือไม่ชอบต่อสิ่งหนึ่งของแต่ละบุคคล ซึ่งอาจจะเป็นความรู้สึกทางบวก ทางลบหรือเป็นกลาง

Oskamp & Schultz (2005) ได้ให้ความหมายของเจตคติว่า หมายถึง ความคิด อารมณ์ ความร็สึกซึ่งเกี่ยวกับบุคคลหรือสิ่งอื่น

มรีจิ คงทรัตน์ (2553) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความรู้สึกหรือแนวโน้ม พฤติกรรมหรือการกระทำของบุคคลที่มีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542) ให้ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึง ลักษณะหรือท่าทีหรือพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกมาซึ่งขึ้นอยู่กับความรู้สึกของแต่ละบุคคล ลักษณะของผู้มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นคุณสมบัติที่เอื้อต่อการเป็นนักคิดหรือมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ว่า เจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกความเชื่อ และการยึดถือในคุณค่าของงานด้านวิทยาศาสตร์ รวมถึงผลกระทบต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคมหรือตัวนักวิทยาศาสตร์

Salta and Tzougraki (2004) กล่าวว่า เจตคติต่อวิชาเคมี หมายถึง กลุ่มของความเชื่อในทางบวกและทางลบที่เกี่ยวข้องกับเคมีหรือวิชาเคมี

Nyunt & Aye (2015) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีว่า หมายถึง ความรู้สึกที่มีต่อความเข้าใจปรากฏการณ์ทางเคมี

Bauer (2008) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีว่า หมายถึง ความรู้สึกที่มีแนวโน้มทางบวกหรือทางลบต่อการเรียนวิชาเคมีผ่านการแสดงออกในด้านความเชื่อ ความรู้สึก และพฤติกรรม

Najdi (2009) กล่าวว่า เจตคติต่อการเรียนรู้เคมี หมายถึง ความสนใจหรือความรู้สึกต่อการเรียนวิชาเคมี

Cheung (2009) กล่าวว่า เจตคติต่อการเรียนรู้เคมี หมายถึง ความโน้มเอียงในการตอบสนองทั้งที่ชอบและไม่ชอบด้วยลักษณะของการได้รับบทเรียนวิชาเคมี หรือประเด็นทางเคมีในการเรียนเคมี

ดังนั้น เจตคติต่อการเรียนรู้เคมี หมายถึง ความรู้สึกที่โน้มเอียงในการตอบสนองทางบวกและลบต่อการเรียนรู้เคมี

3.2 องค์ประกอบของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

Eagly & Chaikan (1993 อ้างถึงใน Salta & Tzougraki (2004) ได้แสดงองค์ประกอบของเจตคติไว้ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

(1) องค์ประกอบด้านพุทธิปัญญา (Cognitive Component) คือ กลุ่มของความเชื่อเกี่ยวกับลักษณะของเจตคติของวัตถุโดยประเมินจากแบบวัด

(2) องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Effective Component) คือ ความรู้สึกทางจิตใจเกี่ยวกับวัตถุซึ่งประเมินโดยใช้ดัชนีทางจิตวิทยา

(3) องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (Behavioral Component) คือ แนวการกระทำของบุคคลต่อวัตถุ โดยประเมินจากการสังเกตพฤติกรรม

Salta and Tzougraki (2004) ได้แสดงองค์ประกอบสำคัญของเจตคติต่อวิชาเคมีไว้ 5 ด้าน

(1) ความสำคัญของเคมีในชีวิตประจำวัน

(2) ความสำคัญของวิชาเคมี

(3) ความยากของวิชาเคมี

(4) ความสนใจในวิชาเคมี

(5) การใช้ประโยชน์ของวิชาเคมีในการประกอบอาชีพในอนาคต

Cheung (2009) ได้แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของเจตคติต่อบทเรียนเคมีไว้ 4 ด้าน ดังนี้

(1) การเชื่อมโยงทฤษฎีทางเคมีในบทเรียน

(2) การเชื่อมโยงการปฏิบัติการทดลองทางเคมี

(3) ความเชื่อเกี่ยวกับการประเมินวิชาเคมีในโรงเรียน

(4) แนวโน้มเชิงพฤติกรรมในการเรียนเคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Yunus & Ali (2012) ได้แสดงให้เห็นถึงส่วนสำคัญของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีไว้ 6 ด้าน ได้แก่

(1) ความยากของการเรียนวิชาเคมี

(2) การนำทฤษฎีไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติการทดลองทางเคมี

(3) การลงมือปฏิบัติในการเรียนเคมี (Hands on learning Chemistry)

(4) การแสดงความคิดเห็นและการมีส่วนร่วมในการเรียนเคมี

(5) ความสนใจในการเรียนเคมี

(6) ความเพลิดเพลินในการเรียนเคมี

Nyunt & Aye (2015) ได้แสดงให้เห็นคุณลักษณะสำคัญของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีไว้ 3 ด้าน ได้แก่

(1) ความเชื่อมโยงจากบทเรียนเคมี

(2) ความเชื่อมโยงจากปฏิบัติการทางเคมี

(3) ความคิดเห็นเชิงประเมินเกี่ยวกับวิชาเคมีในโรงเรียน

Bauer (2008) ได้แสดงให้เห็นคุณลักษณะสำคัญของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีไว้ 5 ด้าน ได้แก่

(1) ความรู้สึกต่อประเด็นในวิชาเคมี

(2) ความรู้สึกต่อการวิจัยทางเคมี

(3) ความรู้สึกต่อนักเคมี

(4) ความรู้สึกต่ออาชีพทางเคมี

(5) ความรู้สึกต่อประสบการณ์ในการเรียนเคมี

ดังนั้น เจตคติต่อการเรียนรู้เคมีประกอบด้วย 4 ลักษณะ ได้แก่ 1) การเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี 2) ความสนใจในการเรียนรู้เคมี 3) การเห็นความเชื่อมโยงในการเรียนรู้เคมี และ 4) การเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้

3.3 มิติของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

Nyunt & Aye (2015) ได้แสดงให้เห็นมิติของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีไว้ 4 มิติ ได้แก่

(1) มิติด้านการเชื่อมโยงบทเรียนที่เกี่ยวกับทฤษฎีทางเคมี เป็นการมุ่งเน้นไปยังความรู้สึกสึกและอารมณ์ของผู้เรียนต่อบทเรียนที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีทางเคมี ซึ่งมีผลต่อการเรียนในโรงเรียน

(2) มิติด้านการเชื่อมโยงการปฏิบัติการทางเคมี เป็นการจำแนกการตอบสนองของผู้เรียนต่อการปฏิบัติการทดลองจากทฤษฎีในบทเรียน ซึ่งนักเรียนจะแสดงความรู้สึกทางบวกต่อการปฏิบัติการทางเคมี

(3) มิติด้านความคิดเห็นเชิงประเมินเกี่ยวกับวิชาเคมีในโรงเรียน เป็นมิติที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกโดยการประเมินในระดับที่ชอบหรือไม่ชอบต่อวิชาเคมีจากการจัดการเรียนรู้ของโรงเรียน

(4) มิติด้านแนวโน้มของพฤติกรรมต่อการเรียนเคมี เป็นการมุ่งเน้นไปยังแนวโน้มของพฤติกรรมของผู้เรียนต่อการเรียนรู้เคมี

3.4 ความสำคัญของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

Salta and Tzougraki (2004) กล่าวว่า เจตคติต่อวิชาเคมีมีส่วนทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของบทเรียนเคมีไปสู่มโนทัศน์ สัญลักษณ์ และการแก้ปัญหารวมทั้งมีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถส่งผ่านตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญของการเรียนวิชาเคมีและทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าและนำความรู้ทางเคมีไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

Najdi (2009) กล่าวว่า เจตคติต่อการเรียนรู้เคมีมีส่วนสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีลักษณะที่จะประสบความสำเร็จในการเรียนเคมี

Yunus & Ali (2012) กล่าวว่า หากนักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีในทางบวกจะทำให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีได้มากขึ้นและเกิดความสมดุลระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สังคม และสิ่งต่าง ๆ บนโลกในอนาคต

Abulude (2009) กล่าวว่า เจตคติต่อการเรียนรู้เคมีมีความสำคัญในการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความสนใจของนักเรียนในการเรียนเคมี

3.5 ปัจจัยที่มีผลต่อเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

Koch (2005) กล่าวว่า ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี คือความรู้สึกและเจตคติของครูผู้สอน

Bauer (2008) ได้แสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่มีผลต่อเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีไว้ 5 ประการ ได้แก่

(1) ความสนใจและสิ่งที่ก่อให้เกิดประโยชน์

(2) ความวิตกกังวล

(3) ความสามารถในการรับรู้ทางสติปัญญา

(4) ความกลัวต่อการเรียนเคมี

(5) ความรู้สึกและอารมณ์

Yunus & Ali (2013) กล่าวว่า การที่นักเรียนจะมีเจตคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้เคมีต้องใช้เวลาและความระมัดระวังในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ของครู ในสังคมของครูและผู้ปกครองต้องร่วมมือที่จะให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างการปฏิบัติและความคิด รวมถึงเนื้อหาของวิชาเคมี

3.6 แนวทางการวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีพบว่าส่วนใหญ่ทำการวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีโดยใช้แบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert) ที่มีลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า ซึ่งมีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้สร้างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีไว้ดังนี้

Najdi (2009) ได้สร้างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert) ที่มีลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง, เห็นด้วย, ไม่รู้, ไม่เห็นด้วย, ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ดังตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 5 ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert)

ข้อความ	ระดับ				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่รู้	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. การเรียนวิชาเคมีเพิ่มความเชื่อในพระเจ้า					
2. การเรียนเคมีมีบทบาทในการแก้ปัญหาของมนุษย์					
3. ฉันเชื่อว่าการเรียนเคมีทำให้เสียเวลา					
4. ฉันปรารถนาให้วิชาเคมีถูกยกเลิกออกไปจากโรงเรียน					
5. วิชาเคมีเป็นวิชาที่ยาก					
6. ฉันรู้สึกเบื่อหน่ายเมื่อเรียนวิชาเคมี					
7. วิชาเคมีมีการคำนวณมากเกินไป					
9. วิชาเคมีมีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิต					

Cheung (2009) ได้สร้างแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนเคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert) โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน มีข้อคำถามทั้งหมด 12 ข้อ และลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 7 ระดับ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนเคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert)

ข้อความ	ระดับ						
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยปานกลาง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
(1) การเชื่อมโยงทฤษฎีทางเคมีในบทเรียน 1. ฉันชอบวิชาเคมีมากกว่าวิชาอื่น 2. บทเรียนเคมีน่าสนใจ 3. วิชาเคมีเป็นวิชาที่ฉันชอบ							
(2) การเชื่อมโยงการปฏิบัติการทดลองทางเคมี 4. ฉันชอบปฏิบัติการทางเคมี 5. เมื่อฉันทำงานในห้องปฏิบัติการทางเคมี ฉันรู้สึกว่าฉันกำลังทำสิ่งสำคัญ 6. การปฏิบัติการทดลองทางเคมีในโรงเรียนมีความสนุก							
(3) ความเชื่อเกี่ยวกับการประเมินวิชาเคมีในโรงเรียน 7. วิชาเคมีนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ 8. ผู้คนเข้าใจวิชาเคมีว่ามีผลต่อการดำเนินชีวิต 9. วิชาเคมีเป็นหนึ่งวิชาที่สำคัญสำหรับการเรียนของบุคคล							

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนเคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert) (ต่อ)

ข้อความ	ระดับ						
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยปานกลาง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
(4) แนวโน้มเชิงพฤติกรรมในการเรียนเคมี							
10. ฉันจะอ่านหนังสือที่เกี่ยวกับเคมีเมื่อมีเวลาว่าง							
11. ฉันชอบที่จะพยายามแก้ปัญหาใหม่ในวิชาเคมี							
12. ถ้าฉันเปลี่ยนได้ ฉันจะทำโครงงานในวิชาเคมี							

Salta & Tzougraki (2004) ได้สร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert) มีข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อ และลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert)

ข้อความ	ระดับ				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่รู้	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1. ฉันชอบวิชาเคมีมากกว่าวิชาอื่น					
2. สัญลักษณ์วิชาเคมีเหมือนภาษาจีน					
3. ฉันชอบบทเรียนเคมีมาก					
4. ความก้าวหน้าของเคมีตอบสนองสำหรับปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย					
5. ความรู้ทาเคมีใช้ประโยชน์ในการแปลความหมายในลักษณะที่หลากหลายของการดำเนินชีวิต					

ตารางที่ 7 ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert) (ต่อ)

ข้อความ	ระดับ				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่รู้	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
6. วิชาเคมีไม่สัมพันธ์กับวิชาอื่น 7. ฉันทำโจทย์ปัญหาเคมีได้อย่างง่ายดาย 8. วิชาเคมีช่วยพัฒนาทักษะทางมโนทัศน์ของฉัน 9. ฉันเบื่อระหว่างอยู่ในบทเรียนเคมี 10. ความรู้ทางเคมีจะใช้ประโยชน์หลังจากสำเร็จการศึกษา 11. ความรู้ทางเคมีเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการทำความเข้าใจวิชาอื่น 12. ความก้าวหน้าของเคมีจะช่วยปรับปรุงให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น 13. เคมีช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม14. อาชีพในอนาคตของฉันจะเป็นอิสระจากความรู้ทางเคมี16. เคมีเป็นวิชาที่ทำให้เชี่ยวชาญสำหรับการศึกษาที่จำเป็น 17. ฉันพยายามที่จะสร้างความเข้าใจในวิชาเคมี 18. ฉันพบว่าการใช้สัญลักษณ์ทางเคมีทำให้ง่ายต่อการทำงาน 19. นักเคมีที่มีความเชี่ยวชาญเป็นแรงดึงดูดที่น้อย 20. ทุกสังคมต้องใช้ความรู้ทางเคมี 21. ฉันเกลียดวิชาเคมี 22. ความรู้ทางเคมีมีความจำเป็นต่อการประกอบาชีพในอนาคต 23. ฉันชอบบทเรียนเคมีที่น้อย					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 ตัวอย่างแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีตามวิธีวัดของลิเคิร์ท (Likert) (ต่อ)

ข้อความ	ระดับ				
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่รู้	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
24. ฉันเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีอย่างง่ายดาย					
25. ฉันพบว่าวิชาเคมีน่าสนใจมาก ๆ					
26. เมื่อฉันพยายามที่จะแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีฉันมักจะว่างเปล่า					
27. ประชาชนมีความแตกต่างในการนำไปใช้ของเคมี					
28. ความก้าวหน้าของเคมีทำให้เงื่อนไขการดำเนินชีวิตแย่ลง					
29. ฉันสามารถแปลความหมายสิ่งต่าง ๆ บนโลกโดยใช้ความรู้ทางเคมี					
30. เมื่อฉันเรียนจบฉันจะเป็นนักเคมี					

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนเคมีและเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนเคมี

Dalton (2003) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของสสารและกระบวนการทางเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนการสอนจากการสร้างมโนภาพทางเคมีกับนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 จำนวน 48 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาตัวแทนความคิดที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางกายภาพได้ดีขึ้น และสามารถส่งผ่านความคิดจากภาพเคลื่อนไหวไปยังสถานการณ์ใหม่

Jaber & BouJaoude (2012) ทำการศึกษาโดยใช้การสอนในรูปแบบมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ (Macro-Micro-Symbolic Teaching) กับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้การสังเกต การเขียนสัญลักษณ์และการอธิบายในระดับจุลภาค ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ (Relational Understanding) ซึ่งนักเรียนสามารถแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ได้ รวมทั้งนักเรียนสามารถเชื่อมโยงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับได้

Savec et al. (2009) ได้ศึกษาการใช้แนวคิด LON (Life-Observations-Notations Approach) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานแนวคิดที่เน้นบริบทเป็นฐาน (Context-Based Approach) โดยการนำเอาประสบการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนมาเป็นประเด็นในการจัดการเรียนการสอน พบว่านักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องปฏิกิริยาเคมีและสามารถแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นได้ดี

Tasker & Dalton (2006) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้กลยุทธ์การออกแบบการเรียนการสอนจากการสร้างมโนภาพทางเคมีกับนักเรียนจำนวน 22 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลองความคิดได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

อภิวัฒน์ ศรีกัณหา (2558) ได้ทำการศึกษามโนมติและตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 44 คน ในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น โดยการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ ซึ่งใช้ภาพเคลื่อนไหว (Computer Animations) และการเปรียบอุปมา (Analogy) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 75 มีความสามารถในการแสดงออกของตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่สูง โดยมีการเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดคิดระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ได้

ดวงกมล บำรุงบ้านทุ่ม (2555) ได้ทำการศึกษาตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 49 คน ซึ่งเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ (Analogy) ตามแนว FAR Guide ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีรูปแบบตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี ที่ต้องปรับปรุง โดยที่ตัวแทนความคิดเรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์ร้อยละ 27.55 ตัวแทนความคิดเรื่อง ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ ร้อยละ 47.96 ตัวแทนความคิดเรื่อง รูปร่างของโมเลกุล ร้อยละ 23.47 ตัวแทนความคิดเรื่องสภาพขั้วของ

โมเลกุลโคเวเลนต์ร้อยละ 30.61 ตัวแทนความคิดเรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก ร้อยละ 27.55 และตัวแทนความคิดเรื่อง พันธะโลหะ ร้อยละ 2.04 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50

รัชนี เจนการ (2557) ได้ศึกษาความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดเรื่องประเภทของพอลิเมอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 6 จำนวน 45 คน โดยการใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิด เรื่อง ประเภทของพอลิเมอร์ ร้อยละ 37.78 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50

ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ได้ศึกษาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 211 คน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีในระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์ได้

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

Salta & Tzougraki (2004) ที่พบว่า การที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของบทเรียนเคมีไปสู่มโนทัศน์และสัญลักษณ์ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนรู้เคมี

Savec et al. (2009: 309-313) ใช้แนวคิดการสอนที่เน้นบริบทเป็นฐานโดยการให้นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์มาอธิบายปรากฏการณ์ที่สอดคล้องกับตัวแทนความคิดระดับมหภาค พบว่า นักเรียนมีความสนใจในการเรียนเคมีมากขึ้น

Tasker & Dalton (2008) ได้ศึกษาการใช้กลยุทธ์การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมาใช้ในการเรียนการสอนเคมี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการพิจารณาลักษณะสำคัญของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

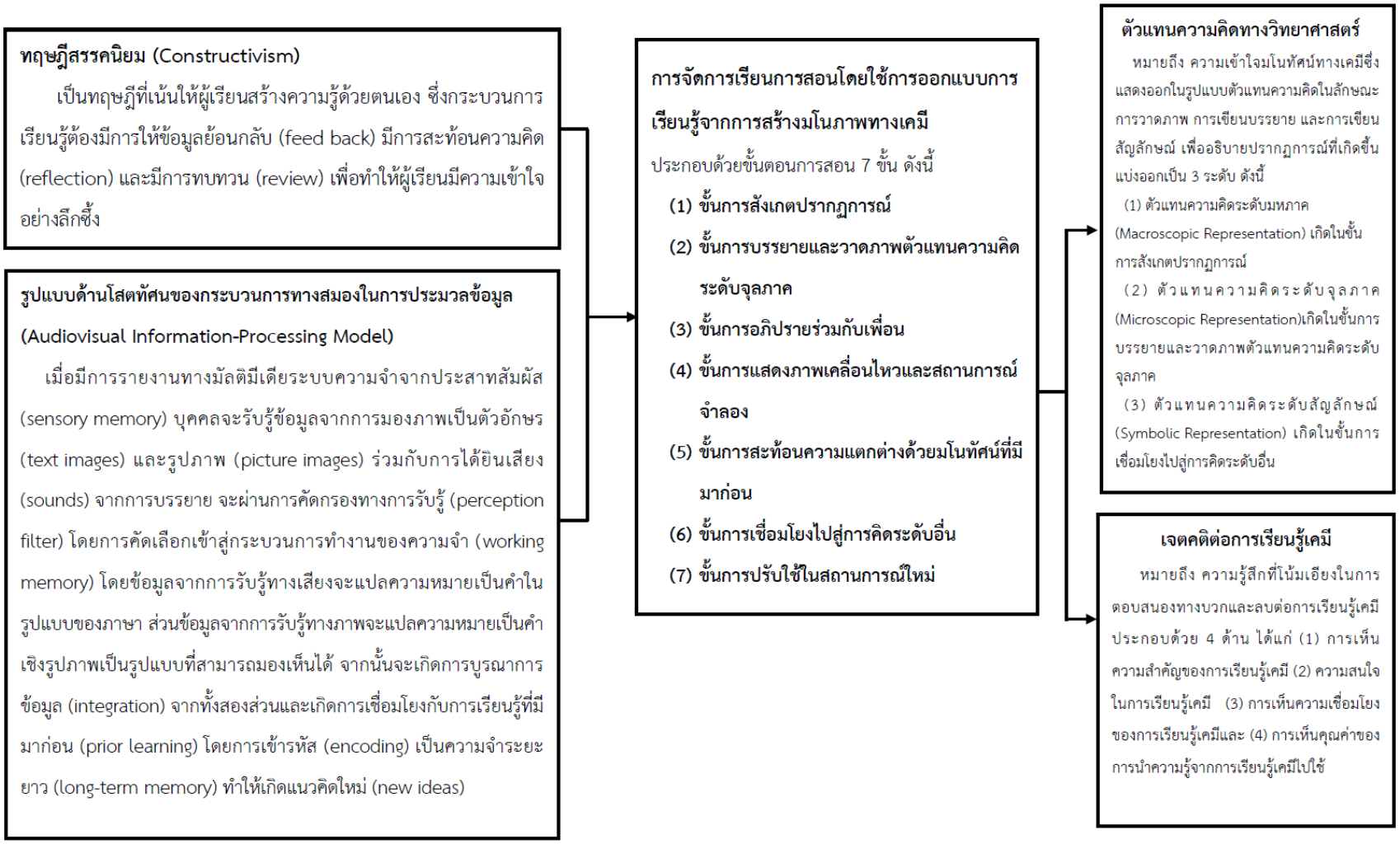
Tien (1999) ซึ่งได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE ซึ่งมีขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองในการสอนวิชาเคมีแก่นักศึกษามหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

มรีจิ คงทรัตน์ (2553) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 ระดับของผู้เรียน พบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมีปัญหาในการเรียนเคมีเกี่ยวกับการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีในระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์ได้ รวมถึงนักเรียนนำเสนอตัวแทนความคิดอยู่ในระดับที่ต้องปรับปรุง ซึ่งควรแก้ไขโดยใช้การจัดการเรียนการสอนเคมีที่ทำให้นักเรียนเกิดมโนภาพเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อทำให้เข้าใจมโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมมากขึ้น เช่น การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ (Analogy) การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ ซึ่งใช้ภาพเคลื่อนไหว (Computer Animations) และการเปรียบอุปมา (Analogy) เป็นต้น ซึ่งถ้าหากนักเรียนมองเห็นภาพในการเรียนเคมี จะส่งผลให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เคมีตามไปด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. กรอบแนวคิดการวิจัย



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีและกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ โดยมีรูปแบบการวิจัยศึกษาสองกลุ่มวัดครั้งเดียว (Posttest-Only Design with Nonequivalent Groups) (วรรณี แกมเกตุ, 2555) ดังแผนภาพที่ 14

กลุ่มทดลอง	X---------- O
กลุ่มควบคุม	~X---------- O

แผนภาพที่ 14 รูปแบบการวิจัยแบบ Posttest-Only Design with Nonequivalent Groups

X	หมายถึง	การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี
~X	หมายถึง	การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
O	หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังการทดลอง

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

โรงเรียนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งผู้วิจัยการวิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) เนื่องจากเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ที่เปิดสอนทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความหลากหลายของผู้เรียน จำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายเพียงพอต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล นอกจากนี้ผู้บริหารและครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนได้ให้การสนับสนุนและร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง คือ เลือกนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2559 เนื่องจากเป็นระดับเริ่มต้นที่เหมาะสมในการพัฒนาให้เกิดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี และความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีมีความเป็นนามธรรมสูง ยากต่อการทำความเข้าใจ รวมทั้งการมีเจตคติทางบวกต่อการเรียนรู้เคมี ซึ่งควรได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจำนวน 4 ห้อง ประกอบด้วย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3, 4/4, 4/6, 4/7 จากนั้นกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากทั้งหมด 4 ห้อง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

2.2.1 เนื่องจากงานวิจัยนี้ทำการศึกษาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงนำคะแนนสอบกลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 วิชาเคมีเพิ่มเติม1 (ว30221) ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 ห้อง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Oneway ANOVA) ด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) พบว่า มีอย่างน้อยหนึ่งห้องที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากห้องอื่น จากนั้นทำการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลัง (Post Hoc Test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรายคู่ (Pairwise Comparisons) ด้วยสถิติของ Dunnett's T3 และผลปรากฏว่ามีห้องเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยของการสอบกลางภาค วิชาเคมีเพิ่มเติม1 ไม่แตกต่างกันจำนวน 3 คู่ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ของคะแนนสอบกลางภาครายวิชาเคมีเพิ่มเติม1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 4 ห้องเรียน

ห้อง	สรุปผลการวิเคราะห์รายคู่			
	4/3	**4/4**	**4/6**	**4/7**
4/3	-	1.631*	1.463*	1.728*
4/4	-	-	1.367	.096
4/6	-	-	-	.265

*ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.2.2 กำหนดห้องเรียนคู่ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างโดยการเลือกแบบเจาะจง จากห้องเรียนคู่ที่มีคะแนนสอบกลางภาคไม่แตกต่างกัน เลือกห้องเรียน 1 คู่ จากทั้งหมด 3 คู่ คือ ห้อง ม. 4/6 และห้อง ม.4/7 เนื่องจากครูผู้สอนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม1 ให้ความอนุเคราะห์ในการทดลอง

2.2.3 ทำการทดสอบความเท่าเทียมของกลุ่มตัวอย่างในตัวแปรเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีจากคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีโดยให้นักเรียนทำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีด้วยสถิติทดสอบที (T-test) พบว่า นักเรียนห้อง ม. 4/6 และห้อง ม.4/7 มีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีก่อนเรียนระหว่างนักเรียนห้อง ม.4/6 และ ม.4/7

ลักษณะของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ						t-test
		ห้อง ม.4/6			ห้อง ม.4/7			
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	
1. การเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี	15	12.48	1.36	83.20	11.81	1.28	78.73	2.35*
2. ความสนใจในการเรียนรู้เคมี	25	19.00	2.26	76.00	18.53	2.28	74.12	0.96
3. การเห็นความเชื่อมโยงของการเรียนรู้เคมี	25	20.50	1.49	82.00	20.51	1.49	82.04	0.04
4. การเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้	25	20.05	1.67	80.20	20.28	2.30	81.12	0.543
รวม	**90**	**72.02**	**4.19**	**80.02**	**71.14**	**5.21**	**79.04**	**0.872**

*$p < .05$

2.2.4 กำหนดห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก ผลปรากฏว่า นักเรียนห้อง ม. 4/6 จำนวน 44 คน เป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนห้อง ม. 4/7 จำนวน 43 คน เป็นกลุ่มควบคุม

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่
    1.1 แบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์
    1.2 แบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี ซึ่งมี 2 ประเภท ได้แก่
    2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี
    2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือมีดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) การวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ และ (2) การวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1.1 การวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

การวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้วัด 1 ฉบับ ได้แก่ แบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยเครื่องมือแต่ละฉบับมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1.1.1 แบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ คือ แบบวัดที่ใช้วัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัยโดยกำหนดสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ โดยมีรายละเอียดของการพัฒนาและการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด ดังนี้

(1) ศึกษาและวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ รายวิชาเคมีเพิ่มเติม1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะเคมี

(2) กำหนดโครงสร้างแบบวัดให้คลอบคลุมเนื้อหาและตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ โดยอ้างอิงกรอบแนวคิดของ Johnstone (1993), Gabel (1999), Jong, Chiu & Chung (2015), Jaber & BouJaoude (2012) และปรับจาก ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ซึ่งผู้วิจัยแบ่งเนื้อหาในการสร้างแบบวัดจำนวน 3 หัวข้อหลัก ได้แก่ 1) พันธะโลหะ 2) พันธะไอออนิก และ 3) พันธะโคเวเลนต์ โดยแบ่งสัดส่วนน้ำหนักคะแนนตามเวลาเรียน ประกอบกับจากการศึกษาแบบวัดตัวแทนความคิดในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจากการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ ได้แนวคิดคือ การวัดตัวแทนความคิดระดับมหภาคจะวัดในเรื่องสมบัติ (Properties) ระดับจุลภาคจะวัดเรื่องการเกิดพันธะ (Bonding) และระดับสัญลักษณ์จะวัดการใช้สัญลักษณ์ (Symbolic) ต่าง ๆ มาอธิบายปรากฏการณ์ ซึ่งในแบบวัดแต่ละข้อไม่จำเป็นต้องวัดตัวแทนความคิดทุกระดับหรือทุกเนื้อหา สามารถเลือกเนื้อหาที่สำคัญมาใช้ในการวัด และข้อสังเกตหนึ่งคือตัวแทนความคิดระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์จะมีความคล้ายคลึงจนบางครั้งอาจจะแยกกันไม่ออก การออกแบบวัดจึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้วิจัยที่จะวัดระดับตัวแทนความคิดระดับของผู้เรียน ดังนั้น

ผู้วิจัยจึงออกแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็นด้านเนื้อหาและด้านระดับของตัวแทนความคิด ได้ดังนี้

1) ด้านเนื้อหา ประกอบด้วย

- หัวข้อพันธะโลหะ จำนวน 2 ข้อ ประกอบด้วยเรื่อง 1) การนำไฟฟ้าของโลหะ 2) การเกิดพันธะโลหะ สัดส่วนน้ำหนักคะแนนคิดเป็นร้อยละ 16.67

- หัวข้อพันธะไอออนิก จำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วยเรื่อง 1) การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก 2) การเกิดพันธะไอออนิก 3) โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก และ 4) ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก สัดส่วนน้ำหนักคะแนนคิดเป็นร้อยละ 33.33

- หัวข้อพันธะโคเวเลนต์ จำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วยเรื่อง 1) การนำไฟฟ้าของสารประกอบโคเวเลนต์ 2) การเกิดพันธะโคเวเลนต์ 3) รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 4) สภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์ 5) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล และ 6) สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย

2) ด้านระดับตัวแทนความคิดที่ต้องการวัด ประกอบด้วย

- ตัวแทนความคิดระดับมหภาค จำนวน 4 ข้อ สัดส่วนน้ำหนักคะแนนคิดเป็นร้อยละ 33.33

- ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค จำนวน 6 ข้อ สัดส่วนน้ำหนักคะแนนคิดเป็นร้อยละ 50

- ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ จำนวน 2 ข้อ สัดส่วนน้ำหนักคะแนนคิดเป็นร้อยละ 16.67

โดยแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์มีทั้งหมด 12 ข้อ ประกอบด้วย 4 สถานการณ์ ได้แก่ 1) การต่อลวดทองแดงและแท่งแก้วเข้ากับวงจรไฟฟ้า 2) การละลายน้ำของสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์ 3) การวัดจุดเดือดของสารประกอบซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโมเนีย และ 4) การนำไฟฟ้าของสารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย การออกแบบแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 การออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้างแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

เนื้อหา	หัวข้อเรื่อง	สถานการณ์ (ข้อที่)	ระดับของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์			สัดส่วนน้ำหนัก (ร้อยละ)
			ตัวแทนความคิดระดับมหภาค	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์	
1. พันธะโลหะ		1				16.67
	- การนำไฟฟ้าของโลหะ	(1.1)	✓			
	- การเกิดพันธะโลหะ	(1.2)		✓		
2. พันธะไอออนิก		2				33.33
	- การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก	(2.1)	✓			
	- การเกิดพันธะไอออนิก	(2.2)		✓		
	- โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	(2.3)		✓		
	- ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	(2.4)			✓	
3. พันธะโคเวเลนต์		3				50.00
	- การนำไฟฟ้าของสารประกอบโคเวเลนต์	(3.1)	✓			
	- การเกิดพันธะโคเวเลนต์	(3.2)		✓		
	- รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์	(3.3)		✓		
	- สภาพขั้วโมเลกุลโคเวเลนต์	(3.4)			✓	
	- แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	(3.5)	✓			
	- สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	4		✓		
รวม		**12**	**33.33**	**50.00**	**16.67**	**100**

(3) ดำเนินการสร้างแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบ 4 ข้อ ในแต่ละข้อประกอบด้วย สถานการณ์ ข้อมูลประกอบ และข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนเขียนตอบโดยแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ กำหนดระยะเวลาในการทำแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 60 นาที

(4) นำแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเรียบร้อยเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องของสถานการณ์และระดับของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งตรวจสอบภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(5) นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และอาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างลักษณะข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แต่ละระดับ (Item Objective Congruence, IOC) รวมทั้งข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นพิจารณาข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (วรรณี แกมเกต, 2555) เพื่อนำมาทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาพบว่า ข้อสอบทั้ง 4 ข้อ มีดัชนีความสอดคล้องระหว่างลักษณะข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แต่ละระดับของผู้ทรงคุณวุฒิมากกว่า 0.5 ทุกข้อ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสรุปได้ดังนี้

1) ปรับแก้ข้อความ ดังนี้

ข้อที่ 1.1 ควรเพิ่มคำถามว่า “..ผลการทดลองควรเป็นอย่างไร...”

ข้อที่ 2 ตัดประโยค “...พบว่ามีการละลายน้ำที่แตกต่างกัน...” เปลี่ยนเป็น “...จงทำนายผลการละลายน้ำของสารทั้งสองชนิด...”

ข้อที่ 2.5 เปลี่ยนคำว่า “...สมการไอออนิก...” เป็น “...แสดงถึงไอออนอิสระ...”

2) ปรับแก้ข้อมูลในข้อคำถาม ดังนี้

ข้อที่ 2.3 ควรเปลี่ยนคำถามจาก “...จงแสดงการเกิดพันธะเคมี....” เป็นกำหนดภาพการเกิดพันธะเคมีในลักษณะต่าง ๆ แล้วให้เลือกภาพมาตอบพร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

3) ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะในการสร้างแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(3.1) แบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ควรมีความหลากหลาย เช่น การกำหนดภาพและให้นักเรียนเลือกตอบพร้อมทั้งอธิบายเหตุผล ไม่ควรมีเฉพาะแบบอัตนัย

(3.2) ในการวัดตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ นักเรียนไม่จำเป็นจะต้องเขียนสมการเคมีในการเป็นตัวแทนเท่านั้น เพราะนักเรียนอาจจะแสดงสัญลักษณ์ในรูปแบบอื่นได้ เช่น ใช้วงกลมแทนอะตอมรวมกันเป็นโมเลกุล หรือแทนไอออน จึงไม่ควรกำหนดขอบเขตตัวแทนความคิดของนักเรียน

(6) นำแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 จำนวน 32 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อด้วยการตรวจสอบหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกโดยใช้วิธี 50% เนื่องจากนักเรียนมีจำนวนน้อยและสามารถแบ่งครึ่งได้จำนวนใกล้เคียงกัน พร้อมทั้งหาค่าความเที่ยงจากการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับโดยใช้การตรวจสอบความเที่ยงภายในสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของคอนบาร์ค พบว่า แบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.53 – 0.72 แสดงให้เห็นว่าแบบวัดอยู่ในระดับค่อนข้างง่ายถึงปานกลาง คุณภาพของแบบวัดจึงอยู่ในระดับพอใช้ได้ถึงดีมาก, ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.38 แสดงให้เห็นว่าแบบวัดจำแนกได้พอใช้ถึงจำแนกได้ดีพอสมควร และแบบวัดฉบับนี้มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.42 แสดงให้เห็นว่าแบบวัดมีความสอดคล้องภายในระหว่างแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้ออยู่ในระดับปานกลาง (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

ผลจากการนำแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เท่ากับ 60.07 จัดอยู่ในระดับพอใช้ โดยตัวแทนความคิดระดับมหภาค มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 61.70, ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 58.90 และตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 59.60 แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีในเรื่องพันธะเคมี โดยเฉพาะในเรื่องการเกิดพันธะเคมีซึ่งเป็นการแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาค และเรื่องสมการไอออนิกและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ซึ่งเป็นการแสดงตัวแทนความระดับสัญลักษณ์ นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและแนวคิดทางเลือกในการวาดภาพโครงสร้างทางเคมี

ของโมเลกุลต่าง ๆ ที่แสดงถึงปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคและนักเรียนเขียนอธิบายคำตอบได้ไม่สมบูรณ์ และแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถจำแนกผู้เรียนได้ในระดับปานกลาง

(7) นำแบบวัดตัวแทนความความคิดทางวิทยาศาสตร์ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

คำตอบที่นักเรียนกลุ่มทดลองตอบในแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์มีการตรวจให้คะแนนด้วยเกณฑ์การให้คะแนนตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แต่ละระดับเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบหลักจากงานวิจัยของ Johnstone (1993), Gabel (1999) Jong, Chiu & Chung, 2015) และ Jaber & BouJaoude (2012) และศึกษาแนวทางการสร้างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ จากงานวิจัยของ Jaber & BouJa oude (2012) และณัชธฤต เกื้อทาน (2557) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดรายการประเมินตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น

(2) กำหนดเกณฑ์การประเมินในแต่ละรายการประเมินของตัวแทนความคิด 3 ระดับ และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกส์แบบทั่วไป (Generic Rubrics) รวมทั้งกำหนดรายละเอียดระดับความสามารถของแต่ละรายการ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ดี (3) พอใช้ (2) และต้องปรับปรุง (1)

(3) กำหนดการแปลผลคะแนนเป็นระดับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ช่วงคะแนน 3 ช่วง ซึ่งเกณฑ์ร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดี และมีการแปลคะแนนระดับตัวแทนความคิดของแต่ละช่วงคะแนน ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ช่วงคะแนนและระดับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

ช่วงคะแนน	ระดับตัวแทนความคิด
25 – 36	ระดับดี
13 – 24	ระดับพอใช้
1 - 12	ระดับต้องปรับปรุง

(4) นำเกณฑ์การให้คะแนนตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของรายการประเมิน เกณฑ์การประเมิน และภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(5) นำเกณฑ์การให้คะแนนที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ได้แก่ อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และอาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมิน รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนของการใช้ภาษาและความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินจากนั้นคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (วรรณี แกมเกต, 2555) ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า รายการประเมินทั้ง 12 รายการ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

1.2 การวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

การวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้วัด 1 ฉบับ ได้แก่ แบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี โดยมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี โดยยึดแนวทางของของ Cheung (2009) Salta & Tzougraki (2004) และ Yunus & Ali (2012) สรุปเป็นลักษณะพฤติกรรมเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีได้ 4 ด้าน (รายละเอียดปรากฏในตารางที่ภาคผนวก ง)

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ตัวชี้วัดของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีได้ 18 ตัวชี้วัด ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ลักษณะและตัวชี้วัดของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

ลักษณะ	ตัวชี้วัด
1. การเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี	1) เรียนรู้เคมีจากการสร้างมโนภาพจากสิ่งที่เป็นนามธรรม 2) คำนึงถึงการใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ 3) ใช้ตัวแทนความคิดในการทำความเข้าใจสิ่งที่เรียนรู้ 4) เห็นความสำคัญของความเข้าใจเชิงลึกในเคมี
2. ความสนใจในการเรียนรู้เคมี	1) ชอบอภิปราย แลกเปลี่ยนเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับเคมี 2) ปฏิบัติการทดลองเคมีอย่างตั้งใจและคล่องแคล้ว 3) ชอบวาดภาพเพื่ออธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรม 4) เพลิดเพลินในการใช้ตัวแทนความคิดอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ
3. การเห็นความเชื่อมโยงในการเรียนรู้เคมี	1) คำนึงถึงความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับในการอธิบายปรากฏการณ์ 2) เห็นความสัมพันธ์ของการเรียนรู้เคมีระหว่างทฤษฎีและการทดลอง
4. การเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้	1) นำความรู้ทางเคมีไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ 2) นำความรู้ทางเคมีไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

(2) ศึกษาวิธีการวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีและการสร้างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี โดยใช้มาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert-type scale) ซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยมีการตอบ 5 ระดับ ได้แก่ (5) เห็นด้วยมากที่สุด (4) เห็นด้วย (3) ไม่แน่ใจ (2) ไม่เห็นด้วย และ (1) ไม่เห็นด้วยมากที่สุด (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2546) พร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

(3) สร้างข้อความที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี ให้ครอบคลุมทั้ง 4 ด้าน จำนวน 12 ตัวชี้วัด ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 12 แบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีประกอบด้วยข้อความเชิงนิมาน (Positive) จำนวน 17 ข้อ และข้อความเชิงนิเสธ (Negative) จำนวน 3 ข้อ รวมเป็นจำนวน 20 ข้อ จำนวนข้อความในแต่ละลักษณะของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีปรากฏดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 จำนวนข้อในแต่ละลักษณะของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีในแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

ลักษณะของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี	จำนวนข้อ
1. การเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี	5
2. ความสนใจในการเรียนรู้เคมี	5
3. การเห็นความเชื่อมโยงในการเรียนรู้เคมี	5
4. การเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้	5

(4) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี ดังนี้

1) ข้อความเชิงนิมาน พิจารณาให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้ 5 คะแนน
เห็นด้วย ให้ 4 คะแนน
ไม่แน่ใจ ให้ 3 คะแนน
ไม่เห็นด้วย ให้ 2 คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้ 1 คะแนน

2) ข้อความเชิงนิเสธ พิจารณาให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้ 1 คะแนน
เห็นด้วย ให้ 2 คะแนน
ไม่แน่ใจ ให้ 3 คะแนน
ไม่เห็นด้วย ให้ 4 คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้ 5 คะแนน

(5) กำหนดและแปลผลคะแนนระดับเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีคะแนน 3 ช่วง ซึ่งเกณฑ์ร้อยละ 70 อยู่ในระดับดี และมีการแปลคะแนนระดับเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี ดังตารางที่ 14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 14 ช่วงคะแนนและระดับเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

ช่วงคะแนน	ระดับตัวแทนความคิด
63 – 90	ระดับดี
35 – 62	ระดับพอใช้
18 - 34	ระดับต้องปรับปรุง

(6) นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีและเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่ต้องการวัดกับข้อความที่สร้างขึ้น รวมทั้งความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษาและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(7) นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในภาคผนวก ก) ได้แก่ อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ประจำสาขาวิชาวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของประเด็นที่ต้องการวัดกับข้อความ ความครอบคลุมของประเด็นที่ต้องการวัดและความถูกต้องของภาษาที่ใช้ โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อความและพฤติกรรมที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence, IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อความที่มีคุณภาพควรมีดัชนีความสอดคล้อง มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (รายละเอียดปรากฏในตารางที่ 30) ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสรุปรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

1) ปรับแก้ข้อความให้ชัดเจนเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียนและง่ายต่อการทำความเข้าใจ และมีความสมบูรณ์ในตัวเอง ดังนี้

ข้อ 1 ควรเพิ่มเติมจาก “...การเรียนรู้เคมี..” เป็น “...การเรียนรู้เคมีจากการสร้างมโนภาพทางเคมี”

ข้อ 11 ควรเปลี่ยนข้อความจาก “...การเรียนรู้แบบไม่แยกส่วน...” เป็น “...การเรียนรู้แบบแยกส่วน...”

จากการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ ปรากฏว่า ข้อความที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 มีจำนวน 2 ข้อ จึงทำการตัดออก ดังนั้น จึงมีข้อความทั้งหมด 18 ข้อความ

(8) นำแบบวัดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 จำนวน 32 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีทั้งฉบับโดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของคอนบาร์ค พบว่า แบบวัดฉบับนี้มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.67 แสดงให้เห็นว่ารายการที่แสดงถึงเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีอยู่ในระดับปานกลาง

ผลการนำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี เท่ากับ 72.71 ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี เมื่อพิจาณาในแต่ละด้านของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี พบว่า ด้านการเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี เท่ากับ 75.24, ด้านความสนใจในการเรียนรู้เคมี เท่ากับ 70.4, ด้านการเห็นความเชื่อมโยงของการเรียนรู้เคมี เท่ากับ 73.13 และด้านการเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้ เท่ากับ 72.05 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีอยู่ในระดับดี ในส่วนของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีที่มีข้อความเชิงนิเสธ นักเรียนส่วนมากยังตอบอยู่ในระดับต่ำ และพบว่านักเรียนยังไม่เข้าใจการแสดงตัวแทนความคิดจากการสร้างมโนภาพทางเคมี ถึงแม้ว่าผู้วิจัยจะอธิบายไปแล้ว อาจจะเนื่องมาจากนักเรียนยังไม่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

(9) นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้เคมี ซึ่งมี 2 แบบ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนการรู้เคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี สำหรับกลุ่มทดลอง 2) แผนการจัดการเรียนรู้เคมีโดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ สำหรับกลุ่มควบคุม โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบ ครอบคลุมผลการเรียนรู้ จำนวนแผน และจำนวนคาบเรียนที่เท่ากัน มีขั้นตอนในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

(1) ศึกษาขอบเขตเนื้อหาโดยวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ รายวิชาเคมีเพิ่มเติม1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม1 และศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี จากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่อง พันธะเคมี

(2) กำหนดเนื้อหาและจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมีเพิ่มเติม1 ในหน่วยการเรียนรู้ 2 พันธะเคมี แบ่งเป็น 11 แผน จำนวน 22 คาบ สรุปได้ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 เนื้อหาและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีเพิ่มเติม1

ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อ	จำนวนคาบ
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2	**พันธะเคมี**	
1	การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์	2
2	การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบโคเวเลนต์	2
3	ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ	2
4	แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์และรูปร่างโมเลกุล	2
5	สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนซ์และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	2
6	สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	2
7	การเกิดพันธะไอออนิก การเขียนสูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก	2
8	พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก	2
9	สมบัติของสารประกอบไอออนิก	2
10	ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	2
11	พันธะโลหะและสมบัติของโลหะ	2
	รวม	22

(3) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้และจำนวนคาบที่กำหนด โดยกลุ่มทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้เคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี และกลุ่มควบคุมใช้แผนการจัดการเรียนรู้เคมีด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ รายละเอียดของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ทั้งสองแบบแสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีและการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี	**การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ**
ขั้นที่ 1 การสังเกตปรากฏการณ์ ขั้นตอนนี้เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางเคมี เช่น ปฏิกิริยาเคมีหรือสมบัติของสาร จากการทดลองปฏิบัติการ การสาธิต หรือวีดิทัศน์ และให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาค โดยการวาดภาพและเขียนอธิบายสิ่งที่ได้จากการสังเกต	**ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ** เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการสังเกตสิ่งเร้าจากการชมวีดิทัศน์ หรือตั้งคำถามสำคัญเพื่อนำไปสู่การคาดคะเนคำตอบ
	ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทำการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองหรือจากการชมวีดิทัศน์
ขั้นที่ 2 การบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค ขั้นตอนนี้เป็นการให้นักเรียนบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยแสดงความเข้าใจของตนเองที่มีอยู่ต่อปรากฏการณ์นั้น	**ขั้นที่ 3 การสร้างคำอธิบาย** เป็นขั้นที่ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อแสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์
ขั้นที่ 3 การอภิปรายร่วมกับเพื่อน ขั้นตอนนี้เป็นการให้นักเรียนอภิปรายถึงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของตนเองร่วมกับเพื่อน เพื่อรับข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อน	
ขั้นที่ 4 การแสดงภาพเคลื่อนไหวหรือสถานการณ์จำลอง ขั้นตอนนี้เป็นการแสดงภาพเคลื่อนไหวของโครงสร้างทางเคมีของสสารจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของนักเรียนและจากการชมภาพเคลื่อนไหว	

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีและการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ (ต่อ)

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี	การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ
ขั้นที่ 5 การสะท้อนความแตกต่างด้วยมโนทัศน์ที่มีมาก่อน ขั้นตอนนี้เป็นการสะท้อนความแตกต่างระหว่างลักษณะสำคัญของปรากฏการณ์ระดับจุลภาคจากวีดิทัศน์และตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของตนเอง และระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และนักเรียนจะแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคที่ถูกต้อง	
ขั้นที่ 6 การเชื่อมโยงไปสู่การคิดระดับอื่น ขั้นตอนนี้เป็นการที่นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดระดับมหภาคและระดับจุลภาคเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา	
ขั้นที่ 7 การปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ ขั้นตอนนี้เป็นการนำตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่	**ขั้นที่ 4 การขยายความรู้** เป็นขั้นที่นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่
	ขั้นที่ 5 การประเมิน เป็นขั้นที่ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของภาพเคลื่อนไหวในระดับจุลภาคของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยมีวิธีการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3.1) ทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้เรื่องพันธะเคมีเพื่อกำหนดขอบเขต และสาระสำคัญในการจัดการเรียนการสอน โดยทำการวิเคราะห์ใน 3 ส่วนหลัก คือ 1) ชุดการสาธิต ชุดการทดลอง หรือสื่อวีดีทัศน์ที่จะต้องใช้ในการจัดการเรียนการสอนในขั้นที่ 1 ขั้นการสังเกตปรากฏการณ์ 2) ภาพเคลื่อนไหวจากวีดิทัศน์ หรือโปรแกรมทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับสาระที่สอนในระดับจุลภาคซึ่งจะใช้ในขั้นที่ 4 ขั้นแสดงภาพเคลื่อนไหวหรือสถานการณ์จำลอง 3) เนื้อหาสาระสำคัญที่สอน โดยใช้แนวทางในการคัดเลือกจากหลักสูตรเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทำการวิเคราะห์ 3 ส่วนหลักทีละส่วน

3.2) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้เคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีสำหรับกลุ่มทดลอง โดยในแต่ละสาระใช้ข้อมูลการวางแผนจากการวิเคราะห์เนื้อหาสาระทั้ง 3 ส่วนหลัก ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

(1) ขั้นการสังเกตปรากฏการณ์ เป็นขั้นที่นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางเคมี และบันทึกข้อมูลจากการสังเกตด้วยการวาดภาพและอธิบาย โดยครูมีบทบาทในการจัดแสดงปรากฏการณ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น จากการสาธิต หรือเปิดวีดิทัศน์ และกระตุ้นให้นักเรียนคิดและอภิปรายเกี่ยวกับการสังเกตปรากฏการณ์ พร้อมกับใช้คำถามกระตุ้นในการอธิบายโครงสร้างทางเคมีของสสาร

(2) ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค เป็นขั้นที่นักเรียนบรรยายและวาดภาพโครงสร้างทางเคมีของสสารจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยครูมีบทบาทในการอธิบายและแนะนำสิ่งที่ต้องเข้าใจร่วมกันในการเขียนตัวแทนความคิดระดับจุลภาค เช่น การแสดงความสัมพันธ์ของขนาด การเคลื่อนที่ จำนวน การรวมกันเป็นกลุ่มของอะตอมหรือโมเลกุล

(3) ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน เป็นขั้นที่นักเรียนอภิปรายถึงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคของตนเองร่วมกับเพื่อน เพื่อรับข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อน โดยครูมีบทบาทในการแนะนำถึงลักษณะสำคัญของตัวแทนความคิดระดับจุลภาค

(4) ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง เป็นขั้นที่ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวของโครงสร้างทางเคมีของสสารจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งนักเรียนจะต้องสังเกตลักษณะสำคัญของภาพเคลื่อนไหว และครูมีบทบาทในการแนะนำให้นักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของตัวแทนความคิดระดับจุลภาค

(5) ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยมโนทัศน์ที่มีมาก่อน เป็นขั้นที่นักเรียนสะท้อนความคิดของตนเองถึงความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของตนเองกับลักษณะสำคัญของภาพเคลื่อนไหวและระบุความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตนเองพร้อมทั้งวาดภาพและบรรยายตัวแทนความคิดระดับจุลภาคอีกครั้งให้ถูกต้อง โดยครูมีบทบาทในการร่วมอภิปรายกับนักเรียนในการสะท้อนความคิด

(6) ขั้นการเชื่อมโยงไปสู่การคิดระดับอื่น เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสร้างตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ เช่น สูตรโมเลกุล สมการเคมี กราฟ ไดอะแกรม เพื่อนำมาเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ โดยครูมีบทบาทในการกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์

(7) ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นที่นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับไปใช้เป็นแนวเทียบในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ เช่น ปฏิกิริยาเคมีของสารชนิดใหม่ โดยครูมีบทบาทในการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้ตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับในการเปรียบเทียบกับสสารที่เกิดขึ้นในปรากฏการณ์ใหม่

3.3) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งในแต่ละเนื้อหาจะใช้ข้อมูลการวางแผนจากการวิเคราะห์เนื้อหาสาระทั้ง 3 ส่วนหลัก ซึ่งเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

(1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการสนทนา การสาธิต ดูวีดิทัศน์ หรือใช้คำถาม เพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหา และทบทวนประสบการณ์เดิมของนักเรียน โดยครูแสดงให้นักเรียนเห็นปรากฏการณ์ทางเคมีจากวีดิทัศน์

(2) ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล สำรวจตรวจสอบ หรือปฏิบัติการทดลอง และครูจัดแสดงภาพเคลื่อนไหวในระดับจุลภาคเพื่อให้นักเรียนเห็นถึงตัวแทนความคิดระดับจุลภาค

(3) ขั้นการสร้างคำอธิบาย เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาอภิปรายร่วมกันเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเป็นตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ

(4) ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่

(5) ขั้นประเมิน เป็นขั้นที่ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของภาพเคลื่อนไหวในระดับจุลภาคของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและ

ค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

3.4 จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้เคมีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล และสื่อการเรียนรู้ รวมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี และแผนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้เคมีที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมที่ใช้ในความสอดคล้องกับการพัฒนาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

จากผลการพิจารณาตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ 4 ประเด็น ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ข้อเสนอแนะจากการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้ทรงคุณวุฒิ

ประเด็นปรับแก้ไข	ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ
1. ด้านเนื้อหาสาระ	- เสนอให้พิจารณาปรับแก้ไขและประเมินเนื้อหาสาระของแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 2 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และโดยให้เพิ่มการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมแลกุลโคเวเลนต์ในแผนที่ 1 และเพิ่มนิยามของเรโซแนนซ์ให้สมบูรณ์
2. ด้านขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน	- เสนอให้พิจารณาปรับแก้ไขขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนขั้น 3 ขั้นอภิปรายร่วมกับเพื่อน โดยให้เพิ่มขั้นตอนที่กระตุ้นให้นักเรียนเตรียมนำตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของตนเองมาเปรียบเทียบกับภาพเคลื่อนไหวที่ครูจะให้ชมในขั้นตอนต่อไป ทั้ง 11 แผน
3. ด้านการใช้ภาษา	- เสนอให้ปรับแก้ทั้ง 11 แผน ดังนี้ คำถามที่ถามว่า “...หรือไม่...” ให้ปรับแก้เป็น “...หรือไม่อย่างไร...”

ตารางที่ 17 ข้อเสนอแนะจากการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้ทรงคุณวุฒิ (ต่อ)

ประเด็นปรับแก้ไข	ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ
	คำถามที่ถามว่า “...จงให้เหตุผล...” ให้ปรับแก้เป็น “...จงอธิบาย...”
4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้	- ให้เพิ่มรายละเอียดแหล่งที่มาของสื่อให้ชัดเจน - ให้ปรับแก้ใบกิจกรรมให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน
5. ด้านการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้	- ให้ระบุเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ให้ชัดเจน - ปรับแก้เกณฑ์การให้คะแนนในการประเมินใบกิจกรรม

3.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับแก้ไขตามคะแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 ได้ข้อค้นพบ ดังนี้

1) เมื่อนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์จึงทำให้เปิดปัญหาในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ครูต้องเป็นผู้แนะนำ โดยเฉพาะตัวแทนความคิดระดับจุลภาค นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและแนวคิดทางเลือกในการแสดงโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลโคเวเลนต์ รวมถึงขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนทั้ง 7 ขั้นยังมีความไม่ต่อเนื่อง เกิดปัญหาระหว่างช่วงรอยต่อระหว่างขั้นตอนการสอน นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของแต่ละขั้นตอนเป็นเวลานาน ทำให้ไม่สามารถควบคุมเวลาในการจัดการเรียนการสอนได้

2) เมื่อนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง พบว่า นักเรียนประสบปัญหาการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ และใช้เวลานานในการอภิปรายเพื่อสรุปตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ รวมถึงการประเมินโดยครูและเพื่อนในกลุ่ม เกิดความไม่ต่อเนื่องระหว่างขั้นตอนการสอนทั้ง 5 ขั้นตอน

ดังนั้นสิ่งที่ต้องตระหนักในการนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้คือความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนเรื่อง พันธะเคมี และการจัดการชั้นเรียนซึ่งครูผู้สอนต้องวางแผนการจัดการเรียนการสอนและการจัดการชั้นเรียนให้เกิดความต่อเนื่อง รวมถึงสิ่งที่ต้องปรับปรุงในการใช้แผนการ

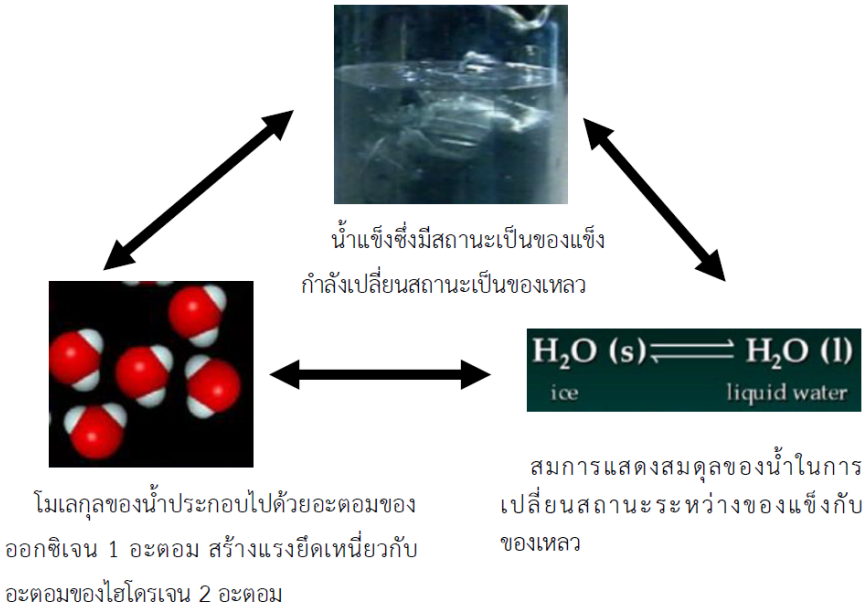
จัดการเรียนรู้ซึ่งครูผู้สอนต้องพยายามออกแบบให้กิจกรรมในขั้นตอนการสอนแต่ละขั้นเอื้อให้ผู้เรียนเกิดความคิดและการปฏิบัติที่ต่อเนื่องกัน ผู้วิจัยจึงปรับปรุงให้มีการเตรียมผู้เรียนก่อนการเรียนเพื่อให้เข้าใจตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

4.1.1 อธิบายความหมายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับให้กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเข้าใจ ดังแผนภาพที่



แผนภาพที่ 15 ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ 3 ระดับ

1) ตัวแทนความคิดระดับมหภาค (Macroscopic Representations) คือ ความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สามารถสังเกตได้ โดยแสดงออกมาในรูปแบบของการวาดภาพและบรรยายสิ่งที่สังเกตเห็น ตัวอย่างเช่น การสังเกตการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็ง ดังภาพ

2) ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (Microscopic Representations) คือ ความเข้าใจปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุลซึ่งไม่สามารถสังเกตได้ ได้แก่ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน อะตอม

โมเลกุล หรือไอออน โดยแสดงออกมาในรูปแบบของการวาดภาพและบรรยาย ตัวอย่างเช่น โมเลกุลของน้ำ ดังภาพ

3) ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Representations) คือ ความเข้าใจปรากฏการณ์โดยการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ในระดับมหภาคและในระดับจุลภาค ซึ่งแสดงออกมาในรูปแบบของการเขียนสัญลักษณ์ ได้แก่ สูตรทางเคมีหรือสมการเคมี ตัวอย่างเช่น สมการแสดงสมดุลของน้ำในการเปลี่ยนสถานะระหว่างของแข็งกับของเหลว ดังภาพ

4.1.2 ทบทวนความรู้พื้นฐานในเรื่องอะตอมและโมเลกุล โครงสร้างอะตอม ได้แก่ เรื่องอนุภาคมูลฐานของอะตอมและการจัดเรียงอิเล็กตรอน รวมทั้งเรื่องแนวโน้มและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ

4.2 การดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีกับกลุ่มทดลอง และใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งการสอนทั้งสองกลุ่มใช้จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้เท่ากัน คือ จำนวน 11 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวนทั้งสิ้น 22 คาบ คาบละ 50 นาที โดยทดลองตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 9 กันยายน พ.ศ.2559 ดังตารางที่ 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

สัปดาห์ที่/เรื่อง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัปดาห์ที่ 1 1. เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ (คาบที่ 1 – 2)	**1.ขั้นสังเกตปรากฏการณ์** - ครูใช้รูปภาพแสดงพันธะเคมีในชีวิตประจำวัน - นักเรียนทดลองการเกิดแก๊สไฮโดรเจน **2.ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิด** - นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจน **3.ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจน จากนั้นเพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับ **4.ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเกิดแก๊สไฮโดรเจน และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างแก๊สไฮโดรเจน จากนั้นครูอธิบายเรื่องกฎออกเตต การเกิดพันธะโคเวเลนต์ **5.ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน** - นักเรียนระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนเองเกี่ยวกับโครงสร้างของแก๊สไฮโดรเจนและแก้ไขใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง **6.ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น** - นักเรียนแสดงสูตรโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจน และอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ **7.ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** - ครูใช้รูปภาพแสดงพันธะเคมีในชีวิตประจำวัน **2. ขั้นสำรวจและค้นหา** - นักเรียนทดลองการเกิดแก๊สไฮโดรเจน - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเกิดแก๊สไฮโดรเจน และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างแก๊สไฮโดรเจน **3. ขั้นสร้างคำอธิบาย** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายการเกิดแก๊สไฮโดรเจนและโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนและร่วมกันแสดงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของแก๊สไฮโดรเจน จากนั้นครูอธิบายเรื่องกฎออกเตต การเกิดพันธะโคเวเลนต์ **4. ขั้นขยายความรู้** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ **5. ขั้นประเมิน** - ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของโครงสร้างแก๊สไฮโดรเจนของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

ตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ต่อ)

สัปดาห์ที่/เรื่อง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัปดาห์ที่ 1 2. เรื่องโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ (คาบที่ 3 – 4)	**1.ขั้นสังเกตปรากฏการณ์** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของสารประกอบ BF_3 และ PCl_5 **2.ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิด** - นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบ BF_3 และ PCl_5 **3.ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบ BF_3 และ PCl_5 จากนั้นเพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับ **4.ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวโครงสร้างทางเคมีของ BF_3 และ PCl_5 และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างของ BF_3 และ PCl_5 จากนั้นครูอธิบายเรื่องโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ **5.ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน** - นักเรียนระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนเองเกี่ยวกับโครงสร้างของสารประกอบ BF_3 และ PCl_5 และแก้ไขใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง **6.ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น** - นักเรียนแสดงสูตรโมเลกุลของ BF_3 และ PCl_5 และอธิบายความเชื่อมระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ **7.ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** - ครูแสดงภาพสารประกอบ BF_3 และ PCl_5 **2. ขั้นสำรวจและค้นหา** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวโครงสร้างทางเคมีของ BF_3 และ PCl_5 และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างของ BF_3 และ PCl_5 **3. ขั้นสร้างคำอธิบาย** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายโครงสร้างทางเคมีของ BF_3 และ PCl_5 และร่วมกันแสดงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของ BF_3 และ PCl_5 จากนั้นครูอธิบายเรื่องโมเลกุลที่ไม่เป็นไปตามกฎออกเตต การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ **4. ขั้นขยายความรู้** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ **5. ขั้นประเมิน** - ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของโครงสร้าง BF_3 และ PCl_5 ของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

ตารางตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ต่อ)

สัปดาห์ที่/เรื่อง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัปดาห์ที่ 2 3. ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ (คาบที่ 5 – 6)	**1.ขั้นสังเกตปรากฏการณ์** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของแก๊ส CO_2 และ CO **2.ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิด** - นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของโครงสร้างทางเคมีของแก๊ส CO_2 และ CO **3.ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงโครงสร้างทางเคมีของแก๊ส CO_2 และ CO จากนั้นเพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับ **4.ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวโครงสร้างทางเคมีของแก๊ส CO_2 และ CO และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างแก๊ส CO_2 และ CO จากนั้นครูอธิบายเรื่องความยาวพันธะและพลังงานพันธะ **5.ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน** - นักเรียนระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนเองเกี่ยวกับโครงสร้างของแก๊ส CO_2 และ CO และแก้ไขใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง **6.ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น** - นักเรียนแสดงสูตรโมเลกุลของ แก๊ส CO_2 และ COและอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ **7.ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** - ครูแสดงภาพของแก๊ส CO_2 และ CO **2. ขั้นสำรวจและค้นหา** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวโครงสร้างทางเคมีของแก๊ส CO_2 และ CO และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างแก๊ส CO_2 และ CO **3. ขั้นสร้างคำอธิบาย** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายโครงสร้างทางเคมีของแก๊ส CO_2 และ CO และร่วมกันแสดงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของแก๊ส CO_2 และ CO จากนั้นครูอธิบายเรื่องความยาวพันธะและพลังงานพันธะ **4. ขั้นขยายความรู้** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ **5. ขั้นประเมิน** - ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของโครงสร้าง CO_2 และ CO ของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

ตารางตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ต่อ)

สัปดาห์ที่/เรื่อง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัปดาห์ที่ 2 4. แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์และรูปร่างโมเลกุล (คาบที่ 7 – 8)	**1.ขั้นสังเกตปรากฏการณ์** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับการเกิดแก๊ส SO_2 **2.ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิด** - นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของโครงสร้างทางเคมีของแก๊ส SO_2 **3.ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงโครงสร้างทางเคมีของแก๊ส SO_2 จากนั้นเพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับ **4.ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวโครงสร้างทางเคมีของแก๊ส SO_2 และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างแก๊ส SO_2 จากนั้นครูอธิบายเรื่องแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์และรูปร่างโมเลกุล **5.ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน** - นักเรียนระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนเองเกี่ยวกับโครงสร้างของแก๊ส SO_2 และแก้ไขใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง **6.ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น** - นักเรียนแสดงสูตรโมเลกุลของแก๊ส SO_2 และอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ **7.ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับการเกิดแก๊ส SO_2 **2. ขั้นสำรวจและค้นหา** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวโครงสร้างทางเคมีของแก๊ส SO_2 และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างแก๊ส SO_2 **3. ขั้นสร้างคำอธิบาย** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายโครงสร้างทางเคมีของ SO_2 และร่วมกันแสดงตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของแก๊ส SO_2 จากนั้นครูอธิบายเรื่องแนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์และรูปร่างโมเลกุล **4. ขั้นขยายความรู้** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ **5. ขั้นประเมิน** - ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของ SO_2 ของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

ตารางตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ต่อ)

สัปดาห์ที่/เรื่อง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัปดาห์ที่ 3 5. สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (คาบที่ 9 – 10)	**1.ขั้นสังเกตปรากฏการณ์** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับการเกิดแอมโมเนีย **2.ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิด** - นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของการเชื่อมต่อกันระหว่างแอมโมเนีย 3 โมเลกุล **3.ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการเชื่อมต่อกันระหว่างแอมโมเนีย 3 โมเลกุล จากนั้นเพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับ **4.ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเชื่อมต่อกันระหว่างแอมโมเนีย 3 โมเลกุล และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของการเชื่อมต่อกันระหว่างแอมโมเนีย 3 โมเลกุล จากนั้นครูอธิบายเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ **5.ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน** - นักเรียนระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนเองเกี่ยวกับการเชื่อมต่อกันระหว่างแอมโมเนีย 3 โมเลกุล และแก้ไขใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง **6.ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น** - นักเรียนแสดงสภาพขั้วของแอมโมเนีย และอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ **7.ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับการเกิดแอมโมเนีย **2. ขั้นสำรวจและค้นหา** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเชื่อมต่อกันระหว่างแอมโมเนีย 3 โมเลกุล และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของการเชื่อมต่อกันระหว่างแอมโมเนีย 3 โมเลกุล **3. ขั้นสร้างคำอธิบาย** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายการเชื่อมต่อกันระหว่างแอมโมเนีย 3 โมเลกุล จากนั้นครูอธิบายเรื่องสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ **4. ขั้นขยายความรู้** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ **5. ขั้นประเมิน** - ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแอมโมเนียของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

ตารางตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ต่อ)

สัปดาห์ที่/เรื่อง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัปดาห์ที่ 4 6. สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย (คาบที่ 11 – 12)	**1.ขั้นสังเกตปรากฏการณ์** - ครูเปิดคลิปวีดีโอเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของแกรไฟต์ **2.ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิด** - นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของโครงสร้างทางเคมีของแกรไฟต์ **3.ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงโครงสร้างทางเคมีของแกรไฟต์ จากนั้นเพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับ **4.ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวโครงสร้างทางเคมีของแกรไฟต์ และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของแกรไฟต์ จากนั้นครูอธิบายเรื่องสารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย **5.ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน** - นักเรียนระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนเองเกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีของแกรไฟต์ และแก้ไขใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง **6.ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น** - นักเรียนแสดงสัญลักษณ์แทนแกรไฟต์ และอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ **7.ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของแกรไฟต์ **2. ขั้นสำรวจและค้นหา** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวโครงสร้างทางเคมีของแกรไฟต์ และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของแกรไฟต์ **3. ขั้นสร้างคำอธิบาย** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายโครงสร้างทางเคมีของแกรไฟต์ จากนั้นครูอธิบายเรื่องสารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย **4. ขั้นขยายความรู้** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ **5. ขั้นประเมิน** - ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของแกรไฟต์ของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

ตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ต่อ)

สัปดาห์ที่/เรื่อง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัปดาห์ที่ 4 7. การเกิดพันธะ โครงสร้าง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อของสารประกอบไอออนิก (คาบที่ 13 – 14)	**1.ขั้นสังเกตปรากฏการณ์** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับการเกิดโพแทสเซียมไอโอไดด์ **2.ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิด** - นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของโครงสร้างทางเคมีของโพแทสเซียมไอโอไดด์ **3.ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงโครงสร้างทางเคมีของโพแทสเซียมไอโอไดด์ จากนั้นเพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับ **4.ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเกิดโพแทสเซียมไอโอไดด์ และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของโพแทสเซียมไอโอไดด์ จากนั้นครูอธิบายเรื่องการเกิดพันธะ โครงสร้าง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อของสารประกอบไอออนิก **5.ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน** - นักเรียนระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนเองเกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีของโพแทสเซียมไอโอไดด์ และแก้ไขใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง **6.ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น** - นักเรียนแสดงสูตรของสารประกอบไอออนิกและอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ **7.ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับการเกิดโพแทสเซียมไอโอไดด์ **2. ขั้นสำรวจและค้นหา** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเกิดโพแทสเซียมไอโอไดด์ และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของโพแทสเซียมไอโอไดด์ **3. ขั้นสร้างคำอธิบาย** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายโครงสร้างทางเคมีของโพแทสเซียมไอโอไดด์ จากนั้นครูอธิบายเรื่องการเกิดพันธะ โครงสร้าง การเขียนสูตรและการเรียกชื่อของสารประกอบไอออนิก **4. ขั้นขยายความรู้** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ **5. ขั้นประเมิน** - ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของโพแทสเซียมไอโอไดด์ของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

ตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ต่อ)

สัปดาห์ที่/เรื่อง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัปดาห์ที่ 5 8. สมบัติของสารประกอบไอออนิก (คาบที่ 15 – 16)	**1.ขั้นสังเกตปรากฏการณ์** - นักเรียนทดลองการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก **2.ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิด** - นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคที่แสดงการละลายน้ำของโซเดียมคลอไรด์ **3.ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการละลายน้ำของโซเดียมคลอไรด์ จากนั้นเพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับ **4.ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการละลายน้ำของโซเดียมคลอไรด์ และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโซเดียมคลอไรด์ขณะที่เกิดการละลายน้ำ จากนั้นครูอธิบายเรื่องสมบัติของสารประกอบไอออนิก **5.ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน** - นักเรียนระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนเองเกี่ยวกับการละลายน้ำของโซเดียมคลอไรด์ และแก้ไขใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง **6.ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น** - นักเรียนแสดงสมการการละลายน้ำของโซเดียมคลอไรด์และอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ **7.ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับสมบัติการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก **2. ขั้นสำรวจและค้นหา** - นักเรียนทดลองการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก และอภิปรายผลการทดลอง จากนั้นครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการละลายน้ำของโซเดียมคลอไรด์ และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโซเดียมคลอไรด์ขณะที่เกิดการละลายน้ำ **3. ขั้นสร้างคำอธิบาย** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการละลายน้ำของโซเดียมคลอไรด์ จากนั้นครูอธิบายเรื่องสมบัติของสารประกอบไอออนิก **4. ขั้นขยายความรู้** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ **5. ขั้นประเมิน** - ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของสมบัติการละลายน้ำของโซเดียมคลอไรด์ของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

ตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ต่อ)

สัปดาห์ที่/เรื่อง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัปดาห์ที่ 5 9. พลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก (คาบที่ 17 – 18)	**1.ขั้นสังเกตปรากฏการณ์** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างโลหะโซเดียมและแก๊สคลอรีน **2.ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิด** - นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของโซเดียมคลอไรด์ **3.ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของโซเดียมคลอไรด์ จากนั้นเพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับ **4.ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเปลี่ยนแปลงพลังงานของโซเดียมคลอไรด์ และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโซเดียมคลอไรด์ขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงาน จากนั้นครูอธิบายเรื่องพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก **5.ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน** - นักเรียนระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนเองเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานของโซเดียมคลอไรด์ และแก้ไขใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง **6.ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น** - นักเรียนแสดงสมการการเปลี่ยนแปลงพลังงานของการเกิดโซเดียมคลอไรด์และอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ **7.ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างโลหะโซเดียมและแก๊สคลอรีน **2. ขั้นสำรวจและค้นหา** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเปลี่ยนแปลงพลังงานของโซเดียมคลอไรด์ และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโซเดียมคลอไรด์ขณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงาน **3. ขั้นสร้างคำอธิบาย** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานของโซเดียมคลอไรด์ จากนั้นครูอธิบายเรื่องพลังงานกับการเกิดสารประกอบไอออนิก **4. ขั้นขยายความรู้** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ **5. ขั้นประเมิน** - ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของการเปลี่ยนแปลงพลังงานของโซเดียมคลอไรด์ ของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

ตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ต่อ)

สัปดาห์ที่/เรื่อง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัปดาห์ที่ 6 10. ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก (คาบที่ 19 – 20)	**1.ขั้นสังเกตปรากฏการณ์** - นักเรียนทดลองปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก **2.ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิด** - นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคที่แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนของสารประกอบไอออนิก **3.ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนของสารประกอบไอออนิก จากนั้นเพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับ **4.ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนของสารประกอบไอออนิก และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนของสารประกอบไอออนิก จากนั้นครูอธิบายเรื่องปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก **5.ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน** - นักเรียนระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนเองเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนของสารประกอบไอออนิก และแก้ไขใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง **6.ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น** - นักเรียนแสดงสมการไอออนิกและอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ **7.ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก **2. ขั้นสำรวจและค้นหา** - นักเรียนทดลองปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก จากนั้นครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนของสารประกอบไอออนิก และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนของสารประกอบไอออนิก **3. ขั้นสร้างคำอธิบาย** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก จากนั้นครูอธิบายเรื่องปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก **4. ขั้นขยายความรู้** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ **5. ขั้นประเมิน** - ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

ตารางที่ 18 การดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (ต่อ)

สัปดาห์ที่/เรื่อง	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
สัปดาห์ที่ 6 11. พันธะโลหะ (คาบที่ 21 – 22)	**1.ขั้นสังเกตปรากฏการณ์** - นักเรียนทดลองเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของโลหะ **2.ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิด** - นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคการเกิดพันธะโลหะของสังกะสี **3.ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการพันธะโลหะของสังกะสี จากนั้นเพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับ **4.ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง** - ครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเกิดพันธะโลหะของสังกะสี และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของการพันธะโลหะของสังกะสี จากนั้นครูอธิบายเรื่องการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ **5.ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน** - นักเรียนระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของตนเองเกี่ยวกับการเกิดพันธะโลหะของสังกะสีและแก้ไขใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง **6.ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น** - นักเรียนเขียนสัญลักษณ์ที่แสดงถึงพันธะโลหะของสังกะสีและอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ **7.ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่	**1. ขั้นสร้างความสนใจ** - ครูเปิดคลิปวีดิโอเกี่ยวกับสมบัติของโลหะ **2. ขั้นสำรวจและค้นหา** - นักเรียนทดลองเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของโลหะ และครูแสดงภาพเคลื่อนไหวการเกิดพันธะโลหะของสังกะสี และนักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของการพันธะโลหะของสังกะสี **3. ขั้นสร้างคำอธิบาย** - นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการพันธะโลหะของสังกะสี จากนั้นครูอธิบายเรื่องการเกิดพันธะโลหะและสมบัติของโลหะ **4. ขั้นขยายความรู้** - นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ **5. ขั้นประเมิน** - ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของการเกิดพันธะโลหะของสังกะสี ของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

จากการทดลองจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ได้ข้อค้นพบที่สำคัญ 3 ประการ ดังนี้

1) การใช้ใบกิจกรรมในการจัดการเรียนการสอนทุกเรื่องในหน่วยการเรียนรู้ทำให้ครูสามารถตรวจสอบพัฒนาการทางความคิดและความเข้าใจของนักเรียนได้จากการวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาคในขั้นที่ 2 ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค ทำให้ครูทราบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่อง อะตอม ไอออน หรือโมเลกุล การใช้ใบกิจกรรมยังทำให้ครูทราบการเปลี่ยนแปลงความรู้หลังจากที่นักเรียนได้อภิปรายร่วมกับเพื่อนในขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายร่วมกับเพื่อน และจากการชมภาพเคลื่อนไหวในขั้นที่ 4 ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง ถ้านักเรียนได้เปรียบเทียบตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคของตนเองและภาพเคลื่อนไหว นักเรียนจะสามารถระบุความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตนเองและปรับปรุงแก้ไขตัวแทนความคิดระดับจุลภาคในขั้นที่ 5 ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน และทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ในขั้นที่ 6 ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น เพื่อแสดงความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีเพิ่มมากขึ้น

2) ใน 3 สัปดาห์แรกพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ประสบปัญหาในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับจุลภาคและระดับสัญลักษณ์ โดยให้ความสำคัญกับการวาดตกแต่งแผนภาพที่แสดงตัวแทนความคิดมากกว่าการวาดภาพเพื่อแสดงความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมี ทั้งนี้ครูควรแนะนำถึงประเด็นสำคัญที่นักเรียนต้องวาดและเขียน

3) ครูสามารถสังเกตเห็นพัฒนาการในการแสดงตัวแทนความคิดของนักเรียนได้ในสัปดาห์ที่ 4 ตัวอย่างเช่น ในการแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคในสัปดาห์แรกนักเรียนมักวาดภาพโมเลกุลโดยไม่พิจารณาถึงกฎออกเตต ต่อมานักเรียนมีการพิจารณากฎออกเตตในการวาดภาพโมเลกุลมากขึ้น ดังนั้นครูผู้สอนอาจจะต้องมีความอดทนในการติดตามพัฒนาการในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

หลังจากดำเนินการทดลองจัดการเรียนการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 11 แผน จึงดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยดำเนินการวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ใช้เวลาทดสอบ 60 นาที และดำเนินการวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีด้วยแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีใช้เวลาทดสอบ 20 นาที

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมวิเคราะห์ด้วยสถิติบรรยายโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ และวิเคราะห์สถิติอ้างอิงโดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) ซึ่งมีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

(1) นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี โดยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนไม่ถึงร้อยละ 70 จึงอยู่ในระดับพอใช้

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t-test) กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

เจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมวิเคราะห์ด้วยสถิติบรรยายโดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี และวิเคราะห์สถิติอ้างอิงโดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) ซึ่งมีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

(1) นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี โดยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนถึงร้อยละ 70 จึงอยู่ในระดับดี

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพิจารณาจากข้อมูล ผลการทดสอบจากแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ผลการทดสอบตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ เป็นคะแนนการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 36 คะแนน จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งกำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 และนำมาวิเคราะห์ดังนี้

1.1) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีของนักเรียนกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ระดับของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) และระดับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 44)

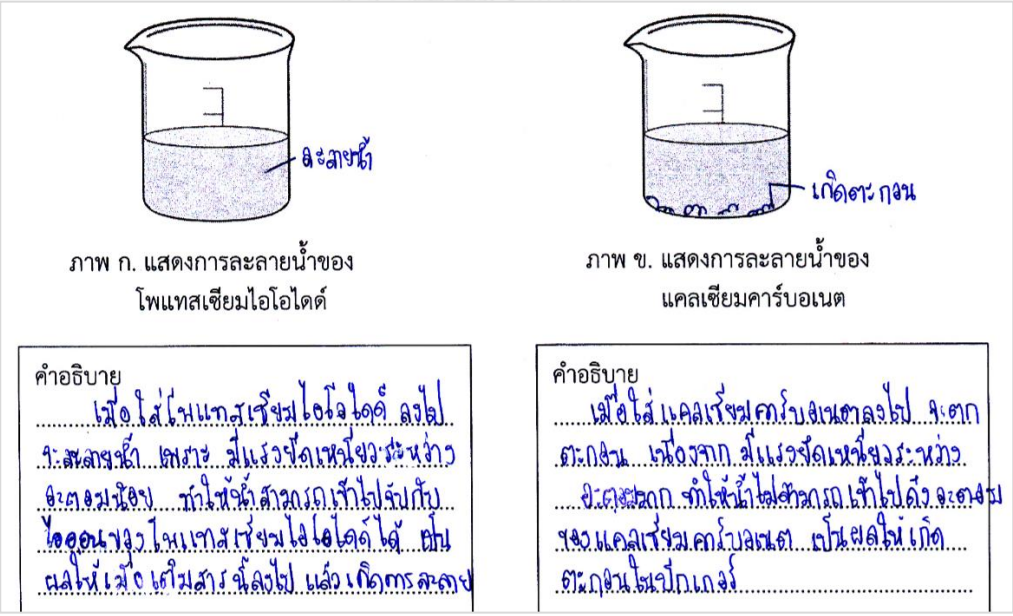
ระดับตัวแทนความคิด	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้			ระดับของตัวแทนความคิด
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	
1. ระดับมหภาค	9	5.77	0.89	64.14	พอใช้
2. ระดับจุลภาค	21	13.18	1.51	62.77	พอใช้
3. ระดับสัญลักษณ์	6	3.66	0.86	60.98	พอใช้
รวม	**36**	**21.92**	**3.97**	**62.63**	**พอใช้**

จากตารางที่ 19 เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยและคะแนนเฉลี่ยร้อยละรวมของระดับตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ โดยเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนด พบว่าตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองจัดอยู่ในระดับพอใช้ เมื่อพิจารณาแต่ละรายการ พบว่าตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ นักเรียนแสดงออกมาได้ในระดับพอใช้ คือ ตัวแทนความคิดระดับมหภาค (แสดงในแผนภาพที่ 16) ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (แสดงในแผนภาพที่ 17) และตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (แสดงในแผนภาพที่ 19)

ตัวอย่างการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับของนักเรียนโดยเรียงตามลำดับของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดังแผนภาพที่ 16, 17 และ 19

(1) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค ซึ่งนักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับนี้อยู่ในระดับพอใช้ ตัวอย่างเช่น

จากการทดลองนำสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) มาละลายน้ำ ดังภาพ จงทำนายผลการละลายน้ำของสารทั้งสองชนิด โดยเขียนเติมข้อมูลแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นลงในภาพ ก. และ ภาพ ข. ที่กำหนด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ



แผนภาพที่ 16 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกของนักเรียนกลุ่มทดลองที่สามารถแสดงได้ในระดับพอใช้

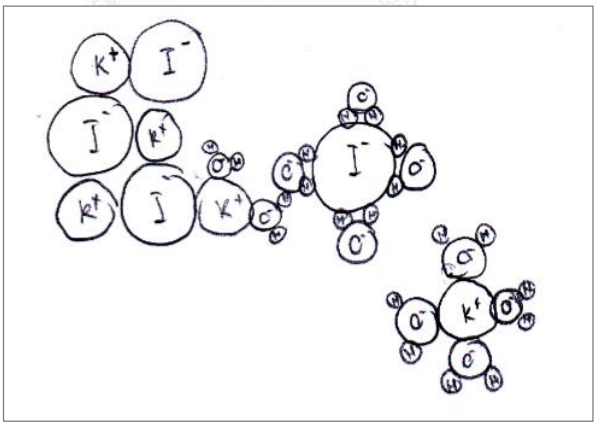
หากนักเรียนมีตัวแทนความคิดระดับมหภาคอยู่ในระดับดี ควรจะอธิบายดังนี้

โพแทสเซียมไอโอไดด์จะสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าแคลเซียมคาร์บอเนต เนื่องจากโพแทสเซียมไอออนยึดเหนี่ยวไอโอไดด์ไอออนด้วยแรงที่ไม่สูงมาก ผลึกไอออนิกจึงแตกตัวเป็นไอออนในสถานะแก๊สด้วยพลังงานแลตทิชและไอออนในสถานะแก๊สถูกล้อมล้อมด้วยน้ำด้วยพลังงานไฮเดรชัน ในส่วนของแคลเซียมคาร์บอเนตจะละลายน้ำได้น้อยหรือไม่ละลายน้ำเนื่องจากแคลเซียมไอออนและคาร์บอเนตไอออนยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงสูงมากจึงไม่สามารถเกิดพลังงานแลตทิชและพลังงานไฮเดรชัน

จากตัวอย่างตัวแทนความคิดระดับมหภาคที่นักเรียนสร้างขึ้น แสดงถึง ความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีในระดับมหภาคของนักเรียนในระดับพอใช้ กล่าวคือ นักเรียนสามารถอธิบายมโนทัศน์ทางเคมีในระดับที่สามารถสังเกตและทำนายการเปลี่ยนแปลงได้โดยการเติมข้อมูลลงในรูปภาพและอธิบายได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์

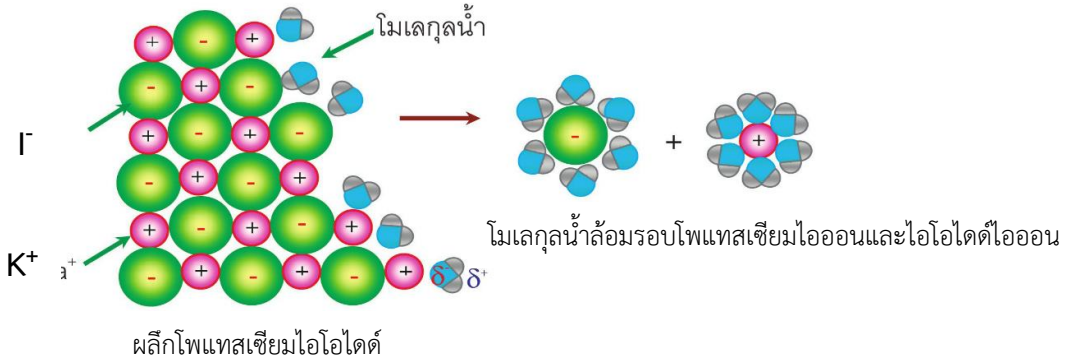
(2) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับจุลภาค ซึ่งนักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับนี้อยู่ในระดับพอใช้ ตัวอย่างเช่น

จงวาดภาพการละลายน้ำของสารประกอบที่สามารถละลายน้ำได้เพื่อแสดงให้เห็นถึงอนุภาคของสารดังกล่าวและโมเลกุลของน้ำ พร้อมทั้งอธิบาย



แผนภาพที่ 17 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับจุลภาค เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกของนักเรียนกลุ่มทดลองที่สามารถแสดงได้ในระดับพอใช้

หากนักเรียนมีตัวแทนความคิดระดับจุลภาคอยู่ในระดับดี ควรวาดภาพดังนี้

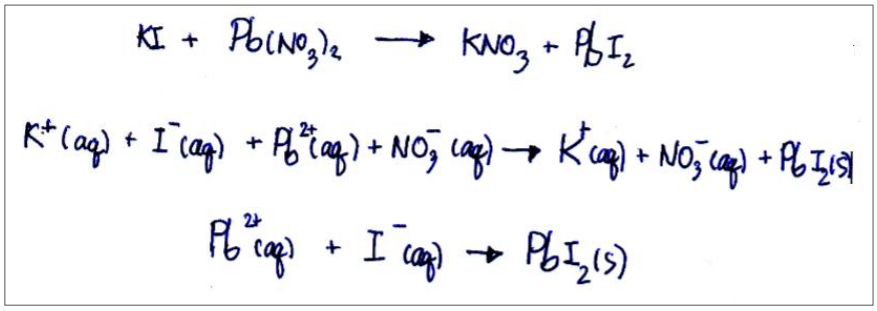


แผนภาพที่ 18 ตัวแทนความคิดที่ถูกต้องเรื่องการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก

จากตัวอย่างตัวแทนความคิดระดับจุลภาคที่นักเรียนสร้างขึ้น แสดงถึง ความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีในระดับจุลภาคของนักเรียนในระดับพอใช้ กล่าวคือ นักเรียนสามารถอธิบายมโนทัศน์ทางเคมีในระดับจุลภาคที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ได้แก่ การที่โมเลกุลน้ำสลายพันธะของสารประกอบไอออนิกทำให้สารประกอบไอออนิกละลายน้ำโดยใช้การวาดภาพที่ยังไม่สมบูรณ์

(3) ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับสัญลักษณ์ ซึ่งนักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับนี้อยู่ในระดับพอใช้ ตัวอย่างเช่น

หากผสมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) กับสารละลายเลด(II)ไนเตรด $Pb(NO_3)_2$ จะเกิดไอออนอิสระใดบ้าง จงแสดงให้เห็นถึงไอออนอิสระที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล



แผนภาพที่ 19 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับสัญลักษณ์ เรื่อง การละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่สามารถแสดงได้ในระดับพอใช้

หากนักเรียนมีตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์อยู่ในระดับดี ควรจะแสดงสมการดังนี้

$2K^+(aq) + 2I^-(aq) + Pb^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq) \longrightarrow PbI_2(s) + 2K^+(aq) + 2NO_3^-(aq)$

จากตัวอย่างตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ที่นักเรียนสร้าง แสดงถึง ความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีในระดับสัญลักษณ์ของนักเรียนในระดับพอใช้ กล่าวคือ นักเรียนสามารถอธิบายมโนทัศน์ทางเคมีโดยใช้สัญลักษณ์ เช่น สมการไอออนิกที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดระดับมหภาคและระดับจุลภาคได้ไม่สมบูรณ์

1.2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีและกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วย การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของคะแนนตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมในตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทุกระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) และค่าที (t) ของคะแนนตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 44) หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีและนักเรียนกลุ่มควบคุม (n = 43) ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระดับตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ						t
		กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	
1. ระดับมหภาค	9	5.77	0.89	63.33	5.16	1.02	57.33	2.98*
2. ระดับจุลภาค	21	13.18	1.51	62.76	11.56	1.56	55.05	4.92*
3. ระดับสัญลักษณ์	6	3.66	0.86	61.00	3.16	0.79	52.67	2.81*
รวม	**36**	**22.61**	**2.20**	**62.81**	**19.88**	**2.63**	**55.22**	**5.26***

*$p < .05$

จากตารางที่ 20 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์รวมทั้ง 3 ระดับหลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตัวอย่างการเปรียบเทียบตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม นำเสนอโดยพิจารณาคะแนนการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แต่ละระดับ แสดงดังแผนภาพที่ 19 - 21

ตัวอย่างที่ 1 ตัวแทนความคิดระดับมหภาค เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

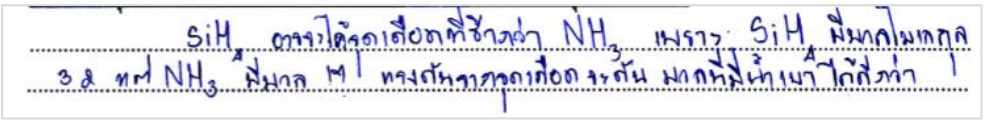
จงพิจารณาข้อมูลต่อไปนี้

สาร	มวลโมเลกุล
SiH_4	32
NH_3	17

หากทำการทดลองนำสารทั้งสองชนิดมาวัดจุดเดือด นักเรียนคิดว่าผลการทดลองควรเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล

ผลงานของนักเรียนกลุ่มทดลองอยู่ในระดับพอใช้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ผลงานของนักเรียนกลุ่มควบคุมอยู่ในระดับปรับปรุง ดังตัวอย่างต่อไปนี้



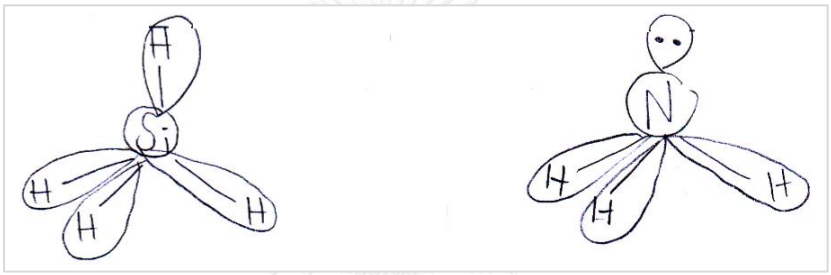
แผนภาพที่ 20 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับมหภาค เรื่อง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

จากภาพตัวอย่างผลงานนักเรียนที่มีความสามารถในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาคอยู่ในระดับพอใช้ พบว่า หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีแล้วนักเรียนสามารถอธิบายความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีได้สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมที่นักเรียนอธิบายมโนทัศน์ทางเคมีได้คลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์

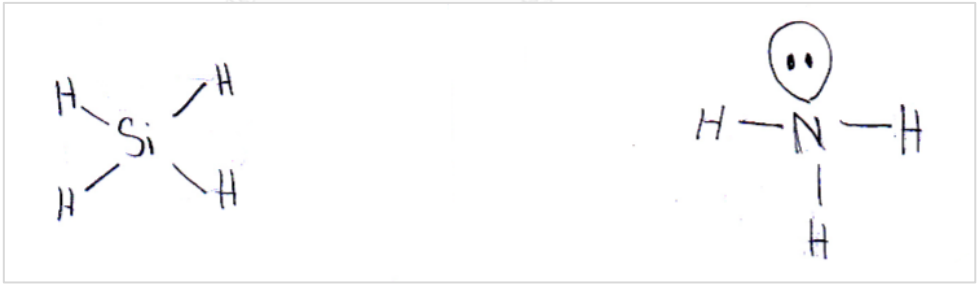
ตัวอย่างที่ 2 ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค เรื่อง รูปร่างโมเลกุล

จงเขียนโครงสร้างและรูปร่างโมเลกุลของ SiH_4 และ NH_3

ผลงานของนักเรียนกลุ่มทดลองอยู่ในระดับพอใช้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้



ผลงานของนักเรียนกลุ่มควบคุมอยู่ในระดับปรับปรุง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

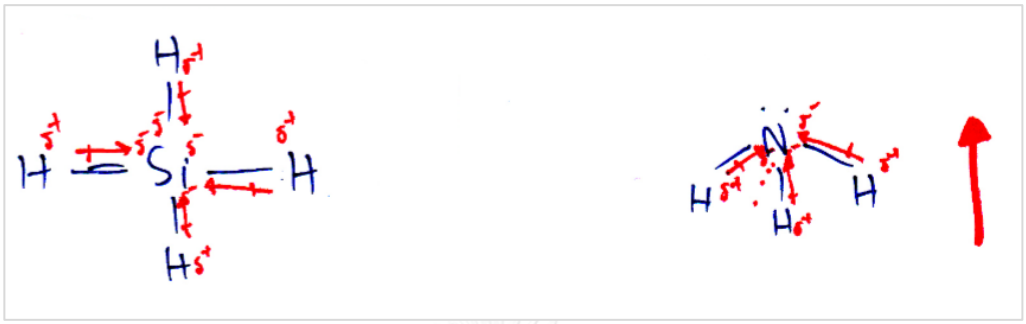


แผนภาพที่ 21 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับจุลภาคเรื่องรูปร่างโมเลกุลระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม

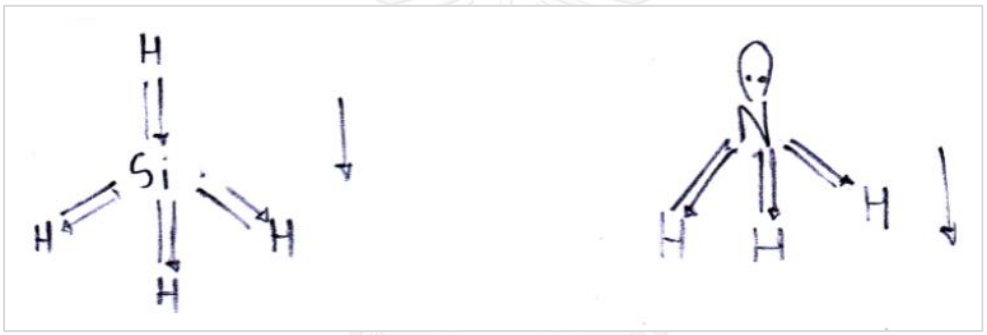
จากภาพตัวอย่างผลงานนักเรียนที่มีความสามารถในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับจุลภาคอยู่ในระดับพอใช้ พบว่า หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี นักเรียนสามารถอธิบายความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีเกี่ยวกับรูปร่างโมเลกุลได้สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมที่นักเรียนอธิบายความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีได้คลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์

ตัวอย่างที่ 3 ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ จงแสดงสภาพขั้วของ SiH_4 และ NH_3

ผลงานของนักเรียนกลุ่มทดลองอยู่ในระดับพอใช้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้



ผลงานของนักเรียนกลุ่มควบคุมอยู่ในระดับปรับปรุง



แผนภาพที่ 22 ผลงานการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับสัญลักษณ์ เรื่อง สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม

จากภาพตัวอย่างผลงานนักเรียนที่มีความสามารถในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับสัญลักษณ์อยู่ในระดับพอใช้ พบว่า หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีแล้วนักเรียนสามารถอธิบายความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีในเรื่องสภาพขั้วโมเลกุลได้สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมที่นักเรียนอธิบายความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีได้คลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

เจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนพิจารณาจากข้อมูล ผลการทดสอบจากแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ผลการทดสอบเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี เป็นคะแนนที่แสดงความรู้สึกต่อการเรียนรู้เคมีจากการทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังเรียนด้วยแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ 1) การเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี 2) ความสนใจในการเรียนรู้เคมี 3) การเห็นความเชื่อมโยงของการเรียนรู้เคมี 4) การเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 90 คะแนน จากนั้นเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีด้วยค่าสถิติทดสอบ (t-test) ผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

1.1) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีของนักเรียนกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ระดับของเจตคติต่อการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ลักษณะของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			ระดับเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	
1. การเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี	15	13.39	1.26	89.27	ดี
2. ความสนใจในการเรียนรู้เคมี	25	21.07	3.22	84.28	ดี
3. การเห็นความเชื่อมโยงของการเรียนรู้เคมี	25	23.25	1.48	93.00	ดี
4. การเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้	25	22.48	2.40	89.92	ดี
รวม	**90**	**80.18**	**6.79**	**89.09**	**ดี**

*$p < .05$

จากตารางที่ 21 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนอยู่ในระดับดีมาก

เมื่อพิจารณาลักษณะของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีด้านการเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี ความสนใจในการเรียนรู้เคมี การเห็นความเชื่อมโยงของการเรียนรู้เคมี และการเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีทุกลักษณะอยู่ในระดับดีมาก

1.2) เปรียบเทียบคะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ลักษณะของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ						t-test
		กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม			
		$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	
1. การเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี	15	13.39	1.26	89.27	12.65	1.45	84.33	2.53*
2. ความสนใจในการเรียนรู้เคมี	25	21.07	3.22	84.28	19.97	2.65	79.88	2.20*
3. การเห็นความเชื่อมโยงของการเรียนรู้เคมี	25	23.25	1.48	93.00	19.49	1.50	77.96	11.64*
4. การเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้	25	22.48	2.39	89.92	20.81	2.11	83.24	3.29*
รวม	**90**	**80.18**	**6.79**	**89.09**	**72.70**	**5.59**	**80.78**	**5.61***

*$p < .05$

จากตารางที่ 22 แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านการเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี ความสนใจในการเรียนรู้เคมี การเห็นความเชื่อมโยงของการเรียนรู้เคมี และการเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีที่มีต่อตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 กรุงเทพมหานคร ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 87 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่เรียนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี จำนวน 44 คน กลุ่มควบคุมที่เรียนเคมีด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ จำนวน 43 คน เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนทั้งสองกลุ่มเท่ากันคือ 22 คาบ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองด้วยแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สถิติบรรยายด้วยค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และสถิติอ้างอิงด้วยการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติทดสอบที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้

2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีอยู่ในระดับดีมาก

4. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

อภิปรายผล

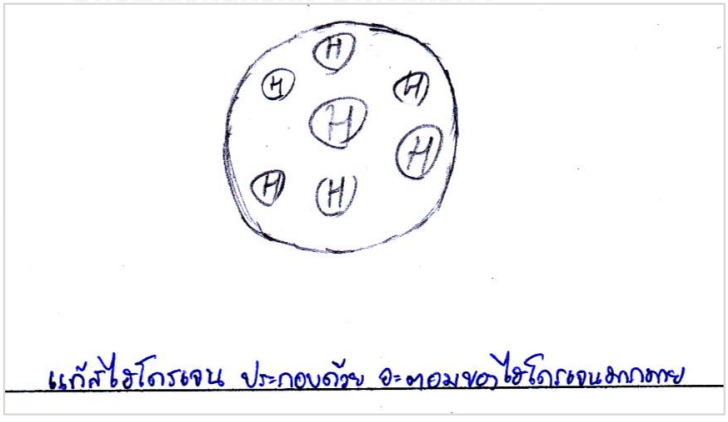
1. ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

1.1 การศึกษาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tasker & Dalton (2006) ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนาตัวแทนความคิดของนักเรียนโดยใช้การออกแบบการเรียนการสอนจากการสร้างมโนภาพทางเคมีกับนักเรียนจำนวน 22 คน พบว่านักเรียนสามารถพัฒนาตัวแทนความคิดอยู่ในระดับดี การที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหตุผลดังต่อไปนี้ คือ

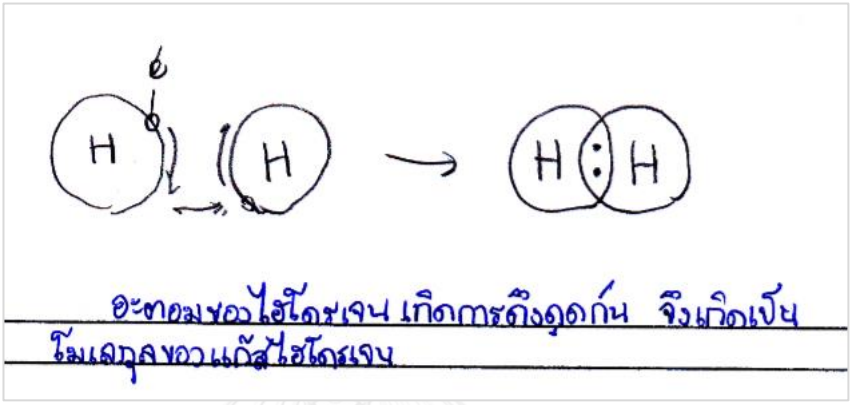
1. นักเรียนขาดความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนเรื่องพันธะเคมี ทำให้แสดงความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีไม่ถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ซึ่งพบว่าสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีไม่ต้องถูกเนื่องจากนักเรียนมีความรู้พื้นฐานในการสร้างแบบจำลองที่ไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น

1) เมื่อให้นักเรียนวาดภาพและบรรยายโครงสร้างของแก๊สไฮโดรเจนในใบกิจกรรม นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดว่าแก๊สไฮโดรเจนประกอบด้วยอะตอมเดี่ยวของธาตุไฮโดรเจนอยู่เป็นจำนวนมาก แสดงให้เห็นว่านักเรียนขาดความรู้พื้นฐานเรื่องอะตอมและโมเลกุลของสาร (ดังแผนภาพที่ 23)



แผนภาพที่ 23 นักเรียนวาดภาพและบรรยายโครงสร้างของแก๊สไฮโดรเจนในใบกิจกรรม

2) เมื่อให้นักเรียนวาดภาพและอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของแก๊สไฮโดรเจนในใบกิจกรรม นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดว่าอะตอมของไฮโดรเจนดึงดูดกันจึงเกิดเป็นโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนขาดความรู้พื้นฐานเรื่องโครงสร้างอะตอม ทำให้นักเรียนไม่พิจารณาอนุภาคมูลฐานของอะตอม คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงดึงดูดในการสร้างพันธะโคเวเลนต์ ดังภาพที่ 24

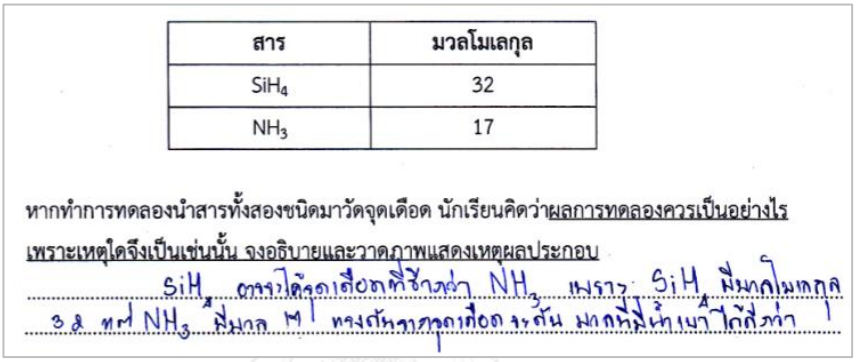


แผนภาพที่ 24 นักเรียนวาดภาพและบรรยายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ของแก๊สไฮโดรเจนในใบกิจกรรม

นอกจากนี้นักเรียนควรมีความรู้พื้นฐานที่สำคัญในการเรียนเรื่องพันธะเคมี ได้แก่ 1) เรื่องการจัดเรียงอิเล็กตรอน นักเรียนต้องสามารถจัดเรียงอิเล็กตรอนจากอะตอมของธาตุชนิดต่าง ๆ ได้ เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายสมบัติของธาตุ ความเสถียรของอะตอมและการรับ-จ่ายอิเล็กตรอนในการเกิดไอออนชนิดต่าง ๆ 2) เรื่องตารางธาตุ นักเรียนต้องจำธาตุหมู่ 1A ถึง 8A รวมถึงธาตุแทรนสิชันแถวแรกให้ได้เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายสมบัติของธาตุและนำจำนวนเวเลนซ์-อิเล็กตรอนมาอธิบายการเกิดพันธะเคมีรวมถึงการทำนายรูปร่างโมเลกุล และ 3) เรื่องแนวโน้มและสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ นักเรียนต้องเข้าใจขนาดอะตอม ค่าพลังงานไอออไนเซชัน ค่าอิเล็ก-โทรเนกาติวิตี ค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน เพื่อนำมาอธิบายขนาดอะตอมและไอออน ความเป็นโลหะอโลหะของธาตุและสภาพขั้วของพันธะและโมเลกุลโคเวเลนต์

2. นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีทำให้แสดงความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น

1) เมื่อให้นักเรียนอธิบายผลการทดลองเมื่อนำซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโนเนียมาวัดจุดเดือด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดว่าสารที่มีมวลโมเลกุลสูงจะมีจุดเดือดสูง ซิลิคอนเตตระไฮไดรด์จึงมีจุดเดือดสูงกว่าแอมโมเนีย แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่พิจารณาปัจจัยในด้านสภาพขั้วและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่มีผลต่อจุดเดือดของโมเลกุลโคเวเลนต์ (ดังแผนภาพที่ 25) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่พิจารณาจุดเดือดจากมวลโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ ทำให้อธิบายจุดเดือดของสารโคเวเลนต์ไม่ถูกต้อง



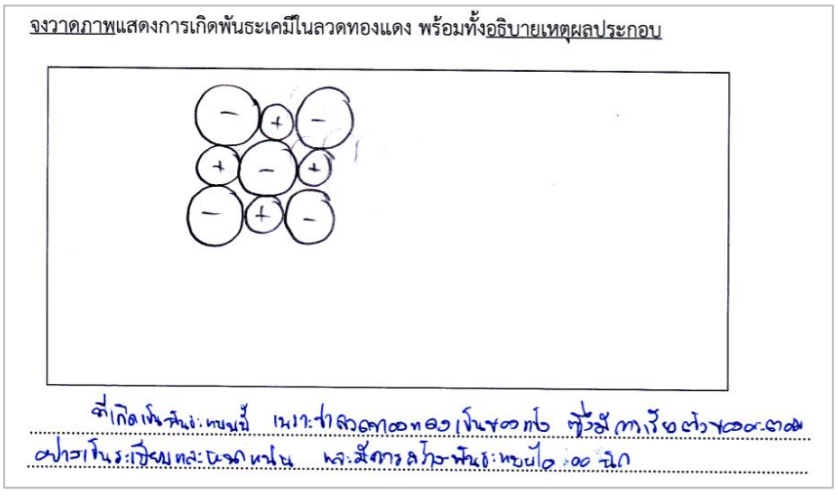
สาร	มวลโมเลกุล
SiH_4	32
NH_3	17

หากทำการทดลองนำสารทั้งสองชนิดมาวัดจุดเดือด นักเรียนคิดว่าผลการทดลองควรเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น จงอธิบายและวาดภาพแสดงเหตุผลประกอบ

SiH_4 ควรได้จุดเดือดที่สูงกว่า NH_3 เพราะ SiH_4 มีมวลโมเลกุล 32 ส่วน NH_3 มีมวล 17 ทำให้จุดเดือดจะต่ำ มากที่มีน้ำหนักได้ต่ำ

แผนภาพที่ 25 นักเรียนอธิบายผลการทดลองเมื่อนำซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโนเนียมาวัดจุดเดือด

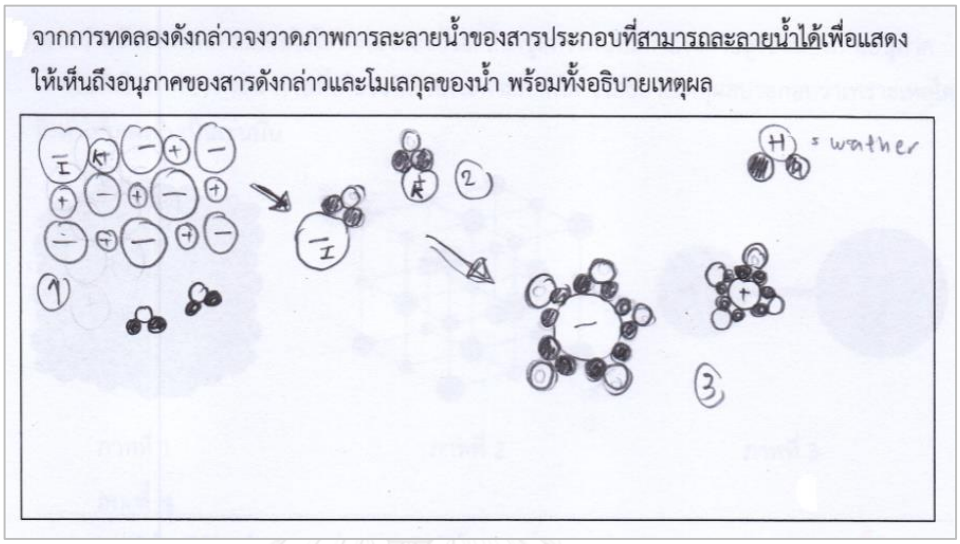
2) เมื่อให้นักเรียนวาดภาพแสดงการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดง พบว่า นักเรียนวาดภาพประจุบวกและประจุลบจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ และอธิบายว่าลวดทองแดงเป็นของแข็งและมีการสร้างพันธะไอออนิก (ดังแผนภาพที่ 26) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Coll & Treagust (2003) ซึ่งพบว่า มีนักเรียนบางส่วนเข้าใจว่าในลวดทองแดงมีไอออนอยู่จึงทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านได้



จงวาดภาพแสดงการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

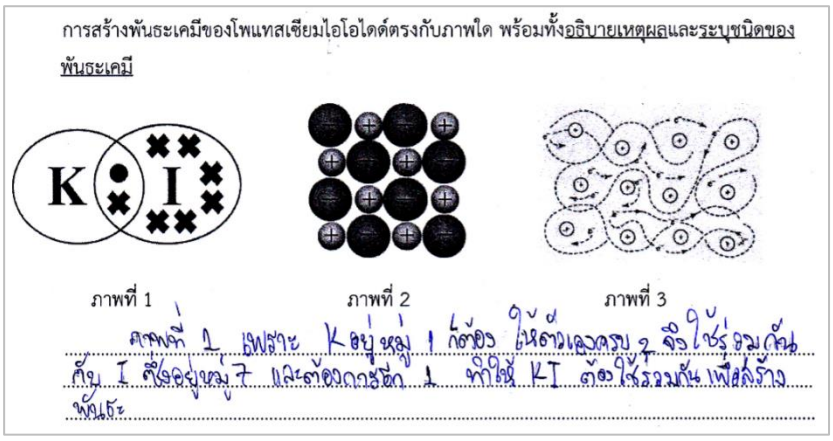
แผนภาพที่ 26 นักเรียนแสดงการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดง

3) เมื่อให้นักเรียนแสดงภาพการละลายน้ำของสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์ พบว่า นักเรียนแสดงภาพโมเลกุลของน้ำโดยหันอะตอมของออกซิเจนเข้าหาโพแทสเซียมไอออนและไอโอไดด์ไอออน แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่คำนึงถึงประจุของไอออนแต่ละชนิด ดังแผนภาพที่ 27



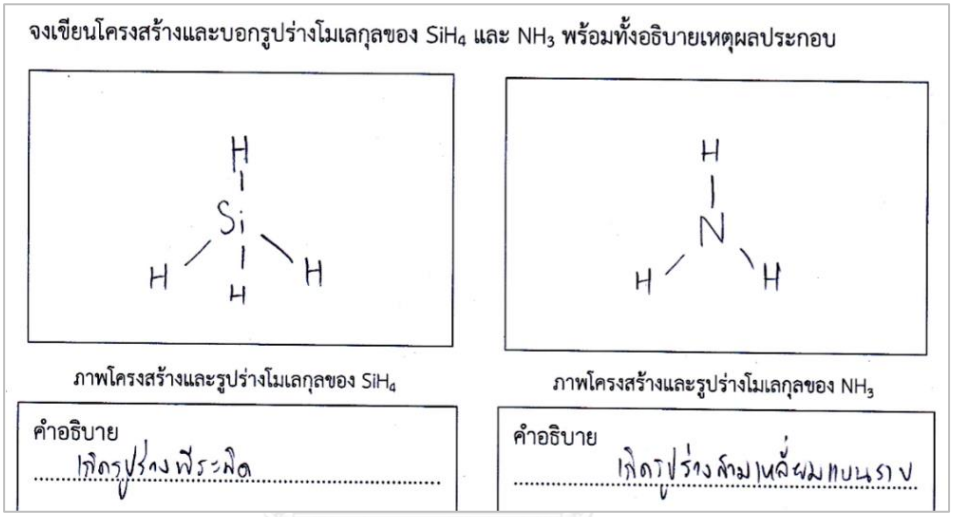
แผนภาพที่ 27 นักเรียนแสดงการละลายน้ำของสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์

4) เมื่อให้นักเรียนอธิบายการเกิดพันธะของสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์ พบว่า มีนักเรียนบางส่วนแสดงตัวแทนความคิดโดยเลือกภาพการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมโพแทสเซียมและไอโดดีน (ดังแผนภาพที่ 28) แสดงให้เห็นวานักเรียนไม่เข้าใจการเกิดพันธะเคมีแต่ละชนิด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vrabec & Proksa (2016) ซึ่งพบว่า นักเรียนมักจะอธิบายการเกิดพันธะเคมีโดยใช้กรอบแนวคิดของกฎออกเตตด้วยการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน



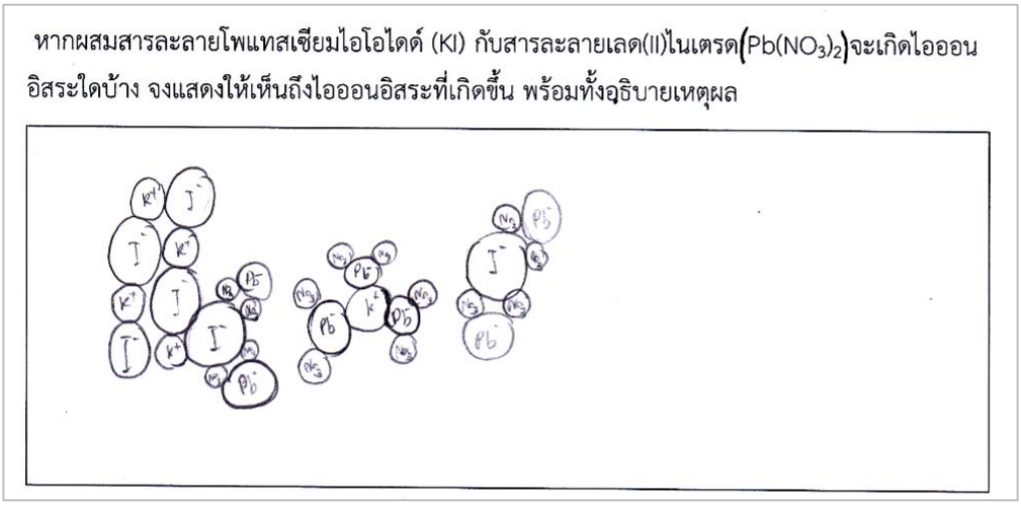
แผนภาพที่ 28 นักเรียนแสดงการเกิดพันธะเคมีของสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์

5) เมื่อให้นักเรียนแสดงโครงสร้างและระบุรูปร่างโมเลกุล พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แสดงรูปร่างโมเลกุลของซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโมเนียโดยพิจารณาเพียงแต่จำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ ทำให้แสดงโครงสร้างและรูปร่างโมเลกุลไม่ถูกต้อง (ดังแผนภาพที่ 29) แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่คำนึงถึงการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะและอิทธิพลของแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะรวมถึงอิทธิพลระหว่างอิทธิพลของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวและอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) ซึ่งพบว่า นักเรียนมีแนวคิดทางเลือกโดยกล่าวว่ารูปร่างโมเลกุลเกิดจากแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะเพียงอย่างเดียว



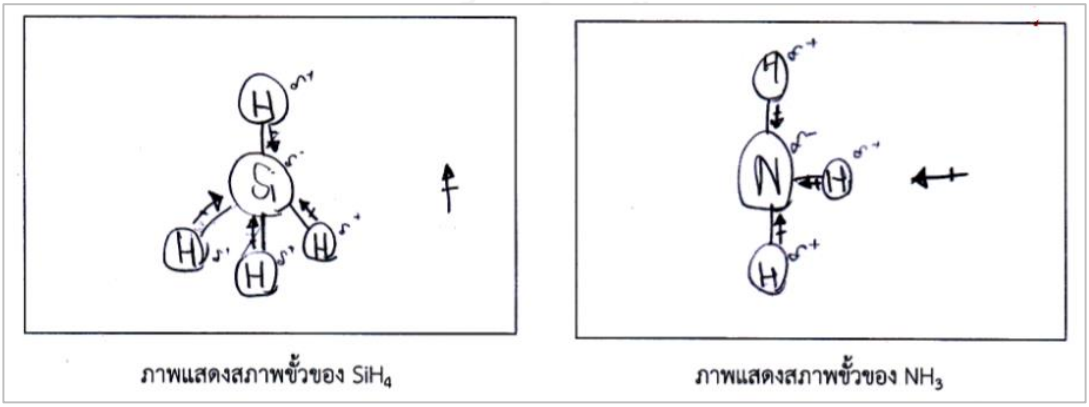
แผนภาพที่ 29 นักเรียนแสดงรูปร่างโมเลกุลของซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโมเนีย

6) เมื่อให้นักเรียนแสดงไอออนอิสระของปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก พบว่านักเรียนส่วนใหญ่แสดงไอออนที่ดึงดูดกันโดยไม่คำนึงถึงการเป็นไอออนอิสระ แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิกและการแสดงสมการไอออนิก ดังแผนภาพที่ 30



แผนภาพที่ 30 นักเรียนแสดงไอออนอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์และสารละลายเลด(II)ไนเตรด

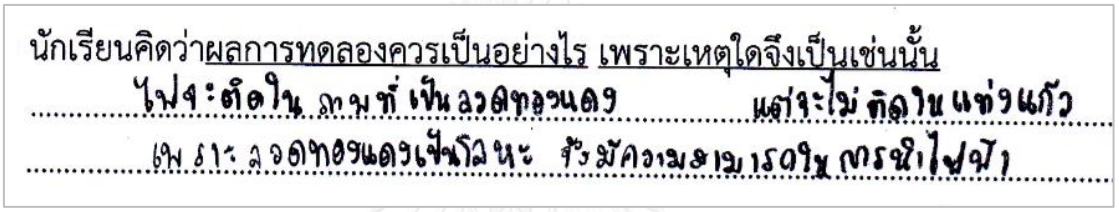
7) เมื่อให้นักเรียนแสดงสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ พบว่า นักเรียนบางส่วนไม่ได้แสดงรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ก่อนที่จะพิจารณาสภาพขั้วของพันธะส่งผลให้แสดงสภาพขั้วของโมเลกุลซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโมเนียไม่ถูกต้อง แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่เข้าใจการพิจารณาสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ เช่น การรวมทิศของเวกเตอร์ (ดังแผนภาพที่ 31) สอดคล้องกับงานวิจัยของชาตรี ฝ่ายคำตา (2551) ซึ่งพบว่า นักเรียนมีแนวคิดทางเลือกโดยอธิบายว่าโมเลกุลมีขั้วเกิดขึ้นจากการสร้างพันธะกันระหว่างอะตอมที่ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีเท่ากันเพียงเท่านั้น



แผนภาพที่ 31 นักเรียนแสดงสภาพขั้วของโมเลกุลซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโมเนีย

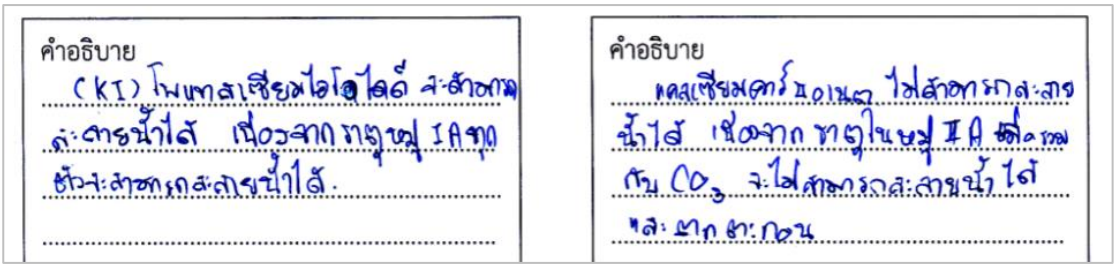
3. นักเรียนเลือกที่จะใช้วิธีท่องจำในการเรียนเคมีจึงไม่สามารถอธิบายถึงสาเหตุที่แท้จริงของปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ ตัวอย่างเช่น

1) เมื่อให้นักเรียนอธิบายผลการทดลองจากการนำลวดทองแดงและแท่งแก้วมาต่อเข้ากับแบตเตอรี่และหลอดไฟ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายว่าหลอดไฟที่ต่อกับวงจรไฟฟ้าที่ต่อกับทองแดงจะเกิดไฟสว่างขึ้นเนื่องจากทองแดงมีสมบัติเป็นโลหะสามารถนำไฟฟ้าได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนใช้การท่องจำในการอธิบายการนำไฟฟ้าของโลหะ โดยไม่พิจารณาถึงสาเหตุของการนำไฟฟ้าคือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (ดังแผนภาพที่ 32) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ซึ่งพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เรียนรู้เรื่องการนำไฟฟ้าของโลหะด้วยการท่องจำเพียงลักษณะใดลักษณะหนึ่งของการนำไฟฟ้าที่พบในชีวิตประจำวัน



แผนภาพที่ 32 นักเรียนอธิบายผลการทดลองเมื่อนำลวดทองแดงและแท่งแก้วมาต่อเข้ากับแบตเตอรี่และหลอดไฟ

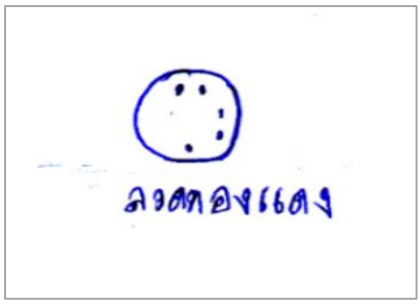
2) เมื่อให้นักเรียนทำนายผลการละลายน้ำจากการทดลองนำสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์และแคลเซียมคาร์บอเนตมาละลายน้ำ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายว่าสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์จะละลายน้ำเนื่องจากเป็นสารประกอบที่มีธาตุโพแทสเซียมซึ่งอยู่หมู่ที่ 1 เป็นองค์ประกอบ ส่วนสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตจะไม่ละลายน้ำเนื่องจากธาตุแคลเซียมซึ่งอยู่ในหมู่ที่ 2 เมื่อรวมกับอนุมูลกลุ่มแคลเซียมคาร์บอเนตจะทำให้ไม่สามารถละลายน้ำได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนใช้วิธีการท่องจำในการอธิบายการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิก โดยไม่พิจารณาถึงการเกิดพลังงานในการละลายคือพลังงานแลตทิซและพลังงานไฮเดรชันรวมถึงความแข็งแรงของพันธะเคมีในสารประกอบ ดังแผนภาพที่ 33



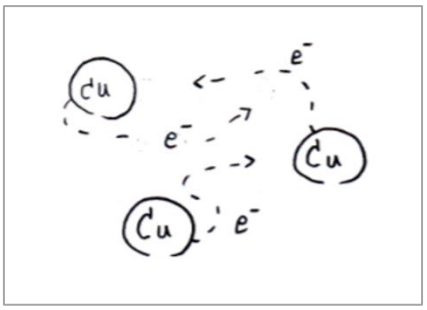
แผนภาพที่ 33 นักเรียนอธิบายผลการทดลองเมื่อนำสารประกอบโพแทสเซียมไอไอไดด์และแคลเซียมคาร์บอเนตมาละลายน้ำ

4. นักเรียนขาดการคิดเชิงจินตนาการ ในการแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคโดยใช้การวาดภาพ รวมถึงการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ เนื่องจากการจินตนาการเป็นความสามารถในการคิดถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ได้จากการรับรู้อย่างมีเหตุผล (Pylyshyn, 2003) โดยการนึกภาพและสร้างภาพเคลื่อนไหวที่ทำให้มองเห็นถึงสถานการณ์ (Block, 1981) ดังนั้นการคิดเชิงจินตนาการสามารถพิจารณาได้จาก 1) สามารถตีความหมายข้อมูลที่ได้รับเป็นภาพในใจเพื่อทำความเข้าใจในเรื่องที่เกิดขึ้นได้ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2545) 2) สามารถแสดงภาพที่สื่อถึงการเคลื่อนไหวซึ่งทำให้มองเห็นสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความจริงได้ (Block, 1981) การคิดเชิงจินตนาการจึงมีความสำคัญในการแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาค เนื่องจากเป็นการแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้แนวคิดทางเคมีร่วมกับการจินตนาการเพื่อวาดภาพโครงสร้างทางเคมี หรือการเคลื่อนที่ของอนุภาคต่าง ๆ

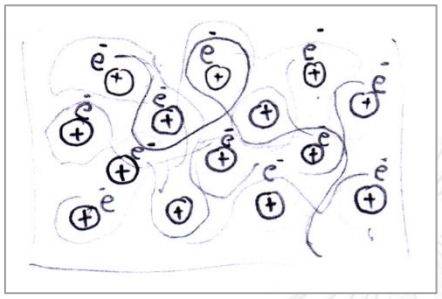
เมื่อให้นักเรียนวาดภาพการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดง พบว่า นักเรียนแสดงการเกิดพันธะโลหะในโลหะทองแดงไม่ถูกต้อง แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถตีความหมายข้อมูลเป็นภาพวาดในการเกิดพันธะโลหะได้ สังเกตได้จากภาพที่ไม่แสดงถึงการเกิดพันธะเคมี ซึ่งต้องแสดงการเคลื่อนไหวและแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนและประจุบวกในนิวเคลียสของอะตอมโลหะทองแดง (ดังภาพ ก ในแผนภาพที่ 34) สอดคล้องกับงานวิจัยของณัชธฤต เกื้อทาน (2557) ซึ่งพบว่า การที่นักเรียนจะมีแบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง นักเรียนต้องสามารถจินตนาการเพื่อสร้างคำทำนายและอธิบายถึงความเชื่อมโยงของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ



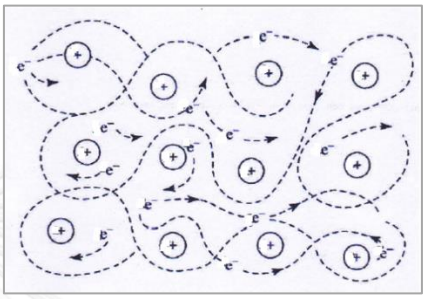
ภาพ ก



ภาพ ข



ภาพ ค



ภาค ง

แผนภาพที่ 34 ผลงานการแสดงการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดงของนักเรียน

จากแผนภาพที่ 34 แสดงผลงานนักเรียนที่แสดงการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดง เมื่อพิจารณาในภาพ ก แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานในเรื่องการเกิดพันธะโลหะแต่ขาดการคิดเชิงจินตนาการ กล่าวคือ นักเรียนทราบว่าในลวดทองแดงมีการกระจายตัวของอิเล็กตรอนแต่ไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงการเกิดพันธะโลหะซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับประจุบวกในนิวเคลียสของอะตอมทองแดง โดยนักเรียนแสดงให้เห็นเพียงการกระจายตัวของอิเล็กตรอนในหน้าตัดของลวดทองแดงซึ่งไม่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

เมื่อพิจารณาภาพ ข แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานในเรื่องการเกิดพันธะโลหะและมีการคิดเชิงจินตนาการแต่ยังไม่สมบูรณ์ กล่าวคือ นักเรียนทราบว่าการเกิดพันธะโลหะในลวดทองแดงมีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนแต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับประจุบวกในนิวเคลียสของอะตอมทองแดง โดยนักเรียนแสดงให้เห็นเพียงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและอะตอมของโลหะทองแดงซึ่งไม่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

เมื่อพิจารณาภาพ ค แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานในเรื่องการเกิดพันธะโลหะและมีการคิดเชิงจินตนาการ กล่าวคือ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับประจุบวกในนิวเคลียสของอะตอมทองแดงที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ดังภาพ ง ซึ่งเป็นภาพการเกิดพันธะโลหะในลวดทองแดงที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางเคมีที่ถูกต้อง

ดังนั้นนักเรียนที่ขาดการคิดเชิงจินตนาการมีความแตกต่างกับนักเรียนที่ขาดความรู้พื้นฐานในการเรียนเรื่องพันธะเคมี คือนักเรียนที่ขาดการคิดเชิงจินตนาการจะไม่สามารถแสดงภาพที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ในขณะที่นักเรียนที่ขาดความรู้พื้นฐานในการเรียนพันธะเคมีจะสามารถแสดงภาพออกมาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ดังคำกล่าวที่ว่าจินตนาการสำคัญกว่าความรู้ (Einstein, 1931)

5. นักเรียนขาดทักษะทางภาษาในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) เนื่องจากการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และการให้เหตุผล (Bayer & Davis, 2008) ซึ่งคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) (McNeill et al., 2006) ตัวอย่างเช่น เมื่อให้สถานการณ์การต่อวงจรไฟฟ้าด้วยลวดทองแดงและให้นักเรียนเขียนอธิบายการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดง นักเรียนเขียนว่า “เกิดพันธะโลหะเพราะเกิดจากการที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว” แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่ได้แสดงส่วนของข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน นักเรียนแสดงเพียงการให้เหตุผลบางส่วนซึ่งยังไม่สมบูรณ์ ทำให้นักเรียนไม่สามารถแสดงความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องพันธะโลหะได้ถูกต้อง

1.2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 สอดคล้องกับการวิจัยของ Jaber & BouJaoude (2012) ที่ได้ศึกษาการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์เพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ในวิชาเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับและเชื่อมโยงตัวแทนความคิดได้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีขั้นตอนที่ฝึกให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ โดยมีขั้นตอนให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคถึง 2 ครั้ง โดยในขั้นที่ 2 การบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค นักเรียนได้แสดง

ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคจากการสังเกตปรากฏการณ์ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนและในขั้นที่ 5 การสะท้อนความแตกต่างด้วยมโนทัศน์ที่มีมาก่อน นักเรียนได้ระบุแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและได้ปรับปรุงแก้ไขตัวแทนความคิดระดับจุลภาคให้ถูกต้อง ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมได้แสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคเพียงครั้งเดียวในขั้นการสร้างคำอธิบาย ซึ่งตัวแทนความคิดระดับจุลภาคมีความสำคัญต่อความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมี เนื่องจากเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ นักเรียนต้องใช้ความสามารถในการแสดงความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีด้วยการวาดภาพที่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางเคมี

2. การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีมีขั้นตอนในการพัฒนาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นลำดับต่อเนื่อง โดยในขั้นที่ 1 การสังเกตปรากฏการณ์ นักเรียนได้แสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาคด้วยการวาดภาพและอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ในขั้นที่ 2 นักเรียนได้แสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคด้วยการวาดภาพและอธิบายปรากฏการณ์ในระดับจุลภาคและในขั้นที่ 6 การเชื่อมโยงไปสู่การคิดระดับอื่น นักเรียนได้แสดงตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์และได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ ทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองได้ฝึกการแสดงตัวแทนความคิดอย่างเป็นลำดับต่อเนื่องมากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบได้แสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ ในขั้นการสร้างคำอธิบายเพียงขั้นตอนเดียว สอดคล้องกับการวิจัยของ Tien (1999) ซึ่งได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE ซึ่งมีขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองในการสอนวิชาเคมีแก่นักศึกษามหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 จากประเด็นดังกล่าวจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

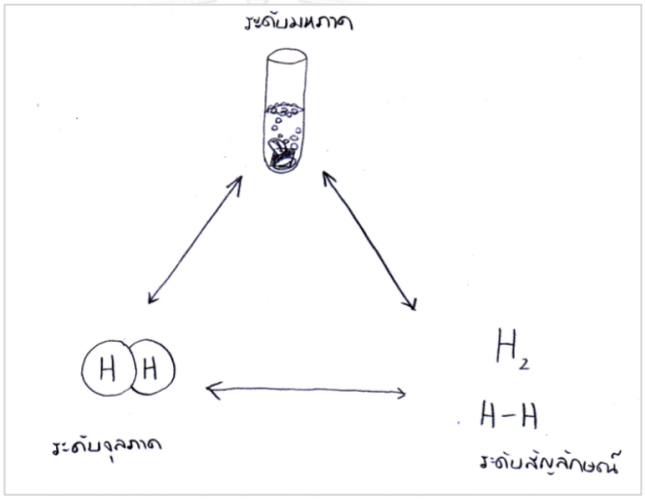
2. เจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

2.1 การศึกษาเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีหลังเรียนอยู่ในระดับดีมากซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 สอดคล้องกับ Savec, Savojic & Grm (2009) ที่ได้ศึกษาการใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพ พบว่านักเรียนมีความสนใจในการเรียนเคมีมากขึ้น การที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีอยู่ในระดับดีมากทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการ

สร้างมโนภาพทางเคมีที่ใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลองส่งเสริมให้นักเรียนมีคุณลักษณะสำคัญ 4 ประการ ดังต่อไปนี้ คือ

1) นักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมีจากกิจกรรมในขั้นที่ 6 การเชื่อมโยงไปสู่การคิดระดับอื่น ซึ่งนักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ จะเห็นได้จากใบกิจกรรมซึ่งนักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ (ดังแผนภาพที่ 35) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Salta & Tzougraki (2004) ที่พบว่า การที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของบทเรียนเคมีไปสู่มโนทัศน์และสัญลักษณ์ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการเรียนรู้เคมี และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ มรีจิ คงทรัตน์ (2553) ซึ่งพบว่า การใช้แนวเทียบในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญและคุณค่าของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์



แผนภาพที่ 35 นักเรียนแสดงความเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับในใบกิจกรรม

2) นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้เคมีจากกิจกรรมในขั้นที่ 1 การสังเกตปรากฏการณ์ เมื่อนักเรียนสังเกตปรากฏการณ์ทางเคมีจากคลิปวีดิโอหรือการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนได้ทำนายหรือคาดคะเนผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยใช้ความรู้ทางเคมีมาอธิบาย ซึ่งช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากเรียนรู้และอาจมองเรื่องที่จะศึกษาต่อไปเป็นเรื่องที่สนุกสนานน่าติดตามหาคำตอบ กิจกรรมในขั้นที่ 2 การบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค นักเรียนได้จินตนาการ ในการวาดภาพโครงสร้างทางเคมี กิจกรรมในขั้นที่ 3 การอภิปรายร่วมกับเพื่อน นักเรียนได้แลกเปลี่ยนการให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับตัวแทนความคิดระดับจุลภาคซึ่งกันและ

กัน ทำให้นักเรียนเกิดความสงสัยว่าเพราะเหตุใดตัวแทนความคิดของตนเองและของเพื่อนจึงไม่เหมือนกัน จึงเกิดความสนใจที่จะหาคำตอบ กิจกรรมในขั้นที่ 4 นักเรียนได้เปรียบเทียบโครงสร้างทางเคมีของตนเองและจากภาพเคลื่อนไหว ทำให้นักเรียนทราบว่าโครงสร้างเคมีของตนเองมีความคลาดเคลื่อนอย่างไร แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้นตอนดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้เคมีสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Savec, Savojic & Grm (2009) ซึ่งพบว่าการสอนโดยใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับตัวแทนความคิดที่หลากหลายทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนเคมีมากขึ้น รวมทั้งสอดคล้องกับผลการวิจัยของมรีจิ คงทรัตน์ (2553) ซึ่งพบว่าการใช้แนวเทียบในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3) นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของการเรียนรู้เคมีจากกิจกรรมในขั้นที่ 6 การเชื่อมโยงไปสู่การคิดระดับอื่น นักเรียนได้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์จากปรากฏการณ์ทางเคมี ทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของการเรียนรู้เคมีและทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกในเคมี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tasker & Dalton (2018) ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีทำให้นักเรียนได้พิจารณาถึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ

4) นักเรียนเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้จากกิจกรรมในขั้นที่ 7 การปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ใหม่ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Salta & Tzougraki (2004) ที่พบว่า การที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของบทเรียนเคมีไปสู่มโนทัศน์และสัญลักษณ์ทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนเคมีไปใช้ในชีวิตประจำวัน

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีส่งเสริมให้นักเรียนเกิดคุณลักษณะสำคัญ 4 ประการ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี จากประเด็นดังกล่าวจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีจัดอยู่ในระดับดีมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 การเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 และเมื่อพิจารณาในส่วนของลักษณะของเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีสูงกว่ากลุ่มควบคุมในทุกลักษณะ สอดคล้องกับการวิจัยของ Tien (1999) ซึ่งได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง MORE ซึ่งมีขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองในการสอนวิชาเคมีแก่นักศึกษามหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองเกิดแรงจูงใจ (motivate) ในการเรียนรู้เคมีมากกว่ากลุ่มทดลอง เนื่องจากการใช้กระบวนการสร้างมโนภาพทางเคมีทำให้นักเรียนฝึกการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างมีลำดับขั้นตอนซึ่งมีความเฉพาะเจาะจงในการแสดงตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ อีกทั้งยังมีกิจกรรมที่นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น การให้ข้อมูลย้อนกลับ และการอภิปรายร่วมกันมากกว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งการมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้จะส่งผลให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ (Ushida, 2005) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tasker & Dalton (208) ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการพิจารณาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงสอดคล้องกับการวิจัยของ มรีจิ คงทรัตน์ (2553) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า กระบวนการสร้างมโนภาพทางเคมีอาจมีส่วนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เคมีทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีไปใช้ ครูผู้สอนจะต้องสำรวจความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนเรื่องพันธะเคมี แนวคิดทางเลือก แนวคิดที่คลาดเคลื่อน ความสามารถในการคิดเชิงจินตนาการ และทักษะการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์เนื่องจากเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

2. การนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีไปใช้ ต้องใช้เวลาในการพัฒนาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพอสมควร เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าในสัปดาห์ที่ 4 จะสามารถเห็นพัฒนาการในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนั้นครูผู้สอนอาจจะต้องมีความอดทนในการใช้แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีเพื่อพัฒนาตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

3. การนำแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ไปปรับใช้ นักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานเรื่องโครงสร้างอะตอม ความสามารถในการคิดเชิงจินตนาการและการเขียนอธิบาย จึงจะสามารถตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนได้ และครูผู้สอนควรออกแบบแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องระหว่างมโนทัศน์ทางเคมีที่ต้องการวัดและระดับของตัวแทนความคิด

4. การนำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีไปปรับใช้ นักเรียนจะต้องเข้าใจถึงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์และสร้างมโนภาพทางเคมี เนื่องจากแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีผู้วิจัยได้สร้างให้สอดคล้องกับขั้นตอนการพัฒนาตัวแทนความคิดจากการสร้างมโนภาพทางเคมี

5. ครูควรมีการเตรียมใบกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนซึ่งต้องสอดคล้องกับลำดับขั้นตอนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีในแต่ละคาบจึงจะ ช่วยให้ครูผู้สอนทราบพัฒนาการในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับและความเข้าใจมโนทัศน์เชิงลึกทางเคมีของนักเรียนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรมีการนำผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมีไปแก้ปัญหาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนหรือแนวคิดทางเลือก เนื่องจากมีขั้นตอนสำคัญในการพิจารณาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน คือขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยมโนทัศน์ที่มีมาก่อนจะช่วยแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและแนวคิดทางเลือกในวิชาเคมีของนักเรียนได้ หรืออาจนำการจัดการเรียนการสอนนี้ไปพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. ในการศึกษาเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีควรมีแบบสังเกตพฤติกรรม และแบบสัมภาษณ์เพื่อช่วยสนับสนุนข้อมูลที่ได้จากแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2544). *การคิดเชิงสร้างสรรค์*. กรุงเทพ: ซัคเซส มีเดีย.

โชติกา ภาษีผล และคณะ. (2558). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัชธฤต เกื้อทาน. (2557). *การพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงกมล บำรุงบ้านทุ่ม. (2555). *ตัวแทนความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเปรียบเทียบ (Analogy) ตามแนว FAR Guide*. บทความวิจัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (ออนไลน์). Retrieved 4 ธันวาคม 2558 จาก http://gsmis.gs.kku.ac.th/student/student_detail/535050062.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2558). *รู้เนื้อหาก่อนสอนเก่ง*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มรีจิ คงทรัตน์. (2553). *ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. รายงานการวิจัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัชนี เจนการ. (2557). *การพัฒนาความสามารถในการนำเสนอตัวแทนความคิดเรื่องประเภทของพอลิเมอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 6 โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย*. บทความวิจัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (ออนไลน์). Retrieved 4 ธันวาคม 2558 จาก http://gsbooks.gs.kku.ac.th/58/the34th/pdf/HMO28.pdf.

ล้วน สายยศ. (2543). *การวัดด้านจิตพิสัย*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (255). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ แนวทางสู่การเรียนการ*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สอนที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: อินเตอร์เอ็ดดูเคชั่น ซัพพลายด์.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (255). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2542). *กิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครู*. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.* กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อภิวัฒน์ ศรีกัณหา และปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2557). *การศึกษามโนมติและตัวแทนความคิด เรื่อง การเกิดพันธะไอออนิก ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนมติ*. บทความวิจัย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. Retrieved 15 กุมภาพันธ์ 2559 จาก www.tci-thaijo.org/index.php/EDGKKUJ/article/download/51573/42718.pdf.

ภาษาอังกฤษ

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, *33*(2), 131-152.

Bauer, C. F. (2008). Attitude toward chemistry: a semantic differential instrument for assessing curriculum impacts. *J. Chem. Educ*, *85*(10), 1440.

Beyer, C. J., & Davis, E. A. (2008). Fostering second graders' scientific explanations: beginning elementary teacher's knowledge, beliefs, and practice. *The Journal of the Learning Sciences*, *17*(3), 381-414.

Chittleborough, G. (2014). The Development of Theoretical Frameworks for Understanding the Learning of Chemistry. In *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (pp. 25-40). Springer Netherlands.

Coll, R. K., Dahsah, C., Chairam, S., & Jansoon, N. (2014). Fostering Active Chemistry Learning in Thailand: Toward a Learner-Centered Student Experiences. In *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (pp. 305-344). Springer Netherlands.

Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2001). Learners' mental models of chemical bonding.

Research in Science Education, *31*(3), 357-382.

Cheung, D. (2009). Students' attitudes toward chemistry lessons: The interaction effect between grade level and gender. *Research in Science Education*, *39*(1), 75-91.

Cuoco, A. A., & Curcio, F. R. (2001). *The roles of representation in school mathematics*. Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Curriculum Development Centre. (2005). Integrated curriculum for secondary schools curriculum specifications, Chemistry form 4. Last retrieved on (15 July 2016) from http://www.smkpp14.net/web_documents/hsp_chemistry_f4.pdf.

Dalton, R. M. (2003). *The development of students' mental models of chemical substances and processes at the molecular level.* PhD Thesis, University of Western Sydney.

Devetak, I., & Glažar, S. A. (2014). Educational Models and Differences between Groups of 16-year-old Students in Gender, Motivation, and Achievements in Chemistry. In *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (pp. 103-126). Springer Netherlands.

Einstein, A. (1931). *Cosmic religion: With other opinions and aphorisms*. Covici-Friede.

Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemical education research: a look to the future. *Journal of Chemical Education, 76*, 548–554.

Gilbert, J.K. (2004). Model and Modeling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education* (2004) 2: 115–130

Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (Eds.) (2000). *Developing models in science education.* Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.

Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. In *Multiple representations in chemical education* (pp. 1-8). Springer Netherlands.

Gilbert, J. K. (2013). *Constructing worlds through science education: The selected works of John K. Gilbert*. Routledge.

Gilbert, J. K. (2007). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. *Visualization: Theory and Practice in Science Education: Theory and Practice in Science Education*, *3*, 1.

Gudyanga, E. & Madambi, T. (2014). Students' Misconceptions about Bonding and Chemical Structure in Chemistry. pp. 24-40. Last Retrieved on (20th November 2016) from http://ir.msu.ac.zw:8080/jspui/bitstream/11408/645/1/gudyanga2.pdf

Guttersrud, Ø. (2008). Mathematical Modelling in Upper Secondary Physics Education. Defining, Assessing and Improving Physics Students' Mathematical Modelling Competency. *Unpublished Ph. D thesis, University of Oslo, Department of Physics, Oslo*.

Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2011). High-school students' attitudes toward and interest in learning chemistry. *Educación química*, *22*, 90-102.

Jaber, L. Z., & BouJaoude, S. (2012). A macro–micro–symbolic teaching to promote relational understanding of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, *34*(7), 973-998.

Jegede, S. A. (2007). Students' anxiety towards the learning of chemistry in some Nigerian secondary schools. *Educational Research and Reviews*, *2*(7), 193.

Jong, J. K., Chiu, M. H. & Chung, S. L. (2015). The Use of Modeling-Based Text to Improve Students' Modeling Competencies. *Science Education*, 99, 5: 986-1018.

Johnstone A.H. and El-Banna H., (1986), Capacities, demands and processes – a predictive model for science education, *Education in Chemistry*, 23, 80-84.

Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: a changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education, 70*(9), 701–705.

Kahveci, A. (2015). Assessing high school students' attitudes toward chemistry with a shortened semantic differential. *Chemistry Education Research and Practice*, *16*(2), 283-292.

Khan, G. N., & Ali, A. (2012). Higher secondary school students' attitude towards chemistry. *Asian Social Science*, *8*(6), 165.

Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *The Journal of the Learning Sciences*, *9*(2), 105-143.

Mangieri, J., & Block, C. C. (2015). *Power Thinking: How the Way You Think Can Change the Way You Lead*. John Wiley & Sons.

Mayer R.E., (1997), Multimedia learning: are we asking the right questions? *Educational Psychologist,* 32, 1-19.

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.

Moreno R. and Mayer R.E., (2000), A learner-centered approach to multimedia explanations: deriving instructional design principles from cognitive theory, *Interactive Multimedia Electronic Journal of Computer-Enhanced Learning*. 2.

Najdi, S. (2009). Students Attitude Toward Learning Chemistry.

Nordin, A. and Chin, M. T. (2010). *Pemahamaan Konsep Pelajar Tingkatan Empat Dalam Tajuk Ikatan Kimia Di Skudai Johor.* Pemahamaan Konsep Pelajar Tingkatan Empat Dalam Tajuk Ikatan Kimia Di Skudai Johor. pp. 1-10. Last Retrieved on (4th August 2012) from http://eprints.utm.my/11251/.

Nyunt, N. N., & Aye, M. M. (2015). The Attitude Towards Chemistry of Grade 10 Students. *Education Research Journal, 5*(1), 1-12.

Oliveira, D. K. B., Justi, R., & Mendonça, P. C. C. (2015). The Use of Representations and Argumentative and Explanatory Situations. *International Journal of Science Education*, (ahead-of-print), 1-34.

Oluwatelure, T. A., & Oloruntegbe, K. O. (2010). Effects of parental involvement on students' attitude and performance in science. *African Journal of Microbiology Research*, *4*(1), 1-9.

Paivio, A. (1990). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. New York: Oxford University Press.

Pozzer, L. L., & Roth , W. M. (2003). Prevalence, Function, and Structure of Photographs in High School Biology Textbooks *Journal of Research in Science Teaching, 40*(10), 1089-1144.

Taber, K. S. (2013). The Learner's Ideas. In *Modelling Learners and Learning in Science Education* (pp. 51-78). Springer Netherlands.

Taber, K. S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning. *Science Education*, *87*(5), 732-758.

Taber, K. S., & Coll, R. K. (2002). Bonding. In *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 213-234). Springer Netherlands.

Tan, K. D. & Treagust, D. F. (2001). Evaluating student's understanding of chemical bonding. School Science Review, *81*(294), 75-83.

Tasker, R., Dalton, R., Sleet, R., Bucat, B., Chia, W. and Corrigan, D. (2002). *Description of VisChem: Visualising Chemical Structures and Reactions at the Molecular Level to Develop a Deep Understanding of Chemistry Concepts.* Retrieved December 3, 2015 , from Learning Designs Web site: http://www.learningdesigns.uow.edu.au /exemplars/info/LD9/index.html

Tasker, R., & Dalton, R. (2006). Research into practice: visualisation of the molecular world using animations. *Chemistry Education Research and Practice, 7*, 141–159.

Tasker, R., & Dalton, R. (2008). Visualizing the molecular world–Design, evaluation, and use of animations. In *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 103-131). Springer Netherlands.

Tien, L. T. (1998). *fostering expert inquiry skills and beliefs about chemistry through the MORE laboratory experience*.

Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, *25*(11), 1353-1368.

Treagust, D. F. (2001). Group Writing Task in Chemistry to Enhance Students' Scientific

Explanations and Their Attitudes Toward Science. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, *24*(2), 7-20.

Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., & Waldrip, B. (2013). *Constructing representations to learn in science*. Springer Science & Business Media.

Salta, K., & Tzougraki, C. (2004). Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece. *Science Education*, *88*(4), 535-547

Savec, V. F., Sajovic, I., & Grm, K. S. W. (2009). *Action Research to Promote the Formation of Linkages by Chemistry Students Between the Macro, Submicro, and Symbolic Representational Levels* (pp. 309-331). Springer Netherlands.

Suárez, M. (2010). Scientific representation. *Philosophy Compass*, *5*(1), 91-101.

Sweller J., (1994), Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design, *Learning and Instruction,* 4, 295-312.

Ushida, Eiko. "The role of students' attitudes and motivation in second language learning in online language courses." *CALICO journal* (2005): 49-78.

Van Fraassen, B. C. (2010). Scientific representation: Paradoxes of perspective. *Analysis*, *70*(3), 511-514.

Waldrip, B., & Prain, V. (2013). Teachers' initial response to a representational focus. In *Constructing representations to learn in Science* (pp. 15-30). SensePublishers. Waldrip, B., Hubber, P. & Prain, V. (2013). Assessment. In *Constructing representations to learn in Science* (pp. 151-170). SensePublishers.

Waldrip, B., Hubber, P. & Prain, V. (2013). Assessment. In *Constructing representations to learn in Science* (pp. 151-170). SensePublishers.

Williamson, V. M. (2014). Teaching chemistry conceptually. In *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (pp. 193-208). Springer Netherlands.

Yunus, F. W., & Ali, Z. M. (2013). Attitude towards Learning Chemistry among Secondary School Students in Malaysia. *Journal Of Asian Behavioural Studies*, *3*(11), 1-11.

Yunus, F. W., & Ali, Z. M. (2012). Urban Students' Attitude towards Learning Chemistry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *68*, 295-304.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระยุทธ ลิ่วพรเจริญวงศ์	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์	สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ธนัฏฐา คงทน	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร.งามจิต ไพรงาม	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง	สาขาวัดและประเมินผลทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์	สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง	สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์
2. แบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ตัวอย่าง)

แบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้เป็นแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยสร้างขึ้นมาจากสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น

2. แบบวัดนี้เป็นแบบอัตนัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนเรื่อง พันธะเคมี ซึ่งประกอบด้วย 4 สถานการณ์ คือ

2.1 สถานการณ์ที่ 1 เกี่ยวกับลวดทองแดง

2.2 สถานการณ์ที่ 2 เกี่ยวกับสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์

2.3 สถานการณ์ที่ 3 เกี่ยวกับสารประกอบซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโมเนีย

2.4 สถานการณ์ที่ 4 เกี่ยวกับสารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย

3. แบบวัดฉบับนี้เป็นแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาเกณฑ์การให้คะแนน ข้อที่ 1 จำนวน 6 คะแนน ข้อที่ 2 จำนวน 15 คะแนน ข้อที่ 3 จำนวน 12 คะแนน และข้อที่ 4 จำนวน 3 คะแนน มีคะแนนเต็ม 36 คะแนน

4. ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น และเลขที่ ลงในข้อสอบทุกหน้า

5. กำหนดระยะเวลาในการทำแบบวัด 60 นาที

ชื่อ_____นามสกุล_____ ชั้น_____ เลขที่_____

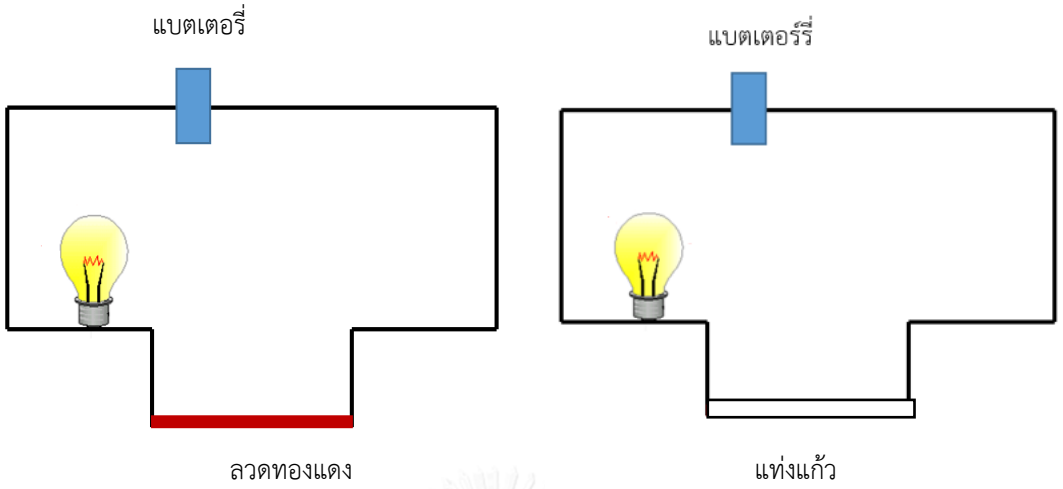
ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	6	
2	15	
3	12	
4	3	
รวม	**36**	

ระดับตัวแทนความคิดทาง

❑ ระดับ**คำอธิบาย**

โครงสร้างโมเลกุลของ SiH_4 ประกอบด้วยอิเล็กตรอนคู่ร่วม

❶ เมื่อทดลองนำลวดทองแดง (Cu) และแท่งแก้วมาต่อเข้ากับแบตเตอรี่และหลอดไฟ ดังภาพ

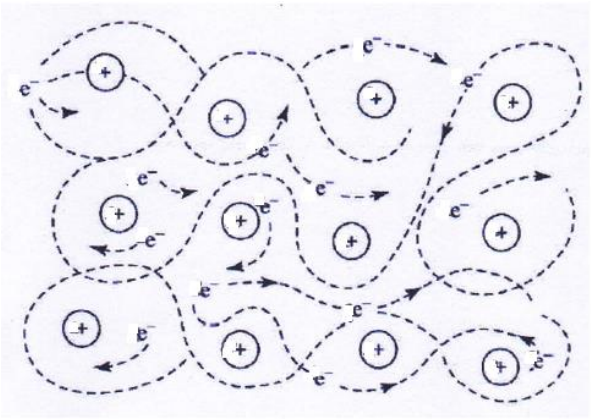


1.1) นักเรียนคิดว่าผลการทดลองควรเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

วงจรไฟฟ้าที่ต่อกับลวดทองแดงจะทำให้หลอดไฟสว่างขึ้น เนื่องจากลวดทองแดงมีสมบัติเป็นโลหะ อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ภายในลวดทองแดงทำให้มีสมบัติสามารถนำไฟฟ้าได้ ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าหลอดไฟจึงสว่างขึ้น ในขณะที่แก้วมีสมบัติเป็นกึ่งโลหะ มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่น้อยกว่า ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าน้อยส่งผลให้หลอดไฟมีความสว่างน้อยกว่า

1.2) จงวาดภาพแสดงการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

Chulalongkorn University

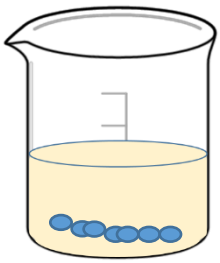


ทองแดงเป็นโลหะจึงเสียอิเล็กตรอนได้ง่าย เกิดการเสียเวเลนซ์อิเล็กตรอนไป 1 อิเล็กตรอน จึงเกิดเป็นคอปเปอร์(I)ไอออน กลุ่มเวเลนซ์อิเล็กตรอนจึงเคลื่อนที่เป็นอิสระไปทั่วทั้งลวดทองแดง ขณะเดียวกันก็จะเกิดแรงดึงดูดระหว่างเวเลนซ์อิเล็กตรอนและไอออนบวกของโลหะ คล้ายทะเลอิเล็กตรอน

❷ จากการทดลองนำสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) มาละลายน้ำ ดังภาพ

2.1) จงทำนายผลการละลายน้ำของสารทั้งสองชนิด โดยเขียนเติมข้อมูลแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นลงในภาพ ก. และ ภาพ ข. ที่กำหนด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

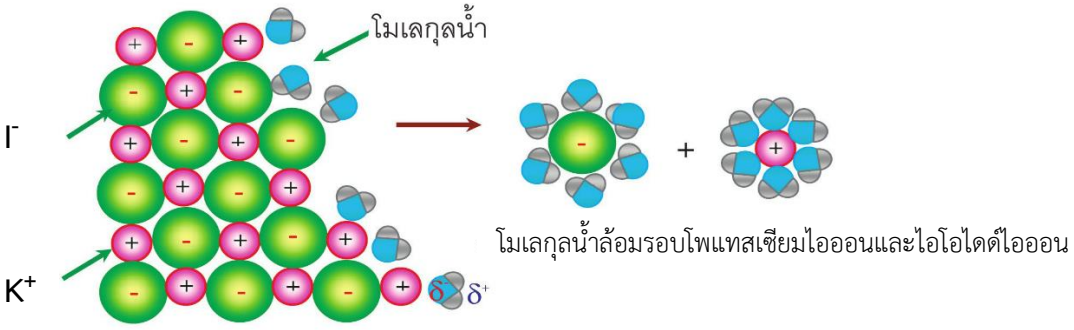
ภาพ ก. แสดงการละลายน้ำของโพแทสเซียมไอโอไดด์



ภาพ ข. แสดงการละลายน้ำของแคลเซียมคาร์บอเนต

โพแทสเซียมไอโอไดด์จะสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าแคลเซียมคาร์บอเนต เนื่องจากโพแทสเซียมไอออนยึดเหนี่ยวไอโอไดด์ไอออนด้วยแรงที่ไม่สูงมาก ผลึกไอออนิกจึงแตกตัวเป็นไอออนในสถานะแก๊สด้วยพลังงานแลตทิซและไอออนในสถานะแก๊สถูกล้อมล้อมด้วยน้ำด้วยพลังงานไฮเดรชัน ในส่วนของแคลเซียมคาร์บอเนตจะละลายน้ำได้น้อยหรือไม่ละลายน้ำเนื่องจากแคลเซียมไอออนและคาร์บอเนตไอออนยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงสูงมากจึงไม่สามารถเกิดพลังงานแลตทิซและพลังงานไฮเดรชัน

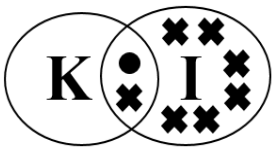
2.2) จากการทดลองดังกล่าวจงวาดภาพการละลายน้ำของสารประกอบที่สามารถละลายน้ำได้เพื่อแสดงให้เห็นถึงอนุภาคของสารดังกล่าวและโมเลกุลของน้ำ พร้อมทั้งอธิบาย



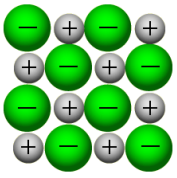
โมเลกุลน้ำล้อมรอบโพแทสเซียมไอออนและไอโอไดด์ไอออน

ผลึกโพแทสเซียมไอโอไดด์

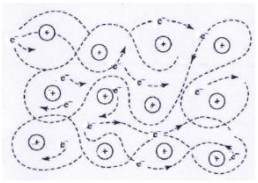
2.3) การสร้างพันธะเคมีของโพแทสเซียมไอโอไดด์ตรงกับภาพใด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลและระบุชนิดของพันธะเคมี



ภาพที่ 1



ภาพที่ 2

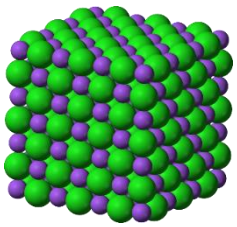


ภาพที่ 3

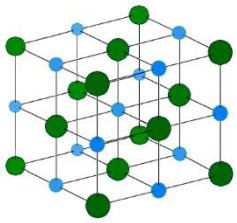
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตรงกับภาพที่ 2 เนื่องจากพันธะเคมีของโพแทสเซียมไอโอไดด์เป็นพันธะไอออนิกซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโพแทสเซียมไอออน (+1) และไอโอไดด์ไอออน (-1) กลายเป็นผลึกของโพแทสเซียมไอโอไดด์

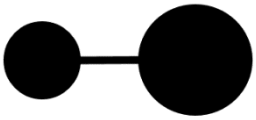
2.4) หากนำผลึกของโพแทสเซียมไอโอไดด์มาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงจนมองเห็นอนุภาคภายในที่เป็นองค์ประกอบ ภาพที่เห็นจะมีลักษณะตามภาพใด จงอธิบายเหตุผลประกอบว่าเพราะเหตุใดจึงทำให้มองเห็นเป็นเช่นนั้น



ภาพที่ 1



ภาพที่ 2



ภาพที่ 3

ภาพที่ 1 เป็นผลึกโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่เกิดจากโพแทสเซียมไอออนซึ่งมีขนาดเล็กดึงดูดกับไอโอไดด์ไอออนซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า หรืออาจจะเป็นภาพที่ 2 ที่แสดงโครงสร้างผลึกชนิดโซเดียมคลอไรด์ รูปร่างเป็นทรงเหลี่ยมแปดหน้า โดยโพแทสเซียมไอออนแต่ละไอออนจะถูกล้อมรอบด้วยไอโอไดด์ไอออนจำนวน 6 ไอออน และไอโอไดด์ไอออนแต่ละไอออนก็จะถูกล้อมรอบด้วยโพแทสเซียมไอออนจำนวน 6 ไอออนต่อเนื่องกันไป

2.5) หากผสมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) กับสารละลายเลด(II)ไนเตรด $Pb(NO_3)_2$ จะเกิดไอออนอิสระใดบ้าง จงแสดงให้เห็นถึงไอออนอิสระที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

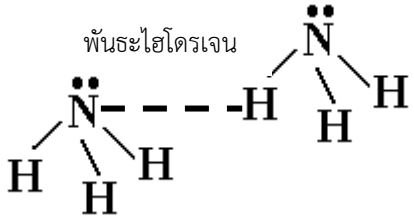
$$2K^+(aq) + 2I^-(aq) + Pb^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq) \longrightarrow PbI_2(s) + 2K^+(aq) + 2NO_3^-(aq)$$

❸ จงพิจารณาข้อมูลต่อไปนี้

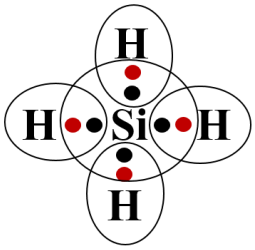
สาร	**มวลโมเลกุล**
SiH_4	32
NH_3	17

3.1) หากทำการทดลองนำสารทั้งสองชนิดมาวัดจุดเดือด นักเรียนคิดว่าผลการทดลองควรเป็นอย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น จงอธิบายและวาดภาพแสดงเหตุผลประกอบ

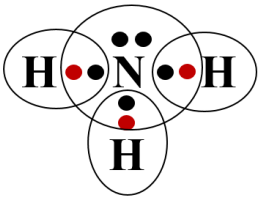
ผลการทดลอง คือ NH_3 มีจุดเดือดสูงกว่า SiH_4 เนื่องจาก NH_3 เป็นโมเลกุลมีขั้วจึงทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมาก ส่งผลให้จุดเดือดของ NH_3 สูง ประกอบกับโมเลกุล NH_3 มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลชนิดพันธะไฮโดรเจน ทำให้จุดเดือดของ NH_3 สูงมาก ถึงแม้จะมีมวลโมเลกุลน้อยกว่า SiH_4 ก็ตาม จะเห็นได้จากแผนภาพแสดงพันธะไฮโดรเจน



3.2) จงวาดภาพและอธิบายเพื่อแสดงการเกิดพันธะเคมีของสารทั้งสองชนิด



ภาพ การเกิดพันธะเคมีของ SiH_4



ภาพ การเกิดพันธะเคมีของ NH_3

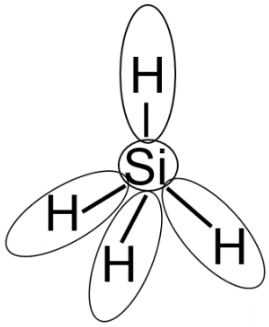
คำอธิบาย

SiH_4 เป็นพันธะโคเวเลนต์เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของเวเลนซ์อิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุซิลิคอน จำนวน 4 เวเลนซ์อิเล็กตรอน และอะตอมของธาตุไฮโดรเจน 4 อะตอม รวมเป็น 4 เวเลนซ์อิเล็กตรอน ซึ่งจะเกิดอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะทั้งหมด 4 คู่ ทำให้เกิดพันธะเดี่ยวจำนวน 4 พันธะ

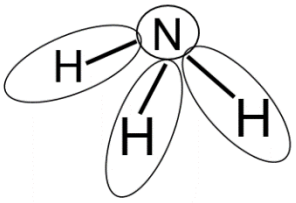
คำอธิบาย

NH_3 เป็นพันธะโคเวเลนต์เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของเวเลนซ์อิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุไนโตรเจน จำนวน 3 เวเลนซ์อิเล็กตรอน และอะตอมของธาตุไฮโดรเจน จำนวน 3 เวเลนซ์อิเล็กตรอน ซึ่งจะเกิดอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะทั้งหมด 3 คู่ ทำให้เกิดพันธะเดี่ยวจำนวน 3 พันธะ และมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจำนวน 1 คู่

3.3) จงเขียนโครงสร้างและบอกรูปร่างโมเลกุลของ SiH_4 และ NH_3 พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ



ภาพโครงสร้างและรูปร่างโมเลกุลของ SiH_4



ภาพโครงสร้างและรูปร่างโมเลกุลของ NH_3

คำอธิบาย

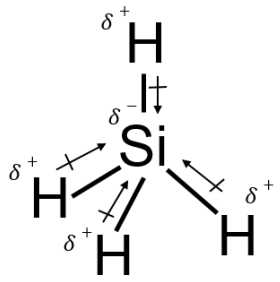
โครงสร้างโมเลกุลของ SiH_4 ประกอบด้วยอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะทั้งหมด 4 คู่ ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว จึงทำให้โมเลกุล SiH_4 มีรูปร่างทรงสี่หน้า

คำอธิบาย

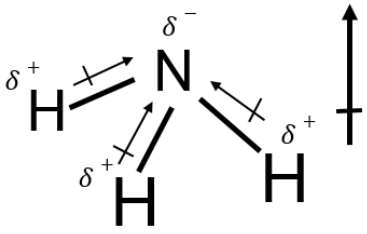
โครงร้างโมเลกุลของ NH_3 มีอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะทั้งหมด 3 คู่ และมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจำนวน 1 คู่ จึงทำให้โมเลกุล NH_3 มีรูปร่างพีระมิดฐานสามเหลี่ยม

3.4) สภาพขั้วของ SiH_4 และ NH_3 เหมือนหรือต่างกันอย่างไร จงอธิบายพร้อมทั้งวาดภาพแสดงสภาพขั้วของสารทั้งสองชนิด

SiH_4 และ NH_3 มีสภาพขั้วต่างกัน โดยที่ SiH_4 เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว เนื่องจากเกิดการหักล้างกันของสภาพขั้วพันธะ ส่วน NH_3 เป็นโมเลกุลมีขั้ว เนื่องจากสภาพขั้วของพันธะมีทิศเสริมกัน ดังแผนภาพ



ภาพแสดงสภาพขั้วของ SiH_4



ภาพแสดงสภาพขั้วของ NH_3

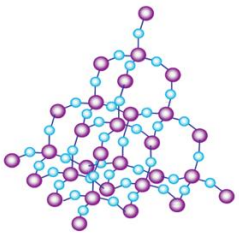
คำอธิบาย

ไฮโดรเจนอะตอมมีค่า EN ต่ำกว่าซิลิคอนจึงแสดงอำนาจไฟฟ้าเป็นบวก ส่วนซิลิคอนมีค่า EN สูงกว่า จึงแสดงอำนาจไฟฟ้าเป็นลบ โดยที่สภาพขั้วพันธะระหว่างไฮโดรเจนและซิลิคอนต่างมีทิศชี้เข้าหาซิลิคอนซึ่งเป็นอะตอมกลาง เกิดการหักล้างกัน ทำให้โมเลกุลของ SiH_4 เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว

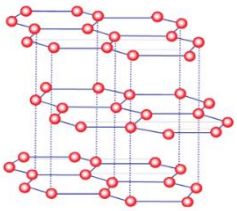
คำอธิบาย

ไฮโดรเจนอะตอมมีค่า EN ต่ำกว่าไนโตรเจนจึงแสดงอำนาจไฟฟ้าเป็นบวก ส่วนไนโตรเจนมีค่า EN สูงกว่า จึงแสดงอำนาจไฟฟ้าเป็นลบ โดยที่สภาพขั้วพันธะระหว่างไฮโดรเจนและไนโตรเจนต่างมีทิศชี้เข้าหาไนโตรเจนซึ่งเป็นอะตอมกลาง สภาพขั้วมีทิศชี้ขึ้น ทำให้โมเลกุลของ NH3 เป็นโมเลกุลมีขั้ว

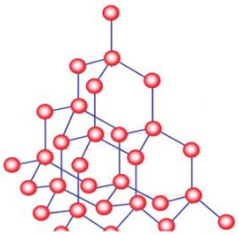
❹ เมื่อพิจารณาโครงสร้างทางเคมีของสารทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ซิลิคอนไดออกไซด์ แกรไฟต์ และเพชร ดังภาพ นักเรียนคิดว่าสารชนิดใดบ้างที่สามารถนำไฟฟ้าได้ จงอธิบายเหตุผลประกอบ



ซิลิคอนไดออกไซด์



แกรไฟต์



เพชร

แกรไฟต์สามารถนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากโครงสร้างของแกรไฟต์เป็นสารโครงผลึกร่างตาข่ายที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ภายในชั้นเดียวกันมีอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ได้ ทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ แต่นำไฟฟ้าได้ไม่ค่อยดีเพราะนำไฟฟ้าได้เป็นชั้น

ตารางที่ 23 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		1 (ควรปรับปรุง)	2 (พอใช้)	3 (ดี)
1.1	ตัวแทนความคิดระดับมหภาค	ทำนายผลการทดลองและอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง	ทำนายผลการทดลองและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน	ทำนายผลการทดลองและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง
1.2	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	วาดภาพแสดงการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดงพร้อมทั้งอธิบายไม่ถูกต้อง	วาดภาพแสดงการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดงพร้อมทั้งอธิบายได้ถูกต้องบางส่วน	วาดภาพแสดงการเกิดพันธะเคมีในลวดทองแดงพร้อมทั้งอธิบายได้ถูกต้อง
2.1	ตัวแทนความคิดระดับมหภาค	ทำนายผลการทดลองและอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง	ทำนายผลการทดลองและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน	ทำนายผลการทดลองและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง
2.2	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	วาดภาพแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกและอธิบายไม่ถูกต้อง	วาดภาพแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกและอธิบายได้ถูกต้องบางส่วน	วาดภาพแสดงการละลายน้ำของสารประกอบไอออนิกและอธิบายได้ถูกต้อง
2.3	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	เลือกภาพที่แสดงการเกิดพันธะเคมี ระบุชนิดพันธะเคมี และอธิบายไม่ถูกต้อง	เลือกภาพที่แสดงการเกิดพันธะเคมี ระบุชนิดพันธะเคมี และอธิบายได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกภาพที่แสดงการเกิดพันธะเคมี ระบุชนิดพันธะเคมี และอธิบายได้
2.4	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	เลือกภาพที่แสดงโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกและอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง	เลือกภาพที่แสดงโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกภาพที่แสดงโครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกและอธิบายเหตุผลได้

ตารางที่ 19 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		1 (ควรปรับปรุง)	2 (พอใช้)	3 (ดี)
2.5	ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์	แสดงไอออนอิสระและอธิบายไม่ถูกต้อง	แสดงไอออนอิสระและอธิบายได้ถูกต้องบางส่วน	แสดงไอออนอิสระและอธิบายได้ถูกต้อง
3.1	ตัวแทนความคิดระดับมหภาค	ทำนายผลการทดลองและอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง	ทำนายผลการทดลองและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้องบางส่วน	ทำนายผลการทดลองและอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง
3.2	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	วาดภาพแสดงการเกิดพันธะเคมีของสารทั้ง 2 ชนิดพร้อมทั้งอธิบายไม่ถูกต้อง	วาดภาพแสดงการเกิดพันธะเคมีของสารทั้ง 2 ชนิดพร้อมทั้งอธิบายได้ถูกต้องบางส่วน	วาดภาพแสดงการเกิดพันธะเคมีของสารทั้ง 2 ชนิดพร้อมทั้งอธิบายได้ถูกต้อง
3.3	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	วาดภาพแสดงโครงสร้างและระบุรูปร่างโมเลกุลของสารทั้ง 2 ชนิดพร้อมทั้งอธิบายไม่ถูกต้อง	วาดภาพแสดงโครงสร้างและระบุรูปร่างโมเลกุลของสารทั้ง 2 ชนิดพร้อมทั้งอธิบายได้ถูกต้องบางส่วน	วาดภาพแสดงโครงสร้างและระบุรูปร่างโมเลกุลของสารทั้ง 2 ชนิดพร้อมทั้งอธิบายได้ถูกต้อง
3.4	ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์	แสดงสภาพขั้วและอธิบายสภาพขั้วของสารทั้ง 2 ชนิดไม่ถูกต้อง	แสดงสภาพขั้วและอธิบายสภาพขั้วของสารทั้ง 2 ชนิดได้ถูกต้องบางส่วน	แสดงสภาพขั้วและอธิบายสภาพขั้วของสารทั้ง 2 ชนิดได้ถูกต้อง
4	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	เลือกโครงสร้างสารที่สามารถนำไฟฟ้าได้และอธิบายไม่ถูกต้อง	เลือกโครงสร้างสารที่สามารถนำไฟฟ้าได้และอธิบายได้ถูกต้องบางส่วน	เลือกโครงสร้างสารที่สามารถนำไฟฟ้าได้และอธิบายได้ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ตัวอย่าง)

แบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบวัดเจตคติฉบับนี้ประกอบด้วยข้อความที่บ่งชี้ลักษณะพฤติกรรม นิสัย หรือความรู้สึกเกี่ยวกับการเรียนรู้เคมี จำนวน 18 ข้อความ ซึ่งอยู่ด้านซ้ายมือ ส่วนด้านขวามือแบ่งเป็น 5 ช่องที่แสดงระดับความคิดเห็น 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง (5) เห็นด้วย (4) ไม่แน่ใจ (3) ไม่เห็นด้วย (2) และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (1)

2. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความแต่ละข้อความแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อข้อความนั้น

ข้อความ	ระดับความรู้สึก				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยมากที่สุด
1. การเรียนรู้เคมีจากการสร้างมโนภาพช่วยพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับเคมีในตัวฉัน					
2. การสร้างมโนภาพทางเคมีทำให้ฉันเกิดความเข้าใจเชิงลึกในเคมี					
3. การเรียนรู้เคมีจากการสร้างมโนภาพทำให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพได้					

หมายเหตุ

ในการตอบแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีฉบับนี้ เป็นการแสดงความคิดเห็น ไม่มีคำตอบที่ผิดหรือถูก รวมทั้งคำตอบของนักเรียนไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน ขอให้นักเรียนตอบตามความรู้สึกที่แท้จริงของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อความ	ระดับความรู้สึก				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยมากที่สุด
4. การเรียนเคมีทำให้ฉันเกิดความเพลิดเพลิน					
5. ฉันชอบการเรียนรู้เคมีจากการลงมือปฏิบัติการทดลองมากกว่าการพูดบรรยาย					
6. ฉันชอบเรียนเคมีเพราะเรียนจากสิ่งใกล้ตัวที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน					
7. ฉันมีความสนใจที่จะวาดภาพอะตอมหรือโมเลกุลต่าง ๆ ในการเรียนรู้เคมี					
8. ฉันสนใจเรียนเคมีเพราะได้ชมและเรียนรู้ภาพเคลื่อนไหวของอะตอมและโมเลกุล					
9. ฉันคิดว่าทฤษฎีทางเคมีสามารถนำไปใช้ในการทดลองได้					
10. ฉันคิดว่าทฤษฎีทางเคมีมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติการทดลอง					
11. ฉันคิดว่าการเรียนรู้เคมีเป็นการเรียนรู้แบบแยกส่วน					
12. ฉันคิดว่าฉันสามารถลงมือปฏิบัติการทดลองทางเคมีโดยไม่ต้องอาศัยทฤษฎีทางเคมีได้					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อความ	ระดับความรู้สึก				
	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยมากที่สุด
13. ฉันคิดว่าการเรียนรู้เคมีได้ดีต้องสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิด					
14. การเรียนรู้เคมีสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้					
15. ฉันคิดว่าความรู้ทางเคมีสามารถแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมได้					
16. ความรู้ทางเคมีสามารถแก้ปัญหาได้เฉพาะในทางวิทยาศาสตร์					
17. หากเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีจะสามารถนำความรู้ไปใช้ได้					
18. การเรียนรู้เคมีที่ประสบผลสำเร็จคือการนำความรู้ทางเคมีไปใช้ในชีวิตประจำวันได้					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **วิชาเคมีเพิ่มเติม1 ว30221**
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **จำนวน 2 คาบ เวลา 100 นาที**
ผู้สอน นายโชติกุล ริน ลา

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และสารโคเวเลนต์ได้
2. อธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตตและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้
3. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ของสารโคเวเลนต์ได้
4. เขียนตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ของสารโคเวเลนต์ได้
5. มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาระสำคัญ

พันธะเคมี หมายถึง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมกับอะตอมหรือไอออนกับไอออนภายในโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในโมเลกุลแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ พันธะโคเวเลนต์ พันธะไอออนิก และพันธะโลหะ

พันธะโคเวเลนต์ หมายถึง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของอโลหะกับอโลหะหรืออโลหะกับกึ่งโลหะ โดยการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่เพื่อให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมเท่ากับ 8 ซึ่งเกิดสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลัก

โมเลกุลโคเวเลนต์ หมายถึง โมเลกุลที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์

สารโคเวเลนต์ หมายถึง สารประกอบที่มีพันธะโคเวเลนต์

กฎออกเตต คือ สภาพที่เสถียรที่สุดของธาตุ โดยธาตุต่าง ๆ จะรวมตัวกันด้วยสัดส่วนที่ทำให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 (ยกเว้น H และ He เท่ากับ 2)

พันธะโคเวเลนต์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1) พันธะเดี่ยว หมายถึง พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่

2) พันธะคู่ หมายถึง พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่

3) พันธะสาม หมายถึง พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นก่อนทำกิจกรรม (10 นาที)

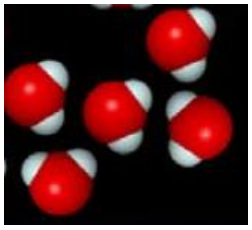
ครูแนะนำและอธิบายความหมายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนโดยใช้แผนภาพดังต่อไปนี้

ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมี โดยแสดงความเข้าใจออกมาในรูปแบบของการวาดภาพ การเขียนบรรยายและการเขียนสัญลักษณ์ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้น แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ตัวแทนความคิดระดับมหภาค (Macroscopic Representations) คือ ความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สามารถสังเกตได้ โดยแสดงออกมาในรูปแบบของการวาดภาพและบรรยายสิ่งที่สังเกตเห็น ตัวอย่างเช่น การสังเกตการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็ง ดังภาพ

น้ำแข็งซึ่งมีสถานะเป็นของแข็งกำลังเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว



โมเลกุลของน้ำประกอบไปด้วยอะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม สร้างแรงยึดเหนี่ยวกับอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม

สมการแสดงสมดุลของน้ำในการเปลี่ยนสถานะระหว่างของแข็งกับของเหลว

2. ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (Microscopic Representations) คือ ความเข้าใจปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุลซึ่งไม่สามารถสังเกตได้ ได้แก่ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน อะตอม

3. ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Representations) คือ ความเข้าใจปรากฏการณ์โดยการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ในระดับมหภาคและในระดับจุลภาค ซึ่งแสดงออกมาในรูปแบบของการเขียนสัญลักษณ์ ได้แก่ สูตรทางเคมีหรือสมการเคมี ตัวอย่างเช่น สมการแสดงสมดุลของน้ำในการเปลี่ยนสถานะระหว่างของแข็งกับของเหลว ดังภาพ

ขั้นที่ 1 ขั้นการสังเกตปรากฏการณ์ (15 นาที)

1. ครูกล่าวถึงสารรอบตัวในชีวิตประจำวัน โดยยกตัวอย่าง น้ำ และโซเดียมคลอไรด์ และใช้คำถามดังนี้

1.1) น้ำแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยอะตอมของธาตุใดบ้าง

(แนวคำตอบ ประกอบด้วยอะตอมของธาตุออกซิเจน 1 อะตอม และอะตอมของธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม)

1.2) อะตอมของธาตุออกซิเจนและไฮโดรเจนรวมตัวกันเป็นโมเลกุลได้อย่างไร

(แนวคำตอบ มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของธาตุออกซิเจนและธาตุไฮโดรเจน)

1.3) โซเดียมคลอไรด์ประกอบด้วยไอออนของธาตุชนิดใดบ้าง

(แนวคำตอบ ไอออนบวกของธาตุโซเดียมและไอออนลบของธาตุคลอรีน)

1.4) โซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนรวมกันเป็นโมเลกุลโซเดียมคลอไรด์ได้อย่างไร

(แนวคำตอบ มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออน)

จากนั้นครูเชื่อมโยงให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองว่า แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในโมเลกุลของสารประกอบ เรียกว่า พันธะเคมี

2. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน และแจกสารเคมีและอุปกรณ์การทดลอง ซึ่งประกอบด้วย

1) หลอดทดลอง

2) จุกปิดหลอดทดลอง

3) แผ่นโลหะสังกะสี

4) สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

5) ไม้ขีดไฟ

3. นักเรียนทำการทดลองโดย

1) นำแผ่นโลหะสังกะสีจุ่มลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกในหลอดทดลอง จากนั้นปิดจุก สังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) เปิดจุกที่ปิดหลอดทดลอง จากนั้นจุดไฟโดยใช้ไม้ขีดไฟบริเวณปากหลอดทดลอง สังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกผล โดยการวาดภาพและบรรยาย ลงในใบกิจกรรม

4. ครูใช้คำถาม ดังนี้

4.1) จากการทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

(แนวคำตอบ นำแผ่นโลหะสังกะสีจุ่มลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกในหลอดทดลอง พบว่า เกิดฟองแก๊สขึ้น และเมื่อจุดไฟบริเวณปากหลอดทดลอง พบว่า เกิดไฟลุกขึ้น)

4.2) ฟองแก๊สที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สชนิดใด เพราะเหตุใด

(แนวคำตอบ แก๊สไฮโดรเจน เนื่องจากมีสมบัติทำให้ติดไฟ)

4.3) แก๊สไฮโดรเจนมีโครงสร้างอย่างไร

(คำถามนำไปสู่การแสดงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค ในขั้นที่ 2)

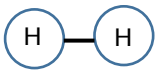
ขั้นที่ 2 ขั้นการบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (5 นาที)

5. ครูอธิบายข้อตกลงร่วมกันในการวาดภาพโครงสร้างทางเคมีของสารในระดับจุลภาค โดยใช้วงกลมขนาดที่แตกต่างกันแสดงขนาดอะตอมของธาตุแต่ละชนิดในโมเลกุลของสาร เส้นตรงแสดงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของธาตุภายในโมเลกุล

6. ครูให้นักเรียนเขียนโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนโดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ในระดับจุลภาค ด้วยการวาดภาพและบรรยายโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน ลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นการอภิปรายร่วมกับเพื่อน (5 นาที)

7. ครูให้นักเรียนจับคู่อภิปรายถึงโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนซึ่งเป็นตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคของตนเองและเพื่อน จากนั้นจึงมาอภิปรายภายในกลุ่มของตนเอง เพื่อรับข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อน โดยครูมีบทบาทในการแนะนำถึงลักษณะสำคัญ (key features) ของตัวแทนความคิดระดับจุลภาค เช่น ขนาดของอะตอม ลักษณะการยึดเหนี่ยวกันของอะตอมภายในโมเลกุล เป็นต้น ซึ่งผลการอภิปรายเป็นดังนี้

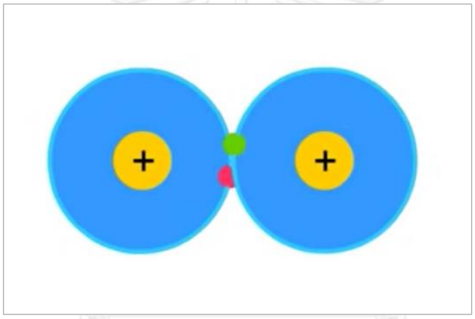


โครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน ประกอบด้วยอะตอมของธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอมสร้างแรงยึดเหนี่ยวกันย

8. ครูเตรียมเปิดภาพเคลื่อนไหว (Animation) ของโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน โดยเน้นให้นักเรียนเปรียบเทียบโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนที่ตนเองสร้างขึ้นและจากภาพเคลื่อนไหว

ขั้นที่ 4 ขั้นการแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง (40 นาที)

9. ครูแสดงภาพเคลื่อนไหว (Animation) ของโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 แสดงภาพการเคลื่อนไหวของโครงสร้างโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน
(ข้อมูลจาก : https://www.youtube.com/watch?v=y2uUl7fyPBM)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดยนักเรียนจะต้องสังเกตโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนจากภาพเคลื่อนไหว โดยครูมีบทบาทในการแนะนำให้นักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคของแก๊สไฮโดรเจน ได้แก่ การใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมไฮโดรเจน 2 อะตอม

10. ครูอธิบายว่าอะตอมของธาตุต่าง ๆ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เท่ากับ 8 มีแนวโน้มจะปรับตัวให้มีเสถียรภาพมากขึ้น โดยรวมตัวกับอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันหรือธาตุต่างชนิดในสัดส่วนที่ทำให้แต่ละอะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 หรือมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับแก๊สเฉื่อย เรียกว่ากฎออกเตต (Octet rule) ซึ่งยกเว้น ธาตุไฮโดรเจนและธาตุฮีเลียมที่จะมีเสถียรภาพเมื่อมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2

11. ครูใช้คำถาม ดังนี้

11.1) เมื่อพิจารณาโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนในระดับจุลภาค นักเรียนสังเกตเห็นสิ่งใดบ้าง

(แนวคำตอบ อะตอมของธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม พยายามดึงดูดกัน)

11.2) เพราะเหตุใดอะตอมของธาตุไฮโดรเจนจึงดึงดูดเข้าหากัน

(แนวคำตอบ เนื่องจากเกิดแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนของอะตอมหนึ่งกับโปรตอนในนิวเคลียสของอีกอะตอมหนึ่ง)

11.3) นอกจากแรงดึงดูดแล้ว ยังมีแรงชนิดอื่นอีกหรือไม่ ถ้ามีเกิดจากอะไร

(แนวคำตอบ มีแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนของธาตุไฮโดรเจนทั้งสองอะตอม และระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสของทั้งสองอะตอม)

11.4) หากแรงดึงดูดสมดุลกับแรงผลักจะเป็นอย่างไร

(แนวคำตอบ อะตอมของธาตุไฮโดรเจนจะเกิดแรงยึดเหนี่ยวกันเป็นโมเลกุลที่เสถียร)

ครูอธิบายว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในโมเลกุลเรียกว่า พันธะเคมี

11.5) จากภาพเคลื่อนไหวอะตอมของธาตุไฮโดรเจนทั้งสองอะตอมทำอย่างไรจึงเป็นไปตามกฎออกเตต

(แนวคำตอบ ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน)

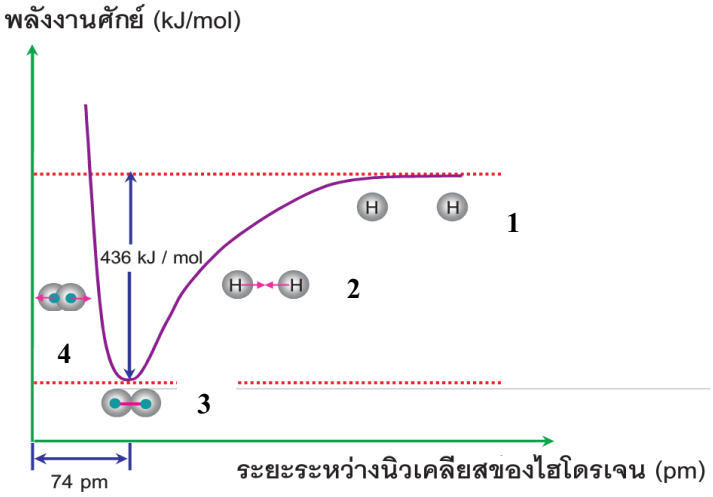
11.6) แก๊สไฮโดรเจนประกอบด้วยธาตุที่มีสมบัติอย่างไร

(แนวคำตอบ ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม ซึ่งเป็นธาตุที่เป็นอโลหะ)

ครูอธิบายว่าอะตอมของธาตุอโลหะและอโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกันทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในโมเลกุล เรียกว่า พันธะโคเวเลนต์)

11. ครูอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์โดยใช้กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2 แสดงภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์
(ข้อมูลจาก : หนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติม1 ของ สสวท)

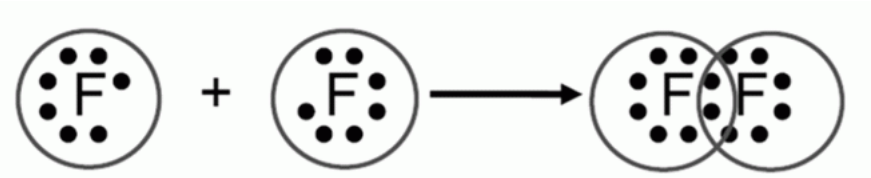
จุดที่ 1 อะตอมไฮโดรเจนอยู่ห่างกันจะมีพลังงานศักย์ค่าหนึ่ง

จุดที่ 2 เมื่ออะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กันจะเกิดแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับโปรตอนของนิวเคลียสทั้งสองทำให้พลังงานศักย์ลดลง

จุดที่ 3 พลังงานศักย์ลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเกิดสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลัก ไฮโดรเจนจึงรวมตัวกันเกิดเป็นโมเลกุลที่เสถียร

จุดที่ 4 หากอะตอมเข้าใกล้กันมากกว่านี้จะเกิดแรงผลักมากกว่าแรงดึงดูด ทำให้ไม่เสถียร พลังงานศักย์เพิ่มขึ้นและไม่สามารถอยู่รวมเป็นโมเลกุลได้

12. ครูอธิบายว่า ทั้งนี้การที่อะตอมของธาตุต่าง ๆ จะรวมตัวกันเพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตตนั้น อะตอมอาจเสียอิเล็กตรอน รับอิเล็กตรอน หรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกันได้ และยกตัวอย่างสารประกอบ 3 ชนิด โดยใช้สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส ดังนี้



12.1) การรวมตัวของอะตอมฟลูออรีนเกิดเป็นโมเลกุลของฟลูออไรด์ เกิดจากฟลูออรีนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 ต้องการอีก 1 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นธาตุทั้งสองจึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เรียกว่า พันธะเดี่ยว

12.2) การรวมตัวของอะตอมออกซิเจนเกิดเป็นโมเลกุลของออกซิเจน เกิดจากออกซิเจนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 6 ต้องการอีก 2 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นธาตุทั้ง 2 จึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ เรียกว่า พันธะคู่

12.3) การรวมตัวของอะตอมไนโตรเจนเกิดเป็นโมเลกุลของไนโตรเจน เกิดจากอะตอมของธาตุไนโตรเจนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 5 ต้องการอีก 3 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นอะตอมของธาตุทั้ง สอง จึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ เรียกว่า พันธะสาม

13. ครูใช้คำถาม ดังนี้

13.1) จากแผนภาพสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสของสารประกอบทั้ง 3 ชนิด มีสิ่งที่เหมือนกันและต่างกันอย่างไร

(แนวคำตอบ สิ่งที่เหมือนกันคือการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน สิ่งที่ต่างกันคือ จำนวนคู่อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน)

13.2) เมื่ออะตอมของธาตุมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันจะส่งผลอย่างไรต่ออะตอมของธาตุเหล่านั้น

(แนวคำตอบ เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมขึ้น)

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า การที่อะตอมของธาตุใช้อิเล็กตรอนร่วมกันทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวอะตอม เรียกแรงยึดเหนี่ยวนั้นว่า พันธะเคมี

13.3) อิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ร่วมกันในการเกิดพันธะ เรียกว่าอะไร

(แนวคำตอบ อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ)

13.4) อิเล็กตรอนที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างพันธะเรียกว่าอะไร และหากเหลือเป็นคู่เรียกว่าอะไร

(แนวคำตอบ อิเล็กตรอนโดดเดี่ยว และหากเหลือเป็นคู่เรียกว่า อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว)

13.5) แรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากอะตอมของธาตุด้วยการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ , 2 คู่และ 3 คู่ เรียกว่าอะไร

(แนวคำตอบ พันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม)

13.6) เพราะเหตุใดอะตอมของธาตุจึงต้องใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่

(แนวคำตอบ ต้องการให้เกิดความเสถียรตามกฎออกเตต)

13.7) นักเรียนคิดว่าอะตอมของธาตุที่จะสามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกันได้จะต้องเป็นธาตุที่มีสมบัติเป็นโลหะ กึ่งโลหะ หรืออโลหะ เพราะเหตุใด

(แนวคำตอบ มีสมบัติเป็นกึ่งโลหะ และอโลหะ เนื่องจากอะตอมของธาตุกลุ่มนี้ต่างมีความต้องการที่จะรับอิเล็กตรอนเพื่อให้เกิดความเสถียรตามกฎออกเตต จึงสามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกันได้)

14. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนนักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปได้ว่า แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของธาตุอโลหะกับอโลหะหรือกึ่งโลหะกับอโลหะภายในโมเลกุลของสารประกอบ โดยแรงยึดเหนี่ยวนั้นเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน เรียกว่า พันธะโคเวเลนต์

15. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าจุดที่อะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่สร้างพันธะอาจเขียนแทนด้วยเส้น 1 เส้น เรียกว่า โครงสร้างลิวอิส ตามภาพข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 5 ขั้นการสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน (10 นาที)

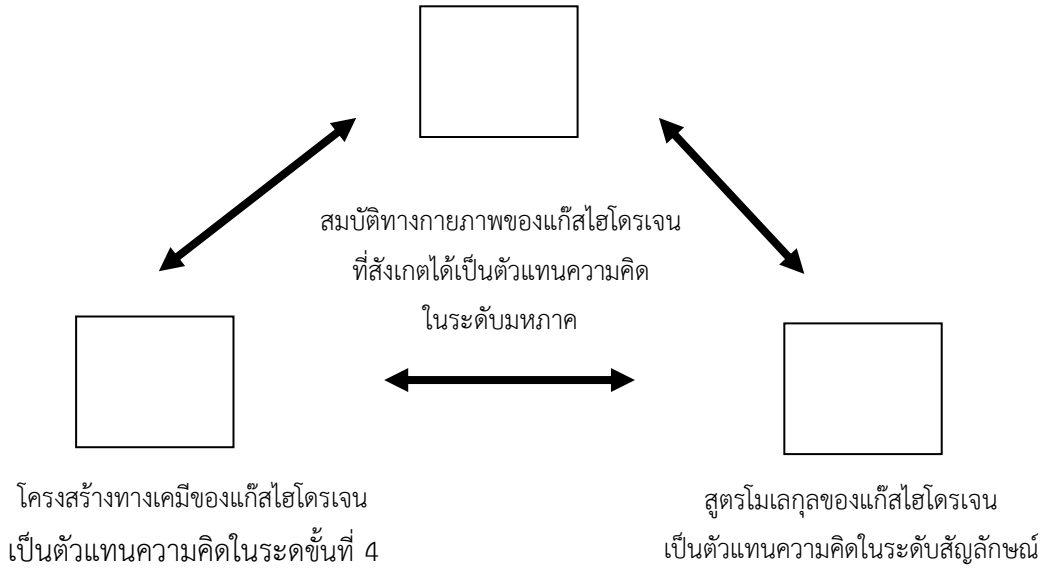
16. ครูให้นักเรียนสะท้อนความคิดถึงความเหมือนและความแตกต่างระหว่างตัวแทนความคิดของตนเองและจากภาพเคลื่อนไหวที่ครูแสดง และให้นักเรียนระบุสิ่งที่คลาดเคลื่อนของตัวแทนความคิดตนเองในใบกิจกรรม เป็นเวลา 5 นาที

17. นักเรียนวาดภาพและบรรยายตัวแทนความคิดระดับจุลภาคของแก๊สไฮโดรเจนอีกครั้งหนึ่งหลังจากที่ได้สังเกตโครงสร้างทางเคมีทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนจากแอนิเมชันและอภิปรายภายในกลุ่ม ลงในใบกิจกรรม เป็นเวลา 5 นาที

ขั้นที่ 6 ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น (15 นาที)

18. ครูอธิบายสูตรโมเลกุลซึ่งเป็นการแสดงจำนวนอะตอมของธาตุทั้งหมดในสารประกอบนั้น ๆ และให้นักเรียนเขียนสูตรโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างภาพการสังเกตสมบัติทางกายภาพของแก๊สไฮโดรเจนในขั้นที่ 1, ภาพแสดงโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนในระดับจุลภาคในขั้นที่ 5 และสูตรโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนในขั้นที่ 6 พร้อมทั้งออกแบบการนำเสนอความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ ลงในกระดาษฟลิปชาร์ต

19. ครูสุ่มนักเรียน 2 กลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และร่วมอภิปรายจนได้ข้อสรุปดังแผนภาพ ดังนี้



แก๊สไฮโดรเจนมีลักษณะเป็นฟองแก๊ส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น สามารถทำให้ติดไฟได้ (ตัวแทนความคิดในระดับมหภาค) เป็นพันธะโคเวเลนต์ อะตอมของไฮโดรเจนทั้ง 2 อะตอม จะใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เกิดเป็นพันธะเดี่ยว 1 พันธะ 3) สามารถเขียนเป็นสูตรโมเลกุลได้เป็น H_2 (ตัวแทนความคิดในระดับสัญลักษณ์)

ขั้นที่ 7 ขั้นการปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ (10 นาที)

22. ครูให้สถานการณ์ดังต่อไปนี้

ชาวบ้านในชนบททำการเผาป่า ซึ่งนักสิ่งแวดล้อมพบว่าในการเผาไหม้จะเกิดของเหลวใสไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและแก๊สชนิดหนึ่งซึ่งไม่มีสี ไม่ช่วยในการติดไฟ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 18 และ 44 ตามลำดับ จงเขียนโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลของของเหลวและแก๊สชนิดนี้ พร้อมทั้งเขียนโมเลกุลของสารทั้งสองชนิด

การวัดและประเมินผล

1. ประเมินตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์จากใบกิจกรรม

2. ประเมินเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีจากแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

สื่อการเรียนรู้

1. สื่อแอนิเมชัน เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนซ์ของแก๊สไฮโดรเจน

2. ชุดกิจกรรมการทดลองการเกิดแก๊สไฮโดรเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรม

เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

ชื่อ – นามสกุล_____ชั้น ม.4/_____ เลขที่_____ กลุ่มที่_____

คำสั่ง ให้นักเรียนปฏิบัติตามกิจกรรมต่อไปนี้

1. จงวาดภาพและบรรยายสมบัติทางกายภาพของแก๊สที่เกิดขึ้น

_____
_____
_____
_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. จงวาดภาพและบรรยายโครงสร้างทางเคมีของแก๊สชนิดนี้

_____
_____
_____

3. จงอธิบายว่าเมื่อนักเรียนได้อภิปรายถึงโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สชนิดนี้ร่วมกับเพื่อน เพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนอย่างไรบ้าง

_____
_____
_____
_____

4. จากการชมภาพแอนิเมชัน จงอธิบายว่าลักษณะสำคัญของโมเลกุลแก๊สชนิดนี้เป็นอย่างไร

_____
_____
_____
_____

5. นักเรียนคิดว่าโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลที่นักเรียนสร้างมีความคลาดเคลื่อนอย่างไร จงอธิบาย

_____
_____
_____

6. นักเรียนสามารถเขียนโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สชนิดนี้ ให้ถูกต้องได้อย่างไร จงวาดภาพและบรรยาย

_____
_____
_____
_____

7. จงเขียนสูตรโมเลกุลของแก๊สชนิดนี้

_____

8. จงวาดภาพและอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ของแก๊สชนิดนี้

9. จงตอบคำถามจากสถานการณ์ต่อไปนี้

ชาวบ้านในชนบททำการเผาป่า ซึ่งนักสิ่งแวดล้อมพบว่าในการเผาไหม้สมบูรณ์จะเกิดของเหลวใสไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและแก๊สชนิดหนึ่งซึ่งไม่มีสี ไม่ช่วยในการติดไฟ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 18 และ 44 ตามลำดับ จงเขียนโครงสร้างโมเลกุลและสูตรโมเลกุลของของเหลวและแก๊สชนิดนี้

_____
_____
_____
_____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 เกณฑ์การประเมินใบกิจกรรม เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		1 (ควรปรับปรุง)	2 (พอใช้)	3 (ดี)
1	ตัวแทนความคิดระดับมหภาค	ภาพและบรรยายสมบัติทางกายภาพของแก๊สไฮโดรเจนไม่ถูกต้อง	ภาพและบรรยายสมบัติทางกายภาพของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้องบางส่วน	วาดภาพและบรรยายสมบัติทางกายภาพของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้อง
2	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	วาดภาพและบรรยายโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนไม่ถูกต้อง	วาดภาพและบรรยายโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้องบางส่วน	วาดภาพและบรรยายโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้อง
3	การให้ข้อมูลย้อนกลับ	เขียนข้อมูลย้อนกลับจากการอภิปรายโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนไม่ครบถ้วน	-	เขียนข้อมูลย้อนกลับจากการอภิปรายโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนได้ครบถ้วน
4	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	อธิบายลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนไม่ถูกต้อง	อธิบายลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้องบางส่วน	อธิบายลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้อง
5	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	อธิบายความคลาดเคลื่อนของโครงสร้างโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนที่ตนเองเขียนไม่ถูกต้อง	อธิบายความคลาดเคลื่อนของโครงสร้างโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนที่ตนเองเขียนได้ถูกต้องบางส่วน	อธิบายความคลาดเคลื่อนของโครงสร้างโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนที่ตนเองเขียนได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ 24 เกณฑ์การประเมินใบกิจกรรม เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์ (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		1 (ควรปรับปรุง)	2 (พอใช้)	3 (ดี)
6	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	วาดภาพและบรรยายโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนไม่ถูกต้อง	วาดภาพและบรรยายโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้องบางส่วน	วาดภาพและบรรยายโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนได้อย่างถูกต้อง
7	ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์	เขียนสูตรโมเลกุลของแก๊สไอโดรเจนไม่ถูกต้อง	-	เขียนสูตรโมเลกุลของแก๊สไอโดรเจนได้ถูกต้อง
8	ตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ	อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของแก๊สไฮโดรเจนไม่ถูกต้อง	อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้องบางส่วน	อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้อง
9	การนำไปใช้	เขียนโครงสร้างทางเคมีและสูตรโมเลกุลของน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ถูกต้อง	เขียนโครงสร้างทางเคมีและสูตรโมเลกุลของน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถูกต้อง	เขียนโครงสร้างทางเคมีและสูตรโมเลกุลของน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถูกต้อง

ตารางที่ 25 เกณฑ์การตัดสินตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

ช่วงคะแนน	ระดับของตัวแทนความคิด
19 - 27	ดีมาก
10 - 18	ดี
0 - 9	ปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้เคมีโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **วิชาเคมีเพิ่มเติม1 ว30221**
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **จำนวน 2 คาบ เวลา 100 นาที**
ผู้สอน นายโชติกุล ริน ลา

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักเรียนเรียนจบบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์และสารโคเวเลนต์ได้
2. อธิบายเกี่ยวกับกฎออกเตตและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุลได้
3. เขียนตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ของสารโคเวเลนต์ได้
4. มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้เคมี

สาระสำคัญ

พันธะเคมี หมายถึง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมกับอะตอมหรือไอออนกับไอออนภายในโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในโมเลกุลแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ พันธะโคเวเลนต์ พันธะไอออนิก และพันธะโลหะ

พันธะโคเวเลนต์ หมายถึง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของอโลหะกับอโลหะหรืออโลหะกับกึ่งโลหะ โดยการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่เพื่อให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมเท่ากับ 8 ซึ่งเกิดสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลัก

โมเลกุลโคเวเลนต์ หมายถึง โมเลกุลที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์

สารโคเวเลนต์ หมายถึง สารประกอบที่มีพันธะโคเวเลนต์

กฎออกเตต คือ สภาพที่เสถียรที่สุดของธาตุ โดยธาตุต่าง ๆ จะรวมตัวกันด้วยสัดส่วนที่ทำให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 (ยกเว้น H และ He เท่ากับ 2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พันธะโคเวเลนต์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1) พันธะเดี่ยว หมายถึง พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่

2) พันธะคู่ หมายถึง พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่

3) พันธะสาม หมายถึง พันธะโคเวเลนต์ที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นก่อนทำกิจกรรม (10 นาที)

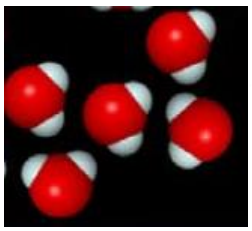
ครูแนะนำและอธิบายความหมายของตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนโดยใช้แผนภาพดังต่อไปนี้

ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมี โดยแสดงความเข้าใจออกมาในรูปแบบของการวาดภาพ การเขียนบรรยายและการเขียนสัญลักษณ์ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพที่เกิดขึ้น แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ตัวแทนความคิดระดับมหภาค (Macroscopic Representations) คือ ความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สามารถสังเกตได้ โดยแสดงออกมาในรูปแบบของการวาดภาพและบรรยายสิ่งที่สังเกตเห็น ตัวอย่างเช่น การสังเกตการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็ง ดังภาพ

น้ำแข็งซึ่งมีสถานะเป็นของแข็งกำลังเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว



โมเลกุลของน้ำประกอบไปด้วยอะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม สร้างแรงยึดเหนี่ยวกับอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม

สมการแสดงสมดุลของน้ำในการเปลี่ยนสถานะระหว่างของแข็งกับของเหลว

2. ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค (Microscopic Representations) คือ ความเข้าใจปรากฏการณ์ในระดับโมเลกุลซึ่งไม่สามารถสังเกตได้ ได้แก่ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน อะตอม โมเลกุล หรือไอออน โดยแสดงออกมาในรูปแบบของการวาดภาพและบรรยาย ตัวอย่างเช่น โมเลกุลของน้ำ ดังภาพ

3. ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic Representations) คือ ความเข้าใจปรากฏการณ์โดยการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ในระดับมหภาคและในระดับจุลภาค ซึ่งแสดงออกมาในรูปแบบของการเขียนสัญลักษณ์ ได้แก่ สูตรทางเคมีหรือสมการเคมี ตัวอย่างเช่น สมการแสดงสมดุลของน้ำในการเปลี่ยนสถานะระหว่างของแข็งกับของเหลว ดังภาพ

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (10 นาที)

1. ครูกล่าวถึงสารรอบตัวในชีวิตประจำวัน โดยยกตัวอย่าง น้ำ และโซเดียมคลอไรด์ และใช้คำถามดังนี้

1.1) น้ำแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยอะตอมของธาตุใดบ้าง

(แนวคำตอบ ประกอบด้วยอะตอมของธาตุออกซิเจน 1 อะตอม และอะตอมของธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม)

1.2) อะตอมของธาตุออกซิเจนและไฮโดรเจนรวมตัวกันเป็นโมเลกุลได้อย่างไร

(แนวคำตอบ มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของธาตุออกซิเจนและธาตุไฮโดรเจน)

1.3) โซเดียมคลอไรด์ประกอบด้วยไอออนของธาตุชนิดใดบ้าง

(แนวคำตอบ ไอออนบวกของธาตุโซเดียมและไอออนลบของธาตุคลอรีน)

1.4) โซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออนรวมกันเป็นโมเลกุลโซเดียมคลอไรด์ได้อย่างไร

(แนวคำตอบ มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโซเดียมไอออนและคลอไรด์ไอออน)

จากนั้นครูเชื่อมโยงให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองว่า แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในโมเลกุลของสารประกอบ เรียกว่า พันธะเคมี

1.5) ครูใช้คำถามว่าแก๊สที่อยู่ในบรรยากาศมีการสร้างพันธะเคมีอย่างไร

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (15 นาที)

2. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน และแจกสารเคมีและอุปกรณ์การทดลอง ซึ่งประกอบด้วย

1) หลอดทดลอง

2) จุกปิดหลอดทดลอง

3) แผ่นโลหะสังกะสี

4) สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

5) ไม้ขีดไฟ

3. นักเรียนทำการทดลองโดย

1) นำแผ่นโลหะสังกะสีจุ่มลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกในหลอดทดลอง จากนั้นปิดจุก สังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกผล

2) เปิดจุกที่ปิดหลอดทดลอง จากนั้นจุดไฟโดยใช้ไม้ขีดไฟบริเวณปากหลอดทดลอง สังเกตการเปลี่ยนแปลง และบันทึกผล โดยการวาดภาพและบรรยาย ลงในใบกิจกรรม

4. ครูใช้คำถาม ดังนี้

4.1) จากการทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

(แนวคำตอบ นำแผ่นโลหะสังกะสีจุ่มลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกในหลอดทดลอง พบว่า เกิดฟองแก๊สขึ้น และเมื่อจุดไฟบริเวณปากหลอดทดลอง พบว่า เกิดไฟลุกขึ้น)

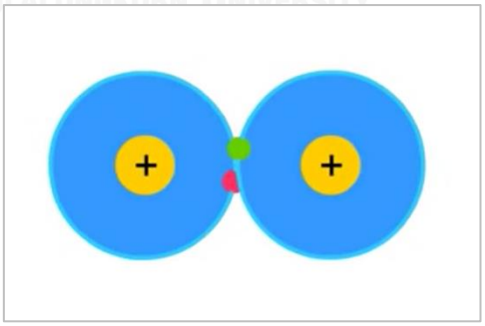
4.2) ฟองแก๊สที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สชนิดใด เพราะเหตุใด

(แนวคำตอบ แก๊สไฮโดรเจน เนื่องจากมีสมบัติทำให้ติดไฟ)

4.3) แก๊สไฮโดรเจนมีโครงสร้างอย่างไร

(คำถามนำไปสู่การแสดงตัวแทนความคิดในระดับจุลภาค)

5. ครูแสดงภาพเคลื่อนไหว (Animation) ของโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 แสดงภาพการเคลื่อนไหวของโครงสร้างโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจน

โดยนักเรียนจะต้องสังเกตโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนจากภาพเคลื่อนไหว โดยครูมีบทบาทในการแนะนำให้นักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของตัวแทนความคิดในระดับจุลภาคของแก๊สไฮโดรเจน ได้แก่ การสร้างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจน

ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างคำอธิบาย (35 นาที)

6. ครูอธิบายว่าอะตอมของธาตุต่าง ๆ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เท่ากับ 8 มีแนวโน้มจะปรับตัวให้มีเสถียรภาพมากขึ้น โดยรวมตัวกับอะตอมของธาตุชนิดเดียวกันหรือธาตุต่างชนิดในสัดส่วนที่ทำให้แต่ละอะตอมมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 8 หรือมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับแก๊สเฉื่อย เรียกว่า กฎออกเตต (Octet rule) ซึ่งยกเว้น ธาตุไฮโดรเจนและธาตุฮีเลียมที่จะมีเสถียรภาพเมื่อมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2

7. ครูใช้คำถาม ดังนี้

7.1) เมื่อพิจารณาโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนในระดับจุลภาค นักเรียนสังเกตเห็นสิ่งใดบ้าง

(แนวคำตอบ อะตอมของธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม พยายามดึงดูดกัน)

7.2) เพราะเหตุใดอะตอมของธาตุไฮโดรเจนจึงดึงดูดเข้าหากัน

(แนวคำตอบ เนื่องจากเกิดแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนของอะตอมหนึ่งกับโปรตอนในนิวเคลียสของอีกอะตอมหนึ่ง)

7.3) นอกจากแรงดึงดูดแล้ว ยังมีแรงชนิดอื่นอีกหรือไม่ ถ้ามีเกิดจากอะไร

(แนวคำตอบ มีแรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนของธาตุไฮโดรเจนทั้งสองอะตอม และระหว่างโปรตอนในนิวเคลียสของทั้งสองอะตอม)

7.4) หากแรงดึงดูดสมดุลกับแรงผลักจะเป็นอย่างไร

(แนวคำตอบ อะตอมของธาตุไฮโดรเจนจะเกิดแรงยึดเหนี่ยวกันเป็นโมเลกุลที่เสถียร)

ครูอธิบายว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในโมเลกุลเรียกว่า พันธะเคมี

7.5) จากภาพเคลื่อนไหวอะตอมของธาตุไฮโดรเจนทั้งสองอะตอมทำอย่างไรจึงเป็นไปตามกฎออกเตต

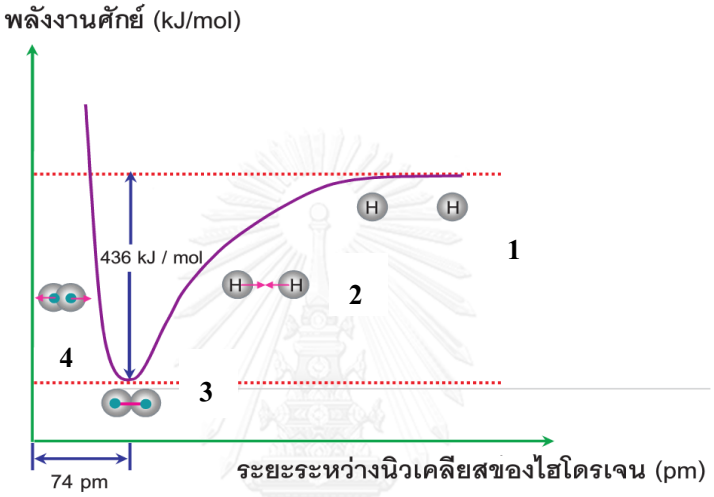
(แนวคำตอบ ใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน)

7.6) แก๊สไฮโดรเจนประกอบด้วยธาตุที่มีสมบัติอย่างไร

(แนวคำตอบ ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม ซึ่งเป็นธาตุที่เป็นอโลหะ)

ครูอธิบายว่าอะตอมของธาตุอโลหะและอโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกันทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมภายในโมเลกุล เรียกว่า พันธะโคเวเลนต์)

8. ครูอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์โดยใช้กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์ ดังนี้



ภาพที่ 2 แสดงภาพการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดโมเลกุลโคเวเลนต์

(ข้อมูลจาก : หนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติม1 ของ สสวท)

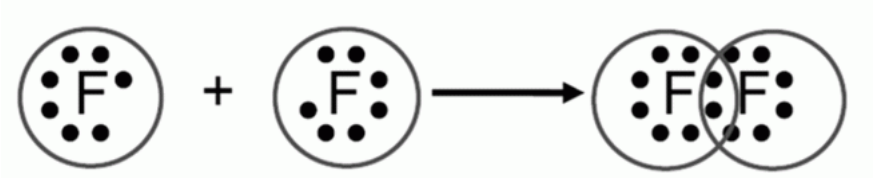
จุดที่ 1 อะตอมไฮโดรเจนอยู่ห่างกันจะมีพลังงานศักย์ค่าหนึ่ง

จุดที่ 2 เมื่ออะตอมเคลื่อนที่เข้าใกล้กันจะเกิดแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับโปรตอนของนิวเคลียสทั้งสองทำให้พลังงานศักย์ลดลง

จุดที่ 3 พลังงานศักย์ลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งเกิดสมดุลระหว่างแรงดึงดูดและแรงผลัก ไฮโดรเจนจึงรวมตัวกันเกิดเป็นโมเลกุลที่เสถียร

จุดที่ 4 หากอะตอมเข้าใกล้กันมากกว่านี้จะเกิดแรงผลักมากกว่าแรงดึงดูด ทำให้ไม่เสถียร พลังงานศักย์เพิ่มขึ้นและไม่สามารถอยู่รวมเป็นโมเลกุลได้

9. ครูอธิบายว่า ทั้งนี้การที่อะตอมของธาตุต่าง ๆ จะรวมตัวกันเพื่อให้เป็นไปตามกฎออกเตตนั้น อะตอมอาจเสียอิเล็กตรอน รับอิเล็กตรอน หรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกันได้ และยกตัวอย่างสารประกอบ 3 ชนิด โดยใช้สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส ดังนี้



9.1) การรวมตัวของอะตอมฟลูออรีนเกิดเป็นโมเลกุลของฟลูออไรด์ เกิดจากฟลูออรีนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 7 ต้องการอีก 1 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นธาตุทั้งสองจึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เรียกว่า พันธะเดี่ยว

9.2) การรวมตัวของอะตอมออกซิเจนเกิดเป็นโมเลกุลของออกซิเจน เกิดจากออกซิเจนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 6 ต้องการอีก 2 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นธาตุทั้ง 2 จึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ เรียกว่า พันธะคู่

9.3) การรวมตัวของอะตอมไนโตรเจนเกิดเป็นโมเลกุลของไนโตรเจน เกิดจากอะตอมของธาตุไนโตรเจนมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 5 ต้องการอีก 3 อิเล็กตรอนจึงจะครบ 8 ดังนั้นอะตอมของธาตุทั้ง สอง จึงใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ เรียกว่า พันธะสาม

10. ครูใช้คำถาม ดังนี้

10.1) จากแผนภาพสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสของสารประกอบทั้ง 3 ชนิด มีสิ่งที่เหมือนกันและต่างกันอย่างไร

(แนวคำตอบ สิ่งที่เหมือนกันคือการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน สิ่งที่ต่างกันคือ จำนวนคู่อิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกัน)

10.2) เมื่ออะตอมของธาตุมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันจะส่งผลอย่างไรต่ออะตอมของธาตุเหล่านั้น

(แนวคำตอบ เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมขึ้น)

ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า การที่อะตอมของธาตุใช้อิเล็กตรอนร่วมกันทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวอะตอม เรียกแรงยึดเหนี่ยวนั้นว่า พันธะเคมี

10.3) อิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ร่วมกันในการเกิดพันธะ เรียกว่าอะไร

(แนวคำตอบ อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ)

10.4) อิเล็กตรอนที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างพันธะเรียกว่าอะไร และหากเหลือเป็นคู่เรียกว่าอะไร

(แนวคำตอบ อิเล็กตรอนโดดเดี่ยว และหากเหลือเป็นคู่เรียกว่า อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว)

10.5) แรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากอะตอมของธาตุด้วยการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ , 2 คู่และ 3 คู่ เรียกว่าอะไร

(แนวคำตอบ พันธะเดี่ยว พันธะคู่ พันธะสาม)

10.6) เพราะเหตุใดอะตอมของธาตุจึงต้องใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่

(แนวคำตอบ ต้องการให้เกิดความเสถียรตามกฎออกเตต)

10.7) นักเรียนคิดว่าอะตอมของธาตุที่จะสามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกันได้จะต้องเป็นธาตุที่มีสมบัติเป็นโลหะ กึ่งโลหะ หรืออโลหะ เพราะเหตุใด

(แนวคำตอบ มีสมบัติเป็นกึ่งโลหะ และอโลหะ เนื่องจากอะตอมของธาตุกลุ่มนี้ต่างมีความต้องการที่จะรับอิเล็กตรอนเพื่อให้เกิดความเสถียรตามกฎออกเตต จึงสามารถใช้อิเล็กตรอนร่วมกันได้)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

11. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนนักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปได้ว่า แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของธาตุอโลหะกับอโลหะหรือกึ่งโลหะกับอโลหะภายในโมเลกุลของสารประกอบ โดยแรงยึดเหนี่ยวนั้นเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน เรียกว่า พันธะโคเวเลนต์

12. ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าจุดที่อะตอมใช้อิเล็กตรอนคู่สร้างพันธะอาจเขียนแทนด้วยเส้น 1 เส้น เรียกว่า โครงสร้างลิวอิส ตามภาพข้างต้น

13. ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงสมบัติของแก๊สไฮโดรเจนโดยใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาคด้วยการวาดภาพที่สังเกตได้จากการทดลองพร้อมกับเขียนอธิบาย จากนั้นอภิปรายถึงการสร้างพันธะเคมีของแก๊สไฮโดรเจนโดยการแสดงตัวแทนความคิดระดับจุลภาคด้วยการวาดภาพและอธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์ จากนั้นเขียนสูตรโมเลกุลซึ่งเป็นตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (15 นาที)

14. ครูให้สถานการณ์ดังต่อไปนี้

ชาวบ้านในชนบททำการเผาป่า ซึ่งนักสิ่งแวดล้อมพบว่าในการเผาไหม้สมบูรณ์จะเกิดของเหลวใสไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและแก๊สชนิดหนึ่งซึ่งไม่มีสี ไม่ช่วยในการติดไฟ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 18 และ 44 ตามลำดับ จงเขียนโครงสร้างโมเลกุลและสูตรโมเลกุลของของเหลวและแก๊สชนิดนี้

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (5 นาที)

15. ครูประเมินความเข้าใจในลักษณะสำคัญของภาพเคลื่อนไหวในระดับจุลภาคของนักเรียนจากการตอบคำถามและใบกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา และนักเรียนประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับของเพื่อนจากการบันทึกข้อมูลย้อนกลับและครูประเมินตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับจากใบกิจกรรมในขั้นการสร้างคำอธิบาย รวมทั้งครูประเมินการนำตัวแทนความคิดไปใช้อธิบายในปรากฏการณ์ใหม่จากใบกิจกรรมในขั้นขยายความรู้

การวัดและประเมินผล

1. ประเมินตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์จากใบกิจกรรม

2. ประเมินเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีจากแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

สื่อการเรียนรู้

1. สื่อแอนิเมชัน เรื่องการเกิดพันธะโคเวเลนซ์ของแก๊สไฮโดรเจน
2. ชุดกิจกรรมการทดลองการเกิดแก๊สไฮโดรเจน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรม

เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

ชื่อ – นามสกุล_____ชั้น ม.4/_____ เลขที่_____ กลุ่มที่_____

คำสั่ง ให้นักเรียนปฏิบัติตามกิจกรรมต่อไปนี้

1. จงวาดภาพและบรรยายสมบัติทางกายภาพของแก๊สที่เกิดขึ้น

_____
_____
_____
_____

2. จากการชมภาพแอนิเมชัน จงอธิบายว่าลักษณะสำคัญของโมเลกุลแก๊สชนิดนี้เป็นอย่างไร

_____
_____
_____
_____
_____

3. จงอธิบายว่าเมื่อนักเรียนได้อภิปรายถึงโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแก๊สชนิดนี้ร่วมกับเพื่อน เพื่อนให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนอย่างไรบ้าง

_____
_____
_____
_____

4. จงเขียนสูตรโมเลกุลของแก๊สชนิดนี้

_____

5. จงตอบคำถามจากสถานการณ์ต่อไปนี้

ชาวบ้านในชนบททำการเผาป่า ซึ่งนักสิ่งแวดล้อมพบว่าในการเผาไหม้จะเกิดของเหลวใสไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและแก๊สชนิดหนึ่งซึ่งไม่มีสี ไม่ช่วยในการติดไฟ และทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 18 และ 44 ตามลำดับ จงเขียนโครงสร้างโมเลกุลของของเหลวและแก๊สชนิดนี้ พร้อมทั้งเขียนสูตรโมเลกุลของสารทั้งสองชนิด

_____
_____
_____
_____

ตารางที่ 26 เกณฑ์การประเมินใบกิจกรรม เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		1 (ควรปรับปรุง)	2 (พอใช้)	3 (ดี)
1	ตัวแทนความคิดระดับมหภาค	ภาพและบรรยายสมบัติทางกายภาพของแก๊สไฮโดรเจนไม่ถูกต้อง	ภาพและบรรยายสมบัติทางกายภาพของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้องบางส่วน	วาดภาพและบรรยายสมบัติทางกายภาพของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้อง
2	ตัวแทนความคิดระดับจุลภาค	อธิบายลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนไม่ถูกต้อง	อธิบายลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้องบางส่วน	อธิบายลักษณะสำคัญของโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนได้ถูกต้อง
3	การให้ข้อมูลย้อนกลับ	เขียนข้อมูลย้อนกลับจากการอภิปรายโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนไม่ครบถ้วน	-	เขียนข้อมูลย้อนกลับจากการอภิปรายโครงสร้างทางเคมีของแก๊สไฮโดรเจนได้ครบถ้วน
4	ตัวแทนความคิดระดับสัญลักษณ์	เขียนสูตรโมเลกุลของแก๊สไอโดรเจนไม่ถูกต้อง	-	เขียนสูตรโมเลกุลของแก๊สไอโดรเจนได้ถูกต้อง
5	การนำไปใช้	เขียนโครงสร้างทางเคมีและสูตรโมเลกุลของน้ำและแก๊สคาร์บอนได้ออกไซด์ไม่ถูกต้อง	เขียนโครงสร้างทางเคมีและสูตรโมเลกุลของน้ำและแก๊สคาร์บอนได้ออกไซด์ได้ถูกต้องบางส่วน	เขียนโครงสร้างทางเคมีและสูตรโมเลกุลของน้ำและแก๊สคาร์บอนได้ออกไซด์ได้ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 27 เกณฑ์การตัดสินตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์และชนิดของพันธะโคเวเลนต์

ช่วงคะแนน	ระดับของตัวแทนความคิด
11 - 15	ดีมาก
6 - 10	ดี
0 - 5	ปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คุณภาพของแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

2. คุณภาพของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. คุณภาพของแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีการตรวจสอบคุณภาพและได้ผลการตรวจสอบ ดังนี้

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ลักษณะข้อคำถามในข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 28

1.2 คุณภาพของข้อสอบรายข้อ พิจารณาจากการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ได้ผลดังตารางที่ 29

ตารางที่ 28 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างลักษณะข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวัดในการเขียนแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แต่ละระดับ

สถานการณ์	ข้อที่	วัตถุประสงค์การวัดในการเขียนแสดงตัวแทนความคิด	IOC	ความหมาย
1. ลวดทองแดง	1.1	ทำนายผลการทดลองและอธิบายสมบัติทางกายภาพของลวดทองแดง	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	1.2	วาดภาพและอธิบายการเกิดพันธะเคมีของลวดทองแดง	1	วัดได้สอดคล้อง
2. การละลายน้ำของสารประกอบสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์และแคลเซียมคาร์บอเนต	2.1	ทำนายผลการทดลองและอธิบายสมบัติการละลายน้ำของสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์และแคลเซียมคาร์บอเนต	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 28 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างลักษณะข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวัดในการเขียนแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แต่ละระดับ (ต่อ)

สถานการณ์	ข้อที่	วัตถุประสงค์การวัดในการเขียนแสดงตัวแทนความคิด	IOC	ความหมาย
	2.2	วาดภาพและอธิบายการละลายน้ำของสารประกอบสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์และแคลเซียมคาร์บอเนต	1	วัดได้สอดคล้อง
	2.3	เลือกภาพการเกิดพันธะเคมีและอธิบายการเกิดพันธะเคมีของสารประกอบโพแทสเซียม-ไอโอไดด์	1	วัดได้สอดคล้อง
	2.4	เลือกภาพและอธิบายโครงสร้างของสารประกอบโพแทสเซียม-ไอโอไดด์	1	วัดได้สอดคล้อง
	2.5	แสดงไอออนอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์และเลด(II)ไนเตรด	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3. สารประกอบซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโมเนีย	3.1	ทำนายผลการทดลองและอธิบายจุดเดือดของสารประกอบซิลิคอนเตเตระ-ไฮไดรด์และแอมโมเนีย	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 28 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างลักษณะข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวัดในการเขียนแสดงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์แต่ละระดับ (ต่อ)

สถานการณ์	ข้อที่	วัตถุประสงค์การวัดในการเขียนแสดงตัวแทนความคิด	IOC	ความหมาย
	3.2	วาดภาพและอธิบายการเกิดพันธะเคมีสารประกอบซิลิคอนเตตระไฮไดรด์	1	วัดได้สอดคล้อง
	3.3	วาดภาพและอธิบายรูปร่างโมเลกุลสารประกอบซิลิคอนเตตระไฮไดรด์	1	วัดได้สอดคล้อง
	3.4	แสดงสภาพขั้วของโมเลกุลสารประกอบซิลิคอนเตตระไฮไดรด์	1	วัดได้สอดคล้อง
4. สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	4	เลือกภาพและอธิบายโครงสร้างของสารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่ายที่สามารถนำไฟฟ้าได้	1	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 29 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์

สถานการณ์	ข้อที่	p	r	ความหมาย
1. ลวดทองแดง	1.1	0.72	0.28	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้พอใช้
	1.2	0.59	0.25	ยากพอเหมาะ จำแนกได้พอใช้
2. การละลายน้ำของสารประกอบสารประกอบโพแทสเซียมไอโอไดด์และแคลเซียมคาร์บอเนต	2.1	0.64	0.28	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้พอใช้
	2.2	0.54	0.32	ยากพอเหมาะ จำแนกได้ดี
	2.3	0.60	0.31	ยากพอเหมาะ จำแนกได้ดี
	2.4	0.61	0.30	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
	2.5	0.52	0.28	ยากพอเหมาะ จำแนกได้พอใช้
3. สารประกอบซิลิคอนเตตระไฮไดรด์และแอมโมเนีย	3.1	0.57	0.25	ยากพอเหมาะ จำแนกได้พอใช้
	3.2	0.75	0.32	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
	3.3	0.63	0.26	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้พอใช้
	3.4	0.70	0.38	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
4. สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย	4	0.67	0.32	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. คุณภาพของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

แบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบวัดตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ประเมินด้วยแบบประเมินตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยมีการตรวจสอบคุณภาพและได้ผลการตรวจสอบ ดังนี้

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ลักษณะข้อความในแบบวัดสอดคล้องกับตัวชี้วัดลักษณะพฤติกรรมที่แสดงถึงเจตคติต่อการเรียนรู้เคมีทั้ง 4 ด้าน ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างลักษณะข้อความกับตัวชี้วัดในการเขียนแสดงเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี

ด้าน	ตัวชี้วัด	ข้อความ	IOC	ความหมาย
1. การเห็นความสำคัญของการเรียนรู้เคมี	1) เรียนรู้เคมีจากการสร้างมโนภาพจากสิ่งที่เป็นนามธรรม	1. การเรียนรู้เคมีจากการสร้างมโนภาพช่วยพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับเคมีในตัวฉัน	1	วัดได้สอดคล้อง
	2) ใช้ตัวแทนความคิดในการทำความเข้าใจสิ่งที่เรียนรู้	2. ฉันคิดว่าการเรียนเคมีควรพิจารณาถึงตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์	0.33	วัดได้ไม่สอดคล้อง
	3) เห็นความสำคัญของความเข้าใจเชิงลึกในเคมี	3. การสร้างมโนภาพทางเคมีทำให้ฉันเกิดความเข้าใจเชิงลึกในเคมี	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 30 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างลักษณะข้อความกับตัวชี้วัดในการเขียนแสดงเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี (ต่อ)

ด้าน	ตัวชี้วัด	ข้อความ	IOC	ความหมาย
	4) คำนึงถึงการใช้ตัวแทนความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์	4. การเรียนรู้เคมีจากการสร้างมโนภาพทำให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางกายภาพได้	1	วัดได้สอดคล้อง
		5. การเรียนรู้เคมีทำให้ฉันคิดเชื่อมโยงได้ดี	0.33	วัดได้ไม่สอดคล้อง
2. ความสนใจในการเรียนรู้เคมี	1) ชอบอภิปรายแลกเปลี่ยนเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับเคมี 2) เพลิดเพลินในการใช้ตัวแทนความคิดอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ	6. การเรียนเคมีทำให้ฉันเกิดความเพลิดเพลิน	1	วัดได้สอดคล้อง
	3) ปฏิบัติการทดลองเคมีอย่างตั้งใจและคล่องแคล้ว	7. ฉันชอบการเรียนรู้เคมีจากการลงมือปฏิบัติการทดลองมากกว่าการบรรยาย	0.67	วัดได้สอดคล้อง
		8. ฉันชอบเรียนเคมีเพราะเรียนจากสิ่งใกล้ตัวที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 30 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างลักษณะข้อความกับตัวชี้วัดในการเขียนแสดงเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี (ต่อ)

ด้าน	ตัวชี้วัด	ข้อความ	IOC	ความหมาย
		9. ฉันมีความสนใจที่จะวาดภาพอะตอมหรือโมเลกุลต่าง ๆ ในการเรียนรู้เคมี	0.67	วัดได้สอดคล้อง
		10. ฉันสนใจเรียนเคมีเพราะได้ชมและเรียนรู้ภาพเคลื่อนไหวของอะตอมและโมเลกุล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
3. การเห็นความเชื่อมโยงในการเรียนรู้เคมี	1) เห็นความสัมพันธ์ของการเรียนรู้เคมีระหว่างทฤษฎีและการทดลอง	11. ฉันคิดว่าทฤษฎีทางเคมีสามารถนำไปใช้ในการทดลองได้	1	วัดได้สอดคล้อง
		12. ฉันคิดว่าทฤษฎีทางเคมีมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติการทดลอง	1	วัดได้สอดคล้อง
		13. ฉันคิดว่าการเรียนรู้เคมีเป็นการเรียนรู้แบบแยกส่วน	1	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 30 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างลักษณะข้อความกับตัวชี้วัดในการเขียนแสดงเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี (ต่อ)

ด้าน	ตัวชี้วัด	ข้อความ	IOC	ความหมาย
		14. ฉันคิดว่าฉันสามารถลงมือปฏิบัติการทดลองทางเคมีโดยไม่ต้องอาศัยทฤษฎีทางเคมีได้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
	2) คำนึงถึงความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ระดับในการอธิบายปรากฏการณ์	15. ฉันคิดว่าการเรียนรู้เคมีได้ดีต้องสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแทนความคิด	1	วัดได้สอดคล้อง
4. การเห็นคุณค่าของการนำความรู้จากการเรียนรู้เคมีไปใช้	1) นำความรู้ทางเคมีไปใช้ในสถานการณ์ใหม่	16. การเรียนรู้เคมีสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้	1	วัดได้สอดคล้อง
		17. ฉันคิดว่าความรู้ทางเคมีสามารถแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมได้	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 30 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างลักษณะข้อความกับตัวชี้วัดในการเขียนแสดงเจตคติต่อการเรียนรู้เคมี (ต่อ)

ด้าน	ตัวชี้วัด	ข้อความ	IOC	ความหมาย
	2) นำความรู้ทางเคมีไปแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	18. ความรู้ทางเคมีสามารถแก้ปัญหาได้เฉพาะในทางวิทยาศาสตร์	1	วัดได้สอดคล้อง
		19. หากเข้าใจมโนทัศน์ทางเคมีจะสามารถนำความรู้ไปใช้ได้	1	วัดได้สอดคล้อง
		20. การเรียนรู้เคมีที่ประสบผลสำเร็จคือการนำความรู้ทางเคมีไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	1	วัดได้สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ
ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเคมีโดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
โดยใช้การออกแบบการเรียนรู้จากการสร้างมโนภาพทางเคมี
เรื่อง การเกิดพันธะโคเวเลนต์

ขั้นที่ 1 สังเกตปรากฏการณ์ นักเรียนสังเกตปรากฏการณ์การเกิดแก๊สไฮโดรเจนจากคลิปวีดีโอ

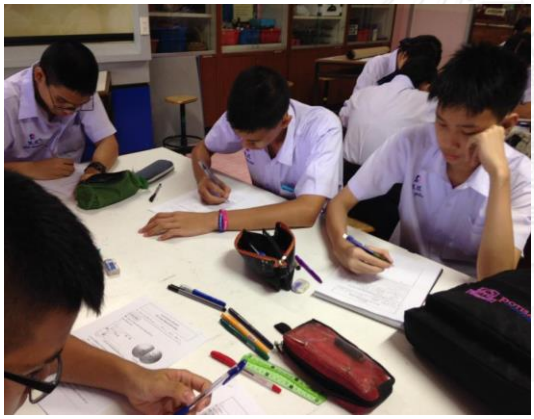
ขั้นที่ 2 การบรรยายและวาดภาพตัวแทนความคิดระดับจุลภาค นักเรียนบรรยายและวาดภาพโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจน

ขั้นที่ 3 การอภิปรายร่วมกับเพื่อน นักเรียนอภิปรายภายในกลุ่มถึงโมเลกุลของแก๊สไฮโดรเจนที่ตนเองสร้างและรับข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อนในกลุ่ม

ขั้นที่ 4 การแสดงภาพเคลื่อนไหวและสถานการณ์จำลอง นักเรียนสังเกตลักษณะสำคัญของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนจากภาพเคลื่อนไหวเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับโมเลกุลที่ตนเองสร้าง

ขั้นที่ 5 การสะท้อนความแตกต่างด้วยการรับรู้ที่มีมาก่อน นักเรียนเขียนสิ่งที่คลาดเคลื่อนของโมเลกุลแก๊สไฮโดรเจนของตนเอง และเขียนใหม่อีกครั้งให้ถูกต้อง

ขั้นที่ 6 ขั้นการเชื่อมโยงสู่การคิดระดับอื่น นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์เรื่องแก๊สไฮโดรเจน



ขั้นที่ 7 การปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ นักเรียนนำตัวแทนความคิดทั้ง 3 ระดับ มาปรับใช้เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายโชติกุล รินลา เกิดเมื่อวันที่ 20 มกราคม พ.ศ.2534 ภูมิลำเนาจังหวัดชัยภูมิ สำเร็จการศึกษาปริญญาการศึกษาบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์-เคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ในปีการศึกษา 2556 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ วิชาเอกเคมี ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557 ระหว่างการศึกษาได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2558 และได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ประจำปีการศึกษา 2558 ปัจจุบันรับราชการครู ตำแหน่ง ครูผู้ช่วย วิชาเอกเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนซับใหญ่วิทยาคม อำเภอซับใหญ่ จังหวัดชัยภูมิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University