ผลการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา
ที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นางสาวพรณิชา พรหมเสนา

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 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF USING KURAL AND KOCAKULAH'S CONCEPTUAL CHANGE TEACHING MODEL ON UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS' CHEMISTRY CONCEPTIONS

Miss Pronnicha Phromsena

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 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นางสาวพรณิชา พรหมเสนา
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.เจนจิรา ปานชมพู

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ ดร.เจนจิรา ปานชมพู)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พรณิชา พรหมเสนา : ผลการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF USING KURAL AND KOCAKULAH'S CONCEPTUAL CHANGE TEACHING MODEL ON UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS' CHEMISTRY CONCEPTIONS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร.เจนจิรา ปานชมพู, 140 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบทดลองเบื้องต้น แบบการวิจัยกลุ่มเดียววัด 2 ครั้ง เทียบเกณฑ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ 2) ศึกษาร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา และ 3) ศึกษามโนทัศน์ทางเลือกในเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ในจังหวัดแพร่ จำนวน 42 คน ใช้เวลาในการทำวิจัย 2 เดือน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 8 แผน รวม 24 คาบ และแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี 12 ข้อ ครอบคลุมการวัด 12 มโนทัศน์ กำหนดเกณฑ์โดยใช้สัมประสิทธิ์ฟี (Ø)

ผลการวิจัยพบว่า

1) หลังเรียนเคมีด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) หลังเรียนเคมีด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา พบว่า นักเรียนที่มีพัฒนาการสูงขึ้นเท่ากับ ร้อยละ 52.58 ส่วนนักเรียนที่พัฒนาการลดลงเท่ากับ ร้อยละ 38.49 และนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เท่ากับ ร้อยละ 8.93

3) หลังเรียนเคมีด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา พบว่า มโนทัศน์เดียวที่นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกก่อนเรียน แต่ไม่พบมโนทัศน์ทางเลือกหลังเรียน คือ ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แต่อย่างไรก็ตามมโนทัศน์อื่นๆ ยังพบมโนทัศน์ทางเลือกหลังเรียนอยู่ซึ่งมีลักษณะเป็นหลักการหรือขั้นตอนของการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์และกระบวนการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5883426527 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: CHEMISTRY CONCEPTIONS / ALTERNATIVE CONCEPTIONS / KURAL AND KOCAKULAH'S CONCEPTUAL CHANGE MODEL

PRONNICHA PHROMSENA: EFFECTS OF USING KURAL AND KOCAKULAH'S CONCEPTUAL CHANGE TEACHING MODEL ON UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS' CHEMISTRY CONCEPTIONS. ADVISOR: PARINDA LIMPANONT PROMRATANA, Ed.D., CO-ADVISOR: JANJIRA PANCHOMPOO, D.Phil., 140 pp.

This study was a pre-experimental research using one group pretest-posttest design compared to the criterion. The aims of this study were to 1) study students' average scores after having learned chemistry through TMHCC compared to standard score, 2) study the percentage of students who developed chemistry conception after having learned chemistry through TMHCC, and 3) study students' alternative conceptions of organic chemistry conceptions after having learned chemistry through TMHCC. The participants were 42 eleventh-grade students who were studying in science-mathematic program of a public secondary school in Phrae, Thailand. This implementation spent 2 months. The research instruments were 8 lesson plans of 24 periods of teaching and a two-tier multiple choice test which consisted of 12 items covering 12 chemistry conceptions. The phi-coefficient (Ø) was used to determine the criterion.

The findings revealed that

1) After implementation, students' average scores in chemistry conception test was higher than criterion at .05 level of significance.

2) After implementation, the developed, declined, and no changed students' chemistry conceptions were 52.58%, 38.49%, and 8.93%, respectively.

3) Before implementation, there were alternative conceptions in all 12 concepts. "Definition of hydrocarbon" is the only topic that shows no alternative conception after implementation. The key features of the remaining alternative conceptions were the principle of nomenclature and the process of chemical reaction.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Curriculum and Instruction	Student's Signature	.....
Field of Study:	Science Education	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.เจนจิรา ปานชมพู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาอบรม สั่งสอน เป็นแบบอย่าง ให้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษา และให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยและการทำงานต่างๆ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณอาจารย์ทั้ง 2 ท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น รวมทั้งขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล ที่กรุณาให้คำปรึกษาเกี่ยวกับสถิติในการทำวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกเป็นเกียรติอย่างสูงที่ได้รับความกรุณาจากอาจารย์ทุกท่านในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคุณครูในหมวดวิทยาศาสตร์และนักเรียนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณนางสาวกรกนก เลิศเดชาภัทร รุ่นพี่ในสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ และกำลังใจที่ดีตลอดการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ในสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกคนที่เรียนมาด้วยกันคอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจทำให้มีความทรงจำดีๆ ที่เต็มไปด้วยความผูกพันตลอดระยะเวลาในการศึกษา ณ สาขาแห่งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และน้องชาย ที่คอยห่วงใยดูแล สนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอดและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ

สุดท้ายนี้ในการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ผู้วิจัยได้รับทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่ความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย 1
คำถามวิจัย 4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5
สมมติฐานการวิจัย 5
ขอบเขตการวิจัย 6
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
1. แนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ 10
1.1 แนวคิดการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์ 10
1.2 แนวคิดสรรคนิยม 10
1.3 เงื่อนไขเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ 10
2. รูปแบบการเรียนการสอนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ 13
3. เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ 22
4. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 23
4.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางเคมี 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.2 การจัดระดับมโนทัศน์ 23
4.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 25
4.4 วิธีการสร้างแบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ 33
4.5 มโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์ 38
4.5.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์ 38
4.5.2 สาเหตุการเกิดมโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์ 40
4.5.3 ประเภทของมโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์ 41
4.5.4 มโนทัศน์ทางเลือกที่พบมากในวิชาเคมี 42
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 46
กรอบแนวคิดในการวิจัย 49
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 50
1. รูปแบบการวิจัย 50
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 51
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 51
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 59
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 61
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 63
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาเมื่อเทียบกับเกณฑ์ 63
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา 64
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอน การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา 70
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

สรุปผลการวิจัย 78
อภิปรายผล 79
ข้อเสนอแนะ 86
รายการอ้างอิง 88
ภาคผนวก 96
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 98
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 99
ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 135
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 140

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 บทบาทครู บทบาทนักเรียนและตัวอย่างกิจกรรมของ TMHCC (Kural & Kocakulah, 2016) 18

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบการจัดระดับมโนทัศน์ระหว่าง Sendur and Toprak (2013) และ Sendur (2014) 24

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบการจัดระดับมโนทัศน์ระหว่าง Ultay and Calik (2016) และ Abraham et al. (1994) 24

ตารางที่ 2.4 การจัดระดับมโนทัศน์ของ Abraham et al. (1994) 27

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (Ozmen, 2009) 29

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (Ultay & Calik, 2016) 31

ตารางที่ 3.1 เนื้อหาและจำนวนคาบที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ 52

ตารางที่ 3.2 มโนทัศน์หลักของเนื้อหาของแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี 56

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การให้คะแนนโดยปรับมาจาก Ultay and Calik (2016) 57

ตารางที่ 3.4 คะแนนจุดตัด (Cut-off score) ของคะแนนมโนทัศน์ทางเคมี 60

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เคมีกับเกณฑ์ (คะแนนเต็ม 60 คะแนน) 63

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของจำนวนนักเรียนในพัฒนาการแต่ละระดับของมโนทัศน์ทางเคมี 64

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่มีพัฒนาการสูงขึ้น 65

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่มีพัฒนาการลดลง 67

ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการ 69

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

แผนภาพที่ 2.1 คำถามเกี่ยวกับการกระเจิงแสงของรังสีเอ็กซ์ในข้อสอบก่อนเรียนและ 26
แผนภาพที่ 2.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย 49
แผนภาพที่ 3.1 รูปแบบการวิจัยแบบ One group pretest-posttest..... 50
แผนภาพที่ 3.2 กราฟแสดงคะแนนเกณฑ์ของแบบวัดของมโนทัศน์ทางเคมี 60
แผนภาพที่ 5.1 การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน (หลังเรียน)..... 85
แผนภาพที่ 5.2 การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่มีพันธะสามที่อยู่ปลายโซ่หลัก (หลังเรียน)..... 85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

นักการศึกษาสนใจศึกษาความสำคัญของมโนทัศน์ทางเลือก (Alternative conception) มาเป็นเวลาหลายทศวรรษ เนื่องจากมโนทัศน์ทางเลือกมีอิทธิพลต่อการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเนื่องจากนักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางเลือกจะไม่รู้ว่าความรู้ที่ตนมีอยู่นั้นเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้องจึงมีแนวโน้มจะแปลความหมายข้อมูลหรือสิ่งต่างๆ ที่ตนเองเรียนรู้อย่างผิดๆ ตามมโนทัศน์ทางเลือกที่ตนเองมีอยู่ ดังนั้นการมีมโนทัศน์ทางเลือกยังเป็นอุปสรรคต้องการเรียนรู้มโนทัศน์ที่ถูกต้องของนักเรียน (Sendur & Toprak, 2013)

มโนทัศน์ทางเลือก (Alternative conception) หมายถึง ข้อความรู้ที่แตกต่างกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หรือตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (Clemet, 1993; Abimbola & Baba, 1996; Calik & Ayas, 2005) มโนทัศน์ทางเลือกมีที่มาจากหลายสาเหตุ สาเหตุหนึ่งคือลักษณะโดยธรรมชาติของเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรม ทำความเข้าใจด้วยตัวเองได้ยาก ทำให้นักเรียนมีแนวโน้มที่จะแปลความหมายมโนทัศน์ใหม่ตามความเข้าใจของตนเองซึ่งอาจไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Nakhlen, 1992) อีกสาเหตุหนึ่งคือ รูปภาพที่ปรากฏในหนังสือไม่สื่อความหมายและบริบทในบทเรียนได้อย่างชัดเจน นักเรียนจึงแปลความหมายรูปภาพตามการรับรู้และความเข้าใจของตน (National Research Council [NRC], 1997) นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีสอนแบบบรรยาย ซึ่งมีครูเป็นผู้บอกและถ่ายทอดความรู้เป็นหลัก จะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสที่จะแสดงความคิดและความเข้าใจของตนเอง ครูจึงไม่สามารถประเมินได้ว่านักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ดังกล่าวอย่างถูกต้องสมบูรณ์หรือไม่ หรือว่านักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกใดอยู่บ้าง ไม่สามารถแก้ไขมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนให้เป็นไปตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Chakraborty & Mondal, 2013) ประการสุดท้ายคือ ครูมีมโนทัศน์ทางเลือกส่งผลให้ครูถ่ายทอดมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องให้นักเรียน นักเรียนจึงมีมโนทัศน์ทางเลือกเกิดขึ้น (Calik & Ayas, 2005)

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์และครูวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายในการศึกษาวิธีการแก้ไขมโนทัศน์ทางเลือกให้เป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องโดย Posner et al. (1982) ได้เสนอทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Conceptual change theory, CCT) ว่า มโนทัศน์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ต้องอาศัยปัจจัย 4 ประการ ได้แก่ ความไม่พึงพอใจที่มีต่อมโนทัศน์ที่มีอยู่ มโนทัศน์ใหม่สามารถเข้าใจได้ง่าย มโนทัศน์ใหม่มีความน่าเชื่อถือ และมโนทัศน์ใหม่สามารถใช้

ประโยชน์ได้ จากนั้นนักการศึกษาจึงนำ CCT เป็นพื้นฐานในการสร้างและพัฒนารูปแบบการสอนที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ซึ่งมีรูปแบบหลากหลาย เช่น รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Dual Situated Learning Model, DSLM) รูปแบบการสอนสี่ขั้นตอนตามแนวสรรคนิยม (Four-Step constructivist teaching model) รูปแบบการเรียนการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Conceptual change model, CCM) เป็นต้น รูปแบบการเรียนการสอนที่ได้กล่าวมาช่วยในการลดมโนทัศน์ทางเลือกและเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งรวมถึงวิชาเคมี นอกจากนี้ Gabel (Gabel, 2003 cited in Ozmen et al., 2009) ได้กล่าวถึงวิธีการสอนหลากหลายวิธีที่จะสามารถลดมโนทัศน์ทางเลือกทางเคมีได้ เช่น รูปแบบวงจรการเรียนรู้ (Learning cycle approach) การเรียนรู้จากสถานการณ์จริง (Real-life situation) การเปรียบเทียบ (Analogies) การเรียนรู้แบบร่วมมือรวมพลัง (Collaborative learning) ผังมโนทัศน์ (Concept mapping) รูปแบบการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน (5E Instructional model) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-driven inquiry, ADI) เป็นวิธีหนึ่งที่รวมการเรียนรู้มโนทัศน์ทางเคมีกับการสืบสอบการโต้แย้ง เป็นต้น

เมื่อพิจารณาธรรมชาติของเนื้อหาวิชาเคมีซึ่งเป็นแขนงหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเข้าใจในมโนทัศน์ต่าง ๆ ได้ยาก เนื่องจากมีเนื้อหาเป็นนามธรรมมากกว่ารูปธรรม และเนื้อหาแตกต่างกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ดังนั้นนักเรียนส่วนใหญ่จึงมีมโนทัศน์ทางเลือกเกี่ยวกับวิชาเคมีในหลายหัวข้อ เช่น พันธะเคมี เคมีอินทรีย์ สมดุลเคมี ปริมาณสัมพันธ์ ไฟฟ้าเคมี เป็นต้น โดยเฉพาะเคมีอินทรีย์เรื่อง ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เป็นหัวข้อพื้นฐานที่นักเรียนควรรู้เพื่อแยกแยะประเภทของสารประกอบอินทรีย์และสามารถเรียนรู้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในระดับสูง เมื่อศึกษาผลการสอบ 9 วิชาสามัญโดยเฉพาะการทดสอบเกี่ยวกับมโนทัศน์ของนักเรียนในวิชาเคมี พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2560 มีคะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม นั่นคือ 27.43 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2561) ผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเคมีที่ไม่ถูกต้อง จึงต้องรับการแก้ไขให้มีมโนทัศน์ตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ยังพบหลักฐานเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการมีมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนทั้งจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเพื่อสำรวจมโนทัศน์ทางเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ พบมโนทัศน์ทางเลือกที่หลากหลายสอดคล้องกับ นันทยา ศรีขาว (2556) ที่ศึกษามโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกในเรื่อง พันธะของคาร์บอน เนื่องมาจากนักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกเรื่อง พันธะ-เคมี อยู่ก่อนแล้ว และนรา เขียวละลิ้ม (2556) ศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ เรื่อง สารประกอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ไฮโดรคาร์บอน พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกเกี่ยวกับความหมายของไฮโดรคาร์บอน การอ่าน-ชื่อสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ปฏิกิริยาเกี่ยวกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ไอโซเมอร์ เป็นต้น

จากปัญหาดังกล่าวจะเห็นได้ว่า นักเรียนไทยควรได้รับการพัฒนาให้รับรู้มโนทัศน์เคมีที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม จากการนำ CCT ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน พบว่า เป็นแนวคิดในการสร้างรูปแบบการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นแต่บางครั้ง CCT ไม่สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ได้ เนื่องจากรูปแบบการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ดังกล่าวใช้กระบวนการด้านพุทธิพิสัยในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เพียงอย่างเดียว ซึ่ง Pintrich et al. (1993) ได้ศึกษาทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของ Posner et al. (1982) และศึกษารูปแบบการเรียนการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Conceptual Change Model, CCM) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า รูปแบบการเรียนการสอนที่มีเป็นการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่เน้นด้านพุทธิพิสัยเพียงอย่างเดียว ทำให้การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียนไม่มีความหมาย เนื่องจากนักเรียนไม่ได้ตระหนักคุณค่าของการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์นั้น ๆ และไม่มีแรงจูงใจในการเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่ Pintrich et al. (1993) จึงได้นำแรงจูงใจ (Motivation) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของด้านจิตพิสัยมาประยุกต์โดยระบุในกระบวนการการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ จากแนวคิดของ Pintrich et al. (1993) จึงมีนักการศึกษาหลายท่านคิดและสร้างรูปการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่มีองค์ประกอบด้านจิตพิสัยมาช่วยในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ เช่น รูปแบบการสร้างโครงสร้างทางปัญญาใหม่เกี่ยวกับความรู้ (Cognitive Reconstruction of Knowledge Model, CRKM) ของ Dole and Sinatra (1998) รูปแบบการสอนด้านพุทธิพิสัยและด้านจิตพิสัยของการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Cognitive Affective Model of Conceptual Change, CAMCC) ของ Gregoire (2003) แนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งในการสอนวิทยาศาสตร์ Argumentation Approach in Teaching Science, AATS) ของ Zhou (2010) และรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา (Teaching Model for Hot Conceptual Change, TMHCC) เป็นต้น

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา (Kural & Kocakulah, 2016) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่เสริมประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนตามแนวคิดของ Posner et al. (1982) โดยนำแรงจูงใจ (Motivation) และการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด (Metacognition) เพิ่มเข้าไปในขั้นตอนของรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจให้กับบริบทการเรียนรู้ โดยขั้นที่ 2 การตรวจสอบความคิดเดิมและมโนทัศน์ที่มีอยู่ของนักเรียน ขั้นที่ 3 การแสดงมโนทัศน์ หรือนำเสนอเหตุการณ์ที่ทำให้ขัดแย้งกับความรู้ ขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา ขั้นที่ 5 การทำงานกลุ่ม/การโต้แย้ง ขั้นที่ 6 แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ใหม่ไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใช้แก้ปัญหาที่แตกต่าง และขั้นที่ 8 การประเมินผล โดยสอดแทรกกลยุทธ์แรงจูงใจในทุกขั้น และมีการเพิ่มการคิดเกี่ยวกับการรู้คิดเข้าไปในขั้นที่ 2 ขั้นที่ 5 6 7 และ 8 ทั้งนี้ Pintrinch et al. (1993) ได้ให้นิยามของแรงจูงใจว่า เป็นความสนใจของผู้เรียน ประสิทธิภาพของผู้เรียน เป้าหมายของผู้เรียน และคุณค่าของนักเรียน เป็นต้น Kocakulah and Kural (2016) นำรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาไปใช้ในเนื้อหาเกี่ยวกับฟิสิกส์ควอนตัม (Quantum physics) และปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric effect) ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการสอนดังกล่าวทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของตน ทำให้ผู้เรียนเกิดความไม่พึงพอใจมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิม พร้อมเปิดรับมโนทัศน์ใหม่ และส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เรื่อง ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ยังไม่มีการดำเนินการอย่างแพร่หลาย งานวิจัยที่พบส่วนใหญ่จะนำรูปแบบการสอนดังกล่าวไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เท่านั้น ยังไม่พบงานวิจัยที่นำไปใช้ในวิชาเคมี เมื่อพิจารณาด้านการศึกษามโนทัศน์ทางเคมีพบว่า มโนทัศน์ทางเคมีที่ไม่มีการศึกษาอย่างแพร่หลายคือ มโนทัศน์เรื่อง เคมีอินทรีย์ อีกทั้งจากการสัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการจำนวน 12 คน ในโรงเรียนนารีรัตน์จังหวัดแพร่ พบว่า มีมโนทัศน์ทางเลือกเกี่ยวกับเรื่องนี้ในมโนทัศน์ย่อยที่หลากหลาย เช่น ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีนและแอลไคน์ การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม ไอโซเมอร์ การเกิดสารประกอบเอไมด์ การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ โดยมีมโนทัศน์ย่อยทั้งหมด 12 มโนทัศน์ ได้แก่ 1) ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 2) การเขียนสูตรโครงสร้างเส้นและมุม 3) ไอโซเมอร์ 4) การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน 5) การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่พันธะสามอยู่ปลายโซ่หลัก 6) การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่พันธะสามอยู่ภายในโซ่หลัก 7) สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน 8) สารประกอบเอไมด์ 9) สารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก 10) จุดเดือดของสารประกอบแอลกอฮอล์ อีเทอร์ และฟีนอล 11) ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน และ 12) ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

คำถามวิจัย

1. การใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนได้หรือไม่ อย่างไร

2. หลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลานักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือก เรื่อง เคมีอินทรีย์ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาเปรียบเทียบกับเกณฑ์

2. เพื่อศึกษาร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์มโนทัศน์ทางเลือกในเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

สมมติฐานการวิจัย

แนวคิดของรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Conceptual Change Model) เป็นแนวคิดในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จากมโนทัศน์ทางเลือก (Alternative conception) ให้เป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific conception) ที่ถูกต้อง ในงานวิจัย Kocakulah and Kural (2016) ศึกษามโนทัศน์ที่เปลี่ยนแปลงหลังจากได้เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา เรื่องการหักเหของ Compton พบว่า รูปแบบการสอนดังกล่าวสามารถช่วยเปลี่ยนมโนทัศน์ของนักเรียนให้มีมโนทัศน์ตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีจำนวนร้อยละของนักเรียน เท่ากับ ร้อยละ 40 จากนี้ She (2003) ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Dual Situated Learning Model, DSLM) ศึกษามโนทัศน์เรื่อง การขยายตัวของความร้อน พบว่าหลังเรียนด้วย DSLM มีร้อยละของนักเรียนมากว่าร้อยละ 60 ที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์และมีการลดมโนทัศน์ทางเลือก นอกจากนี้ยังมีรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยลดมโนทัศน์ทางเคมี เช่น นันทยา ศรีขาว (2556) ใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนามโนทัศน์เรื่อง เคมีอินทรีย์ พบว่า หลังจากเรียนมีร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีร้อยละของจำนวนนักเรียน เท่ากับ ร้อยละ 67.5 ยังสอดคล้องกับ นรา เขียวละลิ้ม (2556) ใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแผนผังมโนทัศน์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน พบว่า หลังจากเรียนมีจำนวนร้อยละของนักเรียนที่มีตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีร้อยละของจำนวนนักเรียน เท่ากับ ร้อยละ 49.18

ดังนั้นจากการศึกษาเบื้องต้นจะพบว่า รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์สามารถเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์และสัมพันธ์กับระดับที่ใช้ในการวินิจฉัยระดับมโนทัศน์จึงตั้งสมมติฐานดังนี้

1. หลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีมากกว่าคะแนนจุดตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังจากเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาจะมีร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เขตพื้นที่การศึกษาเขต 37 จังหวัดแพร่ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตพื้นที่การศึกษาเขต 37 จังหวัดแพร่ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 1 ห้องเรียน

3. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

3.2 ตัวแปรตาม คือ มโนทัศน์ทางเคมี

4. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เคมีอินทรีย์

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา หมายถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนซึ่งใช้แนวคิดทำนักเรียนเกิดความไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์ที่มีอยู่ร่วมกับการสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิดให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจให้กับบริบทการเรียนรู้ (Motivating Students to Learning Context) การรับรู้วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ความน่าสนใจของเนื้อหาสาระและเชื่อมโยงสิ่งที่จะเรียนรู้กับชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความคิดเดิมและมโนทัศน์ที่มีอยู่ของนักเรียน (Eliciting students' ideas and preconceptions) การสำรวจความรู้เดิมและการใช้คำถามกระตุ้นคิดเพื่อให้เกิดการปรับระบบนิเวศทางการคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 3 การแสดงมโนทัศน์ หรือนำเสนอเหตุการณ์ที่ทำให้ขัดแย้งกับความรู้ (Overview which conception / knowledge will conflict with the discrepant event) การสรุปข้อความมโนทัศน์และวิเคราะห์ว่ามโนทัศน์ใดจำเป็นต่อการสร้างมโนทัศน์ให้ถูกต้อง โดยการใช้คำถามให้เกิดการไตร่ตรองเกี่ยวกับกับความรู้เดิมของตนเอง

ขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา (Creating cognitive conflict) การเสนอเหตุการณ์ที่สร้างความขัดแย้งทางปัญญาเพื่อกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกถึงความไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์ที่มีอยู่และขั้นที่ 5 การทำงานกลุ่ม/การโต้แย้ง (Group work / argumentation) การทำงานเป็นกลุ่มเพื่อสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งกับความรู้ที่มีอยู่เดิม และนำสู่การโต้แย้งในชั้นเรียน

ขั้นที่ 6 แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Introducing scientific concept) การคิดทบทวนและอภิปรายความขัดแย้งระหว่างมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่กับมโนทัศน์ใหม่ และจะประเมินความเข้าใจ ความน่าเชื่อถือ และประโยชน์ของมโนทัศน์ใหม่โดยใช้คำถามที่ท้าทายการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด

ขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่าง (Transferring new concepts to different problems) การเพิ่มพูนประสบการณ์โดยการใช้ปัญหาเฉพาะเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตประจำวันเพื่อนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่

ขั้นที่ 8 การประเมินผล (Evaluation) การประเมินการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์โดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ก่อนเรียนกับหลังเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. มโนทัศน์ทางเคมี (Chemistry conception) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเคมีที่เกิดจากการรับรู้ของบุคคลแล้วเชื่อมโยงสิ่งที่รับรู้ได้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเคมีเป็นคำจำกัดความทางเคมีโดยสรุป สามารถตรวจสอบโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ ที่ผู้วิจัยปรับเกณฑ์การให้คะแนนมาจากแนวคิดของ Ultay and Calik (2016) เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ จัดระดับของมโนทัศน์เป็น 5 ระดับมโนทัศน์ โดยพิจารณาจากคำตอบในตอนที่ 1 และตอนที่ 2 จะพิจารณาคำตอบในตอนที่ 2 เป็นหลัก ปรับมาจาก Ultay and Calik (2016), Sendur (2014), Sendur and Toprak (2013) และ Abraham et al. (1994) ดังนี้

1) ความเข้าใจมโนทัศน์ (Sound Understanding, SU) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางเคมีที่สอดคล้องถูกต้องตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2) ความเข้าใจบางส่วนของมโนทัศน์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางเคมีที่สอดคล้องถูกต้องตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่ครบถ้วน

3) ความเข้าใจบางส่วนของมโนทัศน์ที่แสดงมโนทัศน์ทางเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PUSAC) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางเคมีที่สอดคล้องถูกต้องบางส่วนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์แต่คำตอบบางส่วนที่เป็นมโนทัศน์ทางเลือก

4) มโนทัศน์ทางเลือกเฉพาะเจาะจง (Specific Alternative Conceptions, SAC) หมายถึง ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางเคมีที่ไม่มีส่วนที่สอดคล้องกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เลย

5) การไม่ตอบคำถามหรือไม่เข้าใจมโนทัศน์ (Blank or No Understanding, NU) หมายถึง การไม่ตอบคำถามหรือการตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่ศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของครูรัลและโคคาคูลาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยรายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ นำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

1. แนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์
    1.1 แนวคิดการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์
    1.2 แนวคิดตามทฤษฎีสรรคนิยม
    1.3 เงื่อนไขเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์
2. รูปแบบการเรียนการสอนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์
3. เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์
4. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
    4.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางเคมี
    4.2 การจัดกลุ่มมโนทัศน์
    4.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
    4.4 วิธีการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
    4.5 มโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์
        4.5.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์
        4.5.2 สาเหตุการเกิดมโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์
        4.5.3 ประเภทของมโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์
        4.5.4 มโนทัศน์ทางเลือกที่พบมากในวิชาเคมี
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีรายละเอียด ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. แนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

1.1 แนวคิดการปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์

การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ (Scientific revolution) ของ Kuhn (1970) ระบุเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ หรือปัญหาโดยที่มีการพิสูจน์โดยใช้วิธีการหรือแนวคิดที่หลากหลาย ซึ่งการศึกษาปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาเหล่านั้นบางครั้งอาจจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความรู้หรือกระบวนทัศน์ที่มีอยู่ของชุมชนนักวิทยาศาสตร์ เนื่องจากบางครั้งเกิดความผิดปกติ (Anomaly) กับสิ่งที่นักเรียนวิทยาศาสตร์ค้นพบ ทำให้นักวิทยาศาสตร์เริ่มที่เปลี่ยนความคิดจากมุมมองเดิมของตนในการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อเริ่มค้นหากระบวนทัศน์ ใหม่ ตามหลักปรัชญา (Philosophy) ถ้าความเป็นจริงที่เกิดขึ้นใหม่สามารถอธิบายกระบวนทัศน์ใหม่ได้ นักวิทยาศาสตร์เริ่มใช้กระบวนทัศน์ใหม่และละทิ้งกระบวนทัศน์เดิมของตน

1.2 แนวคิดสรรคนิยม

การสร้างความรู้ตามแนวคิดสรรคนิยม (Constructivism) (Tuckman & Monetti, 2011) ที่กล่าวว่า ถ้ามโนทัศน์ที่นักเรียนได้รับไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์ที่มีอยู่ของนักเรียนจะเกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) ทำให้นักเรียนรู้สึกไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์ที่อยู่จึงต้องมีการแก้ไขให้สอดคล้องกันโดยการปรับสมดุลซึ่งประกอบด้วย 2 กระบวนการ ได้แก่ การดูดซึมทางปัญญา (Assimilation) และการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) โดยการดูดซึมทางปัญญาเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมในโครงสร้างทางปัญญา (Schema) ของนักเรียนสอดคล้องกับสิ่งที่นักเรียนได้รับจากประสบการณ์ภายนอก แต่การปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนไม่สามารถนำมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ได้สำเร็จ ดังนั้นพวกเขาจึงตระหนักว่า มโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของพวกเขาไม่สามารถแก้ปัญหาในปรากฏการณ์ใหม่ได้ จากนั้นนักเรียนจึงต้องการเปลี่ยนแปลงหรือจัดกระทำมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิม

1.3 เงื่อนไขเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

จากแนวคิดสรรคนิยม กล่าวคือ ก่อนที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือจัดกระทำมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิม ในขั้นนี้เรียกว่า การปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์จะต้องมีเงื่อนไขมาเกี่ยวข้องโดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอเงื่อนไขในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ไว้หลากหลาย ดังต่อไปนี้

1.3.1 Posner et al. (1982) ได้เสนอเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ก่อนที่จะเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) ทั้งหมด 4 เงื่อนไขดังนี้

1) ความไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์ที่มีอยู่ (Dissatisfaction) ก่อนปรับโครงสร้างทางปัญญาจะเกิดขึ้น แต่ละบุคคลต้องมีสิ่งที่เป็นปริศนา (Puzzle) ที่ไม่สามารถแก้ปริศนาได้หรือมีความผิดปกติเกิดขึ้น (Anomaly) และความเสื่อมศรัทธากับมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของนักเรียนที่จะนำไปแก้ปัญหาเหล่านี้

2) มโนทัศน์ใหม่ต้องสามารถเข้าใจได้ง่าย (Intelligible) การทำความเข้าใจกับประสบการณ์ใหม่ที่พบเจอโดยใช้มโนทัศน์ใหม่ได้นั้นต้องอาศัยการใช้การเปรียบเทียบ (Analogy) และการพูดเปรียบเทียบ (Metaphor) ช่วยทำให้เข้าใจมโนทัศน์ใหม่ได้ง่ายขึ้น

3) มโนทัศน์ใหม่จะต้องปรากฏความน่าเชื่อถือ (Plausible) มโนทัศน์ใหม่ต่าง ๆ ที่นำมาใช้นั้น อย่างน้อยที่สุดต้องปรากฏสิ่งที่สามารถแก้ปัญหาที่ถูกสร้างขึ้นโดยคนที่แก้ปัญหามาก่อน มิฉะนั้นมโนทัศน์ใหม่จะไม่มีความน่าเชื่อถือ

4) มโนทัศน์ใหม่มีประโยชน์ (Fruitful) มโนทัศน์ใหม่ควรจะมีประโยชน์และมีประสิทธิภาพในการขยายขอบเขตในการประยุกต์มโนทัศน์ใหม่

นอกจากนี้ Posner et al. (1982) กล่าวถึงอีกหนึ่งองค์ประกอบที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์คือ ระบบนิเวศทางแนวคิด (Conceptual ecology) อีก 5 ลักษณะที่สำคัญที่เป็นตัวกำหนดทิศทางของการปรับโครงสร้างทางปัญญาโดยตรงที่ควบคุมกระบวนหลักของการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ซึ่งสอดคล้องกับ 4 เงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ดังนี้

1) ความผิดปกติ (Anomalies) เป็นลักษณะของมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ที่ไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ หรือเกิดความล้มเหลวในการใช้มโนทัศน์ที่มีอยู่ จึงต้องเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

2) การเปรียบเทียบ (Analogies and metaphors) เป็นวิธีหนึ่งที่นำการเปรียบเทียบมาใช้ในการแนะนำมโนทัศน์ใหม่และทำให้มโนทัศน์ใหม่เข้าใจง่ายขึ้น

3) ญาณวิทยาหรือวิธีที่นำมาซึ่งความรู้ (Epistemological commitments) มโนทัศน์ใหม่จะต้องสามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ได้ชัดเจน มีประโยชน์ สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างครอบคลุม ไม่ซับซ้อนหรือไม่เฉพาะเจาะจง

4) ความเชื่อทางอภิปรัชญาและมโนทัศน์ (Metaphysical beliefs and concept) ความเชื่อของแต่ละบุคคลมีมุมมองที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการเลือกที่จะเชื่อหรือไม่เชื่อในมโนทัศน์ที่อยู่และมโนทัศน์ใหม่ว่า มีอยู่จริงหรือไม่ โดยแต่ละมโนทัศน์ใหม่นั้นเกิดจากการพิสูจน์โดยตรงจากความเชื่อที่มีอยู่ของแต่ละบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) การแข่งขันมโนทัศน์ (Competing) เงื่อนไขหนึ่งในการเลือกมโนทัศน์คือ การเปรียบมโนทัศน์ใหม่กับมโนทัศน์ที่มีอยู่ ว่ามโนทัศน์ใหม่แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือและความมั่นใจที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาได้ดีกว่ามโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมได้

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า ลักษณะทั้งห้าประการของระบบนิเวศทางแนวคิดสัมพันธ์กับสี่เงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงของมโนทัศน์

1.3.2. Hewson and Hewson (1984) ได้เสนอเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ก่อนที่จะเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) ทั้งหมด มี 3 เงื่อนไข ดังนี้

1) มโนทัศน์ใหม่จำเป็นต้องเข้าใจง่าย (A new conception has to be intelligible) การที่ผู้เรียนศึกษามโนทัศน์หนึ่งจะต้องรู้ว่า มโนทัศน์ใหม่หมายความว่าอะไร สามารถสร้างให้สอดคล้องกับการเป็นตัวแทนของมโนทัศน์ได้ และเห็นว่ามีความสอดคล้องกับโครงสร้างทางปัญญาโดยปราศจากความเชื่อของมโนทัศน์ว่า เป็นความจริงก็จะทำให้เข้าใจในมโนทัศน์ใหม่ได้ง่ายขึ้น

2) มโนทัศน์ใหม่จำเป็นต้องมีจุดเริ่มต้นของความน่าเชื่อถือ (A new conception has to be initially plausible) บุคคลต้องเชื่อว่า มโนทัศน์ใหม่เป็นความจริงและมีความสอดคล้องกับมุมของผู้เรียน หมายถึง มโนทัศน์ที่มีอยู่ต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลกับมโนทัศน์ที่มีอยู่ปัจจุบันของผู้เรียน

3) มโนทัศน์ใหม่ต้องมีประโยชน์ (A new conception has to be fruitful) ก่อนที่บุคคลจะเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ นั่นคือ ถ้ามโนทัศน์ที่มีอยู่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ แต่มโนทัศน์ใหม่สามารถแก้ปัญหาที่ไม่เคยถูกแก้ได้มาก่อนจึงนำไปสู่แนวทางใหม่และแนวคิดใหม่ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยสรุปการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ได้นั้นจะมีเงื่อนไข 4 เงื่อนไขหลัก คือ มโนทัศน์ใหม่จะต้องสามารถเข้าใจได้ง่าย (Intelligible) มโนทัศน์ใหม่จะต้องปรากฏความน่าเชื่อถือ (Plausible) มโนทัศน์ใหม่มีประโยชน์ (Fruitful) เพื่อทำให้เกิดความไม่พึงพอใจในมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิม (Dissatisfaction) นอกจากเงื่อนไขแล้วยังมีระบบนิเวศทางแนวคิดที่ดีคือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งกับมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิม ยอมรับมโนทัศน์ใหม่ โดยจัดสภาพแวดล้อมให้เห็นความสำคัญของมโนทัศน์ใหม่ การนำไปใช้แก้ปัญหาใหม่ได้ หรือแลกเปลี่ยนความรู้ใหม่ได้ในหลากหลายบริบท

2. รูปแบบการเรียนการสอนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

2.1 ตัวอย่างรูปแบบการเรียนการสอนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

จากทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทำให้นักการศึกษาเสนอรูปแบบการสอนที่ช่วยในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์หลากหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบการสอนสี่ขั้นตอนตามแนวสรรคนิยม รูปแบบการเรียนการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา แนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งในการสอนวิทยาศาสตร์ รายละเอียด ดังนี้

Osborne and Wittrock (1983) cited in Calik et al. (2008) ได้เสนอรูปแบบการสอนสี่ขั้นตอนตามแนวสรรคนิยม (The four-step constructivist teaching model) โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบมโนทัศน์เดิม (Eliciting students' pre-existing ideas) ครูตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนโดยให้นักเรียนวาดภาพเพื่อตอบคำถาม

ขั้นที่ 2 เน้นมโนทัศน์ที่สำคัญ (Focusing on the target concept) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ เพื่อให้นักเรียนภายในกลุ่มช่วยค้นหาคำตอบเพื่อตอบคำถามของครูและสร้างมโนทัศน์ขึ้นจากการทำกิจกรรม ซึ่งในระหว่างขั้นนี้ครูจะเน้นมโนทัศน์ที่นักเรียนเข้าใจได้ยากโดยให้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมเพื่อจะใช้อธิบายสิ่งต่าง ๆ ในขั้นถัดไป แต่ครูจะไม่ชี้นำคำตอบที่ต้องการให้นักเรียนหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบมโนทัศน์ (Challenging students' ideas) ครูสำรวจและตรวจสอบความถูกต้องความรู้ของนักเรียนที่ได้สร้างในขั้นที่ 2 ซึ่งครูจะตรวจสอบว่าถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ โดยนักเรียนนำเสนอมโนทัศน์ที่ได้รับจากการทำกิจกรรม ถ้าความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นมานั้นไม่ถูกต้อง ครูจะได้ช่วยให้มโนทัศน์นั้นถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ประยุกต์มโนทัศน์ในสถานการณ์อื่น (Applying newly constructed ideas to similar situations) ครูถามคำถามนักเรียนเกี่ยวกับการนำมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นด้วยตนเองไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์นั้น ๆ เพิ่มมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Stephan (1991) ได้เสนอขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Conceptual change model, CCM) 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบมโนทัศน์เดิม (Commit to a position or outcome phase) ครูตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบมโนทัศน์เดิมของนักเรียน

ขั้นที่ 2 แสดงความเชื่อที่มีต่อมโนทัศน์ (Expose beliefs phase) ครูให้นักเรียนจัดกลุ่มเพื่อร่วมกันอภิปรายและแบ่งปันความรู้หรือความคิด พยากรณ์และร่วมกันให้เหตุผลเกี่ยวกับปัญหาที่ตั้งขึ้นภายในกลุ่มของตนเอง ซึ่งจะเกิดขึ้นก่อนที่จะลงมือทดสอบสมมติฐานของตนเองโดยผ่านการทำกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบมโนทัศน์ (Confront beliefs phase) นักเรียนสามารถตรวจสอบมโนทัศน์ที่มีอยู่โดยผ่านการเรียนรู้แบบร่วมมือรวมพลัง เพื่อที่จะหาข้อเท็จจริง เก็บข้อมูลมาเป็นหลักฐานในการสนับสนุนการตรวจสอบมโนทัศน์เดิม

ขั้นที่ 4 ปรับมโนทัศน์ (Accommodate the concept phase) นักเรียนจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ใหม่ที่ได้จากการสรุป การอภิปราย การโต้วาทีและการรวบรวมข้อมูลใหม่ เพื่อเป็นหลักฐานในการสนับสนุนทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

ขั้นที่ 5 ขยายมโนทัศน์ (Extend the concept phase) ครูนำเสนอสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนได้ประยุกต์และเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ใหม่ในสถานการณ์แตกต่างกัน

ขั้นที่ 6 นำมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ (Go beyond phase) นักเรียนเป็นผู้แสวงหาสถานการณ์ใหม่นอกเหนือจากสถานการณ์ที่ครูเป็นผู้จัดให้

She (2003) เสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Dual Situated Learning Model, DSLM) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะของมโนทัศน์ (Examining the attributes of science concept) ครูตรวจสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ของนักเรียน

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน (Probing the misconception of science concept) ครูตรวจสอบมโนทัศน์เดิมของนักเรียนที่มีอยู่ว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องที่ต้องการสอนโดยตรวจสอบด้วยวิธีการต่างๆ เช่น ให้นักเรียนวาดภาพเพื่อแสดงความเข้าใจเนื้อหามโนทัศน์นั้น ๆ ทำแบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นต้น

ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ผลของการตรวจสอบมโนทัศน์ (Analyzing the attribute of science concept) วิเคราะห์ผลการขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

เพื่อนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ไปสร้างสถานการณ์ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาทที่ใช้ในการปรับมโนทัศน์ของนักเรียนให้ถูกต้อง

ขั้นที่ 4 การออกแบบสถานการณ์ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Designing Dual-Situated Learning events) ครูออกแบบสถานการณ์ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท ตามคุณลักษณะของมโมทัศน์ที่นักเรียนไม่เข้าใจและมโนทัศน์คลาดเคลื่อนอย่างเฉพาะเจาะจงจากผลการวิเคราะห์ในขั้นที่ 3

ขั้นที่ 5 การนำเสนอสถานการณ์ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Instructing with Dual-Situated Learning events) ครูนำเสนอสถานการณ์ที่ได้ออกแบบในขั้นที่ 4 ให้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนช่วยกันสร้างและปรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง

ขั้นที่ 6 การนำเสนอสถานการณ์ที่ท้าทายให้กับนักเรียน (Challenging Situated learning events) ครูนำเสนอสถานการณ์ใหม่เพื่อให้นักเรียนประยุกต์มโนทัศน์ที่ได้รับการปรับจากเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ในขั้นที่ 5 เพื่อตรวจสอบว่า สามารถปรับมโนทัศน์เดิมของนักเรียนได้สำเร็จ

Dahsah et al. (2008) ได้นำสนอขั้นตอนการสอนเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้ Stoichiometry Learning Units (SLUs) 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. แสดงออกความคิดที่มีอยู่ (Express ideas) ครูใช้กิจกรรมเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดหรือการพยากรณ์เกี่ยวกับมโนทัศน์ซึ่งเป็นการระบุมโนทัศน์ที่มีอยู่ของนักเรียนออกมา

2.แบ่งปันความคิด (Share ideas) ครูกระตุ้นนักเรียนผ่านการให้นักเรียนอภิปรายและแบ่งปันความคิดหรือพยากรณ์เกี่ยวกับมโนทัศน์ของตนเองกับคู่ของตนเอง จากนั้นแบ่งปันความคิดของตนเองกับเพื่อร่วมชั้นเรียน

3. ท้าทายความคิด (Challenge ideas) ครูกระตุ้นนักเรียนโดยผ่านกิจกรรมหรือการทดลองเพื่อทดสอบการพยากรณ์หรือการสังเกต และยืนยันการพยากรณ์ของตนเอง

4.การปรับความคิด (Accommodate ideas) ครูกระตุ้นนักเรียนเพื่อปรับมโนทัศน์โดยการแก้ไขความขัดแย้งระหว่างความคิดที่มีอยู่กับการสังเกตและ/หรือการเชื่อมโยงกับบริบทที่เหมาะสม

5. ประยุกต์ความคิด (Apply ideas) ครูกระตุ้นนักเรียนเพื่อขยายและประยุกต์มโนทัศน์ที่นักเรียนได้เรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาอย่างมีความหมายและเพื่อนำมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์อื่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Zhou (2010) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งในการสอนวิทยาศาสตร์ (Argumentation Approach in Teaching Science, AATS) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เสนอปัญหา (Present problem context) ครูตั้งคำถามหรือนำเสนอบริบทที่เป็นปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนพยากรณ์และอธิบายปรากฏการณ์แสดงมโนทัศน์ที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องนั้นออกมา

ขั้นที่ 2 ตรวจสอบความคิดเดิมของนักเรียน (Elicit student ideas) ครูตั้งคำถามให้นักเรียนพยากรณ์ผลลัพธ์ของการทดลองหรือแปลความปรากฏการณ์ โดยสามารถแบ่งปันความคิดหรือการแปลความของปรากฏการณ์กับผู้ร่วมชั้นเรียนได้ ทำให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ที่มีอยู่ของตนเองและอาจจะเริ่มรู้สึกประหลาดใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของตนเองกับผู้ร่วมชั้นเรียน

ขั้นที่ 3 สร้างความขัดแย้งทางปัญญา (Create cognitive conflict) ครูออกแบบการทดลองหรือสถานการณ์ที่แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการทดลองหรือสถานการณ์ที่แตกต่างจากมโนทัศน์ที่มีอยู่ของผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนเห็นมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมไม่ถูกต้องมากขึ้น หรืออาจจะใช้วิธีการโต้แย้งเป็นอีกวิธีการสอนหนึ่งซึ่งนำไปสู่ความขัดแย้งในตนเองและสามารถจัดการกับความคิดเห็นของนักเรียนที่ไม่ถูกยอมรับออกไปได้

ขั้นที่ 4 สร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Construct scientific notions) ครูจัดการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้โดยใช้การสืบสอบเป็นฐาน (Inquiry-based learning) ซึ่งกิจกรรมของการเรียนรู้ดังกล่าวจะนำนักเรียนไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นที่ 5 ป้องกันมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Defend the scientific notion) ครูอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัยและแสดงให้เห็นว่ามโนทัศน์ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำไปประยุกต์ในสถานการณ์อื่นได้เพื่อท้าทายมโนทัศน์ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ขั้นที่ 6 การประเมินผล (Evaluation) ครูเปรียบเทียบระหว่างมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมของผู้เรียนกับมโนทัศน์ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และนำมโนทัศน์ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในปรากฏการณ์ใหม่เพื่อโน้มน้าวผู้เรียนให้เห็นคุณค่าของมโนทัศน์ใหม่ทางวิทยาศาสตร์

Kural and Kocakulah (2016) ได้เสนอรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา (Teaching Model for Hot Conceptual Change, TMHCC) มีทั้งหมด 8 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจให้กับบริบทการเรียนรู้ (Motivating Students to Learning Context) การรับรู้วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ความน่าสนใจของเนื้อหาสาระและเชื่อมโยงสิ่งที่จะเรียนรู้กับชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความคิดเดิมและมโนทัศน์ที่มีอยู่ของนักเรียน (Eliciting students' ideas and preconceptions) การสำรวจความรู้เดิมและการใช้คำถามกระตุ้นคิดเพื่อให้เกิดการปรับระบบนิเวศทางการคิด

ขั้นที่ 3 การแสดงมโนทัศน์ หรือนำเสนอเหตุการณ์ที่ทำให้ขัดแย้งกับความรู้ (Overview which conception / knowledge will conflict with the discrepant event) การสรุปข้อความมโนทัศน์และวิเคราะห์ว่ามโนทัศน์ใดจำเป็นต่อการสร้างมโนทัศน์ให้ถูกต้อง โดยการใช้คำถามให้เกิดการไตร่ตรองเกี่ยวกับกับความรู้เดิมของตนเอง

ขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา (Creating cognitive conflict) การเสนอเหตุการณ์ที่สร้างความขัดแย้งทางปัญญาเพื่อกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกถึงความไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์ที่มีอยู่ และขั้นที่ 5 การทำงานกลุ่ม/การโต้แย้ง (Group work / argumentation) การทำงานเป็นกลุ่มเพื่อสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งกับความรู้ที่มีอยู่เดิม และนำสู่การโต้แย้งในชั้นเรียน

ขั้นที่ 6 แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Introducing scientific concept) การคิดทบทวนและอภิปรายความขัดแย้งระหว่างมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่กับมโนทัศน์ใหม่ และจะประเมินความเข้าใจ ความน่าเชื่อถือ และประโยชน์ของมโนทัศน์ใหม่โดยใช้คำถามที่ท้าทายการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด

ขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่าง (Transferring new concepts to different problems) การเพิ่มพูนประสบการณ์โดยการใช้ปัญหาเฉพาะเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตประจำวันเพื่อนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่

ขั้นที่ 8 การประเมินผล (Evaluation) การประเมินการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์โดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ก่อนเรียนกับหลังเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่าง กิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นการสอนของคูรัลและโคคาคูลา

ตารางที่ 2.1 บทบาทครู บทบาทนักเรียนและตัวอย่างกิจกรรมของ TMHCC (Kural & Kocakulah, 2016)

ขั้นตอนของ TMHCC	ขั้นการสอน	ตัวอย่างของกิจกรรมในแต่ละขั้นการสอน
1. การสร้างแรงจูงใจให้กับบริบทการเรียนรู้ (Motivating students to learning context): การรับรู้วัตถุประสงค์การเรียนรู้ ความน่าสนใจของเนื้อหาสาระและเชื่อมโยงสิ่งที่จะเรียนรู้กับชีวิตประจำวัน	1. การระบุวัตถุประสงค์ของบทเรียน (What to learn?) บทบาทครู : 1) นำเสนอสิ่งเร้าและใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ 2) นำเสนอวัตถุประสงค์ของบทเรียนที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน บทบาทนักเรียน: ตอบคำถามจากสิ่งเร้าที่ครูนำเสนอ	ครูระบุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายในการเรียนบทเรียนเรื่อง Photoelectric effect เช่น 1) พวกเราจะเน้นการเรียนรู้เกี่ยวกับพื้นฐานของฟิสิกส์ควอนตัม 2) พวกเราจะเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะที่น่าสนใจของโลกควอนตัม 3) พวกเราจะเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้โฟโตเซลล์ 4) พวกเราจะเรียนรู้เกี่ยวกับการทำงานของประตูอัตโนมัติในร้านค้า
2. การตรวจสอบความคิดเดิมและมโนทัศน์ที่มีอยู่ของนักเรียน (Elicit students ideas and preconception): การสำรวจความรู้เดิมและการใช้คำถามกระตุ้นคิดเพื่อให้เกิดการปรับระบบนิเวศทางการคิด	2. การครุ่นคิดเกี่ยวกับคำถาม (Pondering Questions) บทบาทครู: ถามคำถามเพื่อท้าทายการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด (Metacognition) บทบาทนักเรียน: 1) ตรวจสอบความเข้าใจของตนโดยประเมินความน่าเชื่อถือของคำตอบและการตอบคำถามด้วยความเข้าใจ	ครูถามคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดครุ่นคิดเกี่ยวกับคำถาม เช่น 1) ถ้าเปลี่ยนสีของแสงไฟค่าของขั้วไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ 2) ถ้าเปลี่ยนความเข้มของแสงค่าของขั้วไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ 3) ถ้าย้ายแหล่งกำเนิดแสงให้ผ่านเอกสารประกอบการเรียนค่าของขั้วไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนของ TMHCC	ขั้นการสอน	ตัวอย่างของกิจกรรมในแต่ละขั้นการสอน
		หรือไม่ 4) ค่าของขั้วไฟฟ้าจะเปลี่ยนได้หรือไม่ ถ้าเปลี่ยนชนิดของโลหะที่นำมาเป็นขั้วไฟฟ้า
3. การแสดงมโนทัศน์ หรือนำเสนอเหตุการณ์ที่ทำให้ขัดแย้งกับความรู้ (Overview which conceptions/knowledge will conflict with the discrepant event): การสรุปข้อความมโนทัศน์และวิเคราะห์ว่ามโนทัศน์ใดจำเป็นต่อการสร้างมโนทัศน์ให้ถูกต้อง โดยการใช้คำถามให้เกิดการไตร่ตรองเกี่ยวกับความรู้เดิมของตนเอง	3. การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน (Let's examine the preconceptions) บทบาทครู : 1) สรุปข้อความมโนทัศน์ที่ขัดแย้งกับเหตุการณ์เพื่อให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา ข้อความมโนทัศน์ดังกล่าวได้จากการสัมภาษณ์และศึกษาจากเอกสารก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2) ถามคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของ โดยตั้งคำถามจากสรุปข้อความมโนทัศน์ข้างต้น บทบาทนักเรียน: ตอบคำถามเพื่อแสดงความรู้เดิมของตน	ครูถามคำถามตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน เช่น 1) ขั้วไฟฟ้าเป็นลบได้อย่างไร 2) ปัจจัยใดบ้างที่สามารถเพิ่มหรือเปลี่ยนค่าของขั้วไฟฟ้าได้ 3) เมื่อแผ่นโลหะของขั้วไฟฟ้าถูกเปิดนั้นหมายถึงอะไร 4) สามารถทำให้ขั้วไฟฟ้าเป็นกลางได้อย่างไร
4. การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา (Create cognitive conflict): การเสนอเหตุการณ์ที่สร้างความขัดแย้งทางปัญญาเพื่อกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกถึงความไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์ที่มีอยู่	4. ภารกิจวิทยาศาสตร์ (Mission science) บทบาทครู: 1) นำเสนอเหตุการณ์หรือสิ่งทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา พร้อมตั้งคำถาม	ภารกิจทางวิทยาศาสตร์ 1) ดูวิดีทัศน์ 2) ระบุปัจจัยที่ทำให้นักเรียนเกิดความไม่พึงพอใจกับความรู้เดิม 3) อธิบายวิธีการทดลองภายในกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนของ TMHCC	ขั้นการสอน	ตัวอย่างของกิจกรรมในแต่ละขั้นการสอน
5. การทำงานกลุ่ม/การโต้แย้ง (Groupwork/Argumentation): การทำงานเป็นกลุ่มเพื่อสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งกับความรู้ที่มีอยู่เดิม และนำสู่การโต้แย้งในชั้นเรียน	2) ครูให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อสังเกตและอธิบายเหตุการณ์ที่ครูนำเสนอในขั้นที่ 4 ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา 3) ระบุประเด็นจากเหตุการณ์ที่ได้นำเสนอเพื่อให้นักเรียนโต้แย้งกัน บทบาทนักเรียน: 1) ตอบคำถามเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่ได้นำเสนอภายในกลุ่ม 2) โต้แย้งเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่ได้นำเสนอ 3) สรุปข้อความรู้ที่ได้จากการตอบคำถามและการโต้แย้ง	นักเรียนตอบคำถามต่อเนื่องในขณะที่กำลังศึกษาโจทย์หรือเหตุการณ์ในกิจกรรมที่ครูกำหนด ตัวอย่างคำถาม 1) คำอธิบายของนักเรียนสามารถเข้าใจได้หรือไม่ 2) นักเรียนมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุนคำอธิบายหรือไม่ 3) นักเรียนเข้าใจหลักฐานที่ปรากฏเพียงพอหรือไม่ 4) นักเรียนเข้าใจวัตถุประสงค์ขอหลักฐานที่ปรากฏหรือไม่
6. แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Introducing scientific concept): การคิดทบทวนและอภิปรายความขัดแย้งระหว่างมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่กับมโนทัศน์ใหม่ และจะประเมินความเข้าใจ ความน่าเชื่อถือ และประโยชน์ของมโนทัศน์ใหม่โดยใช้คำถามที่ท้าทายการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด	5. การแนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง (Let's introduce with scientific concept) บทบาทครู: 1) ตั้งคำถามสำคัญเพื่อนำไปสู่การสรุปข้อความรู้และตรวจสอบมโนทัศน์ที่นักเรียนมีอยู่และมโนทัศน์ที่ได้จากการสังเคราะห์คำตอบของกลุ่มนักเรียน 2) นำเสนอมโนทัศน์ใหม่ที่ตรง	การสรุปมโนทัศน์เรื่องปรากฏการณ์โฟโต้อิเล็กโทร-ทริกโดยการถามคำถาม เช่น 1) การเพิ่มความเข้มแสงไม่ส่งผลต่อการปล่อยของอิเล็กตรอนจากโลหะ เพราะเหตุใด 2) ปัจจัยใดที่ฟิสิกส์แบบดั้งเดิมไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโต้อิเล็กทริกได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนของ TMHCC	ขั้นการสอน	ตัวอย่างของกิจกรรมในแต่ละขั้นการสอน
	กับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ บทบาทนักเรียน: ตอบคำถามเพื่อทำความเข้าใจกับข้อสรุปของกลุ่ม และเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง	
7. การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่าง (Transferring new concept to different problems): การเพิ่มพูนประสบการณ์โดยการใช้ปัญหาเฉพาะเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตประจำวันเพื่อนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่	6. แก้ปัญหา (Let's solve a problem) บทบาทครู: 1) เสนอโจทย์ปัญหาใหม่เพื่อให้นักเรียนใช้มโนทัศน์ใหม่ในสถานการณ์ดังกล่าว 2) ระบุประโยชน์และคุณค่าของมโนทัศน์ใหม่ที่ได้เรียนรู้ บทบาทนักเรียน: แก้โจทย์ปัญหาที่ครูกำหนดให้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง	ครูให้นักเรียนวาดกราฟระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ในวงจรของโฟโต้เซลล์ โดยใช้สถานการณ์จำลองเหมือนกัน จากนั้นนักเรียนใช้ความรู้ที่ได้ในการแก้ปัญหาในส่วนอื่น เช่น "ปัจจัยใดที่มีผลทำให้ในวงจรมีกระแสไฟฟ้าสูงสุด"หรือ "ปัจจัยใดที่ทำให้หยุดความต่างศักย์ในวงจร"
8. การประเมินผล (Evaluation): การประเมินการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์โดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ก่อนเรียนกับหลังเรียน	7. การประเมิน (Evaluation) บทบาทครู: 1) ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนระบุมโนทัศน์ที่มีอยู่ก่อนเริ่มการจัดการเรียนรู้ และมโนทัศน์หลังเรียนด้วย TMHCC 2) ใช้คำถามให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า 2.1) นักเรียนเปลี่ยนมโนทัศน์หรือไม่	คำถามที่ใช้ในการประเมิน เช่น 1) ถ้านักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ขึ้นไหนของวิธีการสอนนี้ทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลง 2) ปัจจัยใดที่ทำให้มโนทัศน์เดิมของนักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาหรืออธิบายปัญหาได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนของ TMHCC	ขั้นการสอน	ตัวอย่างของกิจกรรมในแต่ละขั้นการสอน
	2.2) ถ้านักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ สาเหตุใดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ บทบาทนักเรียน: 1) พิจารณาว่าตนเองเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์หรือไม่ 2) ระบุสิ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์หรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์	

3. เทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

นอกจากรูปแบบการเรียนการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ยังมีเทคนิคที่ช่วยในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือการจัดการเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน แผนผังมโนทัศน์ เป็นต้น ซึ่งนำเสนอรายละเอียดตามลำดับดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative learning)

เป็นการจัดการเรียนรู้โดยเรียนรู้เป็นการจัดกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ซึ่งในหนึ่งกลุ่มควรที่จะมีนักเรียนที่มีความหลากหลายในด้านต่างๆ เช่น เพศ เชื้อชาติ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน เป็นต้น ซึ่งงานหรือกิจกรรมที่จัดให้นักเรียนต้องเฉพาะเจาะจงกับมโนทัศน์ที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้และเสริมสร้างทักษะทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ที่มีอยู่ของนักเรียนแต่ละกลุ่มโดยที่ทุกคนในกลุ่มสามารถแลกเปลี่ยนความรู้ แสดงความคิดเห็น ช่วยกันแก้ปัญหาและทำกิจกรรมร่วมกันภายในกลุ่ม

2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน (Computer-Based Learning)

เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ในลดมโนทัศน์ทางเลือกหรือเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ และเพิ่มความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หรือเข้าใจการแสดงผลในระดับต่างๆ ทางเคมี (Wu, 2001;Talib, 2005; Yumusak, 2015) เนื่องจากเนื้อหาบางอย่างเป็นนามธรรมทำให้เข้าใจได้ยากจึง

มีโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ช่วยในสร้างแบบจำลองหรือสถานการณ์จำลองเพื่อเพิ่มความเข้าใจในมโนทัศน์ต่างๆ ได้เพิ่มมากขึ้น

3) ผังมโนทัศน์ (Concept Mapping)

เป็นเทคนิคที่ใช้ในตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ในวิชาเคมีเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนสามารถสร้าง สะท้อนมโนทัศน์ที่มีอยู่และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่มีอยู่เข้าด้วยกัน (Francisco, Nakhleh, Nurrenbern, Miller, 2002; Nash, 2000; Uzuntiryaki & Geban, 2005)

4. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางเคมี

จากการศึกษาของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์โดยทั่วไปนั้น หมายถึงความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ได้จากการจัดกลุ่มสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ได้จากการได้รับประสบการณ์จากสิ่งนั้นๆ โดยใช้คำหรือสัญลักษณ์แทนสิ่ง ๆ นั้น ซึ่งจะมีความหมายคล้ายคลึงกับมโนทัศน์ในทางวิทยาศาสตร์ โดยมีบุคคลต่างๆ ให้ความหมายที่หลากหลายของความหมายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยสรุป หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหรือวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่เป็นข้อเท็จจริงสามารถรับรู้ได้ (Klopfer, 1971; มังกร ทองสุขดี, 2522; ภพ เลาหไพบูลย์, 2537) โดยรายวิชาวิทยาศาสตร์ยังมีส่วนประกอบรายวิชาย่อยอีก 3 รายวิชา ได้แก่ ฟิสิกส์ ชีววิทยา และเคมี จะเห็นได้ว่าวิชาเคมีเป็นแขนงหนึ่งในวิชาวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาจากความหมายของมโนทัศน์ และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปมาเป็นความหมายของมโนทัศน์ทางเคมี ว่า หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเคมีที่เกิดจากการรับรู้ของบุคคลแล้วเชื่อมโยงสิ่งที่รับรู้ได้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาเคมีเป็นคำจำกัดความทางเคมีโดยสรุป

4.2 การจัดระดับมโนทัศน์

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ มีนักการศึกษาแบ่งระดับมโนทัศน์ได้หลากหลายระดับ โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การจัดระดับมโนทัศน์ที่ไม่มีการแปลความเป็นคะแนน และ 2) การจัดระดับมโนทัศน์ที่มีการแปลความให้เป็นคะแนน ดังต่อไปนี้

4.2.1 การจัดระดับมโนทัศน์ที่ไม่มีการแปลความเป็นคะแนน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบการจัดระดับมโนทัศน์ระหว่าง Sendur and Toprak (2013) และ Sendur (2014)

ระดับมโนทัศน์ของนักการศึกษา	
Sendur and Toprak (2013)	Sendur (2014)
ความเข้าใจในมโนทัศน์ (Sound Understanding, SU)	ความเข้าใจในมโนทัศน์ (Sound Understanding, SU)
	ความเข้าใจบางส่วนของมโนทัศน์ (Partial Understanding, PU)
ความเข้าใจบางส่วนและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Particular Understanding with Specific misconception, PUSM)	ความเข้าใจบางส่วนที่มโนทัศน์ทางเลือก (Particular Understanding with Alternative Conception, PUAC)
มโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง (Specific Misconception, SM)	มโนทัศน์ทางเลือก (Alternative Conception, AC)
	ไม่ตอบคำถาม (No Response, NR)

4.2.2 การจัดระดับมโนทัศน์ที่มีการแปลความเป็นคะแนน ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบการจัดระดับมโนทัศน์ระหว่าง Ultay and Calik (2016) และ Abraham et al. (1994)

Ultay and Calik (2016)		Abraham et al. (1994)	
คะแนน	ระดับมโนทัศน์	คะแนน	ระดับมโนทัศน์
3	ความเข้าใจมโนทัศน์ (Sound Understanding, SU)	4	ความเข้าใจมโนทัศน์ (Sound Understanding, SU)
2	ความเข้าใจบางส่วนของมโนทัศน์ (Partial Understanding, PU)	3	ความเข้าใจบางส่วนของมโนทัศน์ (Partial Understanding, PU)
1	ความเข้าใจบางส่วนของมโนทัศน์ที่	2	ความเข้าใจบางส่วนและมโนทัศน์

Ultay and Calik (2016)		Abraham et al. (1994)	
คะแนน	ระดับมโนทัศน์	คะแนน	ระดับมโนทัศน์
	แสดงมโนทัศน์ทางเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PUSAC)		ที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with a Specific Misconception, PU/SM)
		1	มโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง (Specific Misconception, SM)
0	ไม่ตอบคำถามหรือไม่เข้าใจมโนทัศน์ (Blank or No Undsrsanding, NU)	0	ไม่ตอบคำถามหรือไม่เข้าใจมโนทัศน์ (No Understanding, NU)

4.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีนักการศึกษาได้กล่าวถึง แนวทางการวินิจฉัยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ ลักษณะของแบบทดสอบและตัวอย่างเครื่องมือของแบบทดสอบ และเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

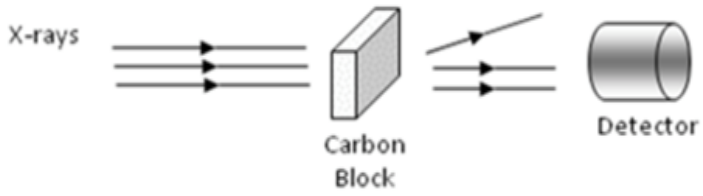
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.1 ลักษณะของแบบทดสอบและตัวอย่างเครื่องมือของแบบทดสอบ

1) แบบทดสอบคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended questions) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการตรวจสอบมโนทัศน์เดิม ตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือกและระดับความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนซึ่งลักษณะของคำถามเป็นคำถามแบบปลายเปิด โดยให้นักเรียนอธิบายคำตอบโดยการเขียนการวาดภาพประกอบ หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งจากการศึกษามีนักการศึกษาใช้คำถามปลายเปิด ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างเครื่องมือของแบบทดสอบคำถามแบบปลายเปิด

Kocakulah and Kural (2016) ใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ชั้น เรื่อง ฟิสิกส์สมัยใหม่ (Modern Physics Concept Test, MPCT) โดยใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ทั้งหมด 11 ข้อ เกี่ยวกับ Compton scattering ดังแผนภาพต่อไปนี้



คำถาม จากรูปแสดงให้เห็นว่า เกิดการปล่อยรังสีเอ็กซ์ (X-rays) ไปยังกล่องคาร์บอน (Carbon block) จากนั้นจะสังเกตว่า รังสีเอ็กซ์เคลื่อนที่ไปยังเครื่องตรวจวัด (Detector) ความยาว (Wavelength) ของรังสีเอ็กซ์ หลังจากการทดลองพบว่า ลำแสงของรังสีเอ็กซ์บางลำแสงเกิดหักเห ในขณะเดียวกันก็มีบางลำแสงของรังสีเอ็กซ์ไม่เกิดการหักเหซึ่งการหักเหนั้นส่งผลต่อความยาวของรังสีเอ็กซ์ กล่าวคือ รังสีเอ็กซ์ที่เกิดการหักเหหลังจากผ่านกล่องคาร์บอนจะทำให้ความยาวของรังสีเอ็กซ์มีความยาวเพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างจากรังสีที่ไม่เกิดการหักเหความยาวของรังสีเอ็กซ์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวของรังสีเอ็กซ์เกิดขึ้น สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นเพราะเหตุใด จงอธิบาย

.....

.....

แผนภาพที่ 2.1 คำถามเกี่ยวกับการกระเจิงแสงของรังสีเอ็กซ์ในข้อสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Kocakulah & Kural, 2016)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Abraham et al. (1994) ศึกษามโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนทั้งหมด 5 เรื่อง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี การละลายของของแข็งในน้ำ การอนุรักษ์ของอะตอม สมบัติของธาตุในตารางธาตุ และการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร ใช้แบบทดสอบแบบปลายเปิดเป็นเครื่องที่ใช้ในการศึกษามโนทัศน์ทางเคมีในเรื่องดังกล่าว ตัวอย่างคำถามดังนี้

เมื่อเหล็กเกิดสนิทเกิดจากเหล็กจำนวน 1 ล้านอะตอม รวมกับแก๊สออกซิเจนจำนวน 1 ล้านอะตอม ดังสมการตัวหนังสือต่อไปนี้

Iron + Oxygen → iron oxide (rust)

สมการเคมี A : การเกิดสนิทของเหล็กดังนี้

$$\underline{4}Fe + \underline{3}\,O_2 \rightarrow \underline{2}\,Fe_2O_3$$

A. จากสมการเคมี A จงอธิบายที่มาของเลขสัมประสิทธิ์ที่เขียนเส้นใต้

.....

.....

.....

B. ถ้ามีเหล็กจำนวน 100 ล้านอะตอม จะต้องมีแก๊สออกซิเจนจำนวนเท่าไรที่จะสามารถเกิดปฏิกิริยากับอะตอมของเหล็กได้

.....

.....

.....

โดยให้จัดระดับมโนทัศน์และให้คะแนนดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การจัดระดับมโนทัศน์ของ Abraham et al. (1994)

คะแนน	**ระดับมโนทัศน์**
0	ไม่มีความเข้าใจมโนทัศน์ (No Understanding, NU)
1	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง (Specific Miisconception, SM)
2	ความเข้าใจของมโนทัศน์บางส่วนแต่แสดงมโนทัศน์คลาดเคลื่อนอย่างเฉพาะเจาะจง (Partial Understanding with a Specific Misconception, PU/SM)
3	ความเข้าใจของมโนทัศน์บางส่วน (Partial Understanding, PU)
4	ความเข้าใจมโนทัศน์ (Sound Understanding, SU)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Kocakulah and Kural (2016) จัดกลุ่มตอบคำถามไว้ทั้งหมด 4 กลุ่มใหญ่ดังนี้

คำตอบเป็นที่ยอมรับกันทางวิทยาศาสตร์ (Scientifically acceptable response) จะแบ่งเป็น 2 กลุ่มคำตอบย่อยคือ คำตอบที่ถูกต้องตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Full argument) และ คำตอบที่ถูกต้องบางส่วนทางมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Part of argument) คำตอบที่ไม่ยอมรับกันทางวิทยาศาสตร์ (Scientifically unacceptable response) จะแบ่งเป็น 3 กลุ่มคำตอบย่อยคือ คำตอบอยู่บนพื้นฐานของฟิสิกส์สมัยใหม่ (Responses based on modern physics) คำตอบอยู่บนพื้นฐานของฟิสิกส์ดั้งเดิม (Responses based on classical physics) และคำตอบที่เกิดขึ้นเอง (Intuitive responses) คำตอบที่ไม่ตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Uncodeable responses) คำตอบที่ไม่ตรงกับองค์ประกอบของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การไม่มีคำตอบ (No response) ไม่มีคำตอบในข้อถามนั้น

2) แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (Two-tier multiple choice) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดมโนทัศน์ของนักเรียนและตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนก่อนการทดลองและหลังการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในตอบที่ 1 ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญที่ศึกษาการวัดมโนทัศน์ทางเคมี ดังนี้

<u>ตัวอย่างเครื่องมือของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ</u>

Karsli and Calik (2011) ใช้แบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับในการตรวจสอบมโนทัศน์ของนักเรียน เรื่อง เซลล์ไฟฟ้าเคมี โดยมีลักษณะของข้อสอบเป็นตอนที่ 1 มีตัวเลือกให้เลือกตอบ และตอนที่ 2 เขียนเหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบตอนที่ 1 ดังตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>คำถาม</u> ข้อความใดอธิบายเกี่ยวกับหน้าที่ของสะพานเกลือในเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้ถูกต้อง

1) สะพานเกลือทำหน้าที่ดูดซับไอออนที่ซับซ้อนจากกระบวนการออกซิเดชัน

2) สะพานเกลือทำหน้าที่อำนวยความสะดวกของการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสารละลาย

3) สะพานเกลือทำหน้าที่ปรับสมดุลระดับของของเหลวในแต่ละครึ่งเซลล์ไฟฟ้าเคมี

4) สะพานเกลือทำหน้าที่ควบคุมการเข้า-ออก ของประจุไอออนที่เคลื่อนที่ในแต่ละครึ่งเซลล์ไฟฟ้าเคมี

5) สะพานเกลือทำหน้าที่ช่วยไอออนในการเคลื่อนย้ายไอออนจากขั้วแคโทดไปยังขั้วแอโนด

เหตุผล จงเขียนเหตุผลเพื่ออธิบายคำตอบในตอนที่ 1

.....

.....

Ozmen (2009) ได้ศึกษาผลของการใช้เนื้อหาที่มีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Conceptual change texts) ร่วมกับการใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation) เพื่อเพิ่มความเข้าใจมโนทัศน์และลดมโนทัศน์ทางเลือก (Alternative conception) เกี่ยวกับพันธะเคมีในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ใช้เครื่องมือในการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบเรื่องพันธะเคมี (Chemical Bonding Achievement Test: CBAT) ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ ดังแสดงต่อไปนี้

คำถาม พันธะไฮโดรเจน เป็นหนึ่งในพันธะที่แข็งแรงที่สุดในโมเลกุล

(1) ถูก (2) ผิด

เหตุผล

ก. พันธะไฮโดรเจนเป็นพันธะภายในโมเลกุล

ข. พันธะไฮโดรเจนเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมไฮโดรเจน 2 อะตอม

ค. พันธะไฮโดรเจนเป็นแรงระหว่างโมเลกุลที่ไม่แข็งแรง

ง. พันธะไฮโดรเจนเป็นพันธะโคเวเลนต์ชนิดหนึ่ง

โดย Ozmen (2009) ใช้เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ เรื่องพันธะเคมี ดังตารางที่ 2.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (Ozmen, 2009)

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเชิงเนื้อหา	ตอนที่ 2 เหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในตอนที่ 1	คะแนน
ถูกต้อง	ถูกต้อง	3
ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง	2
ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	1
ไม่ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	0

จากตารางที่ 2.5 สามารถจัดกลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางเลือกก็ต่อเมื่อเลือกคำตอบไม่ถูกต้องในตอนใดตอนหนึ่งของแบบทดสอบ แต่ถ้านักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องในทั้งสองตอน

Ultay and Calik (2016) ใช้เครื่องมือการตรวจสอบมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องกรดและเบส (Acid-Base Chemistry Concept Test, ABCCT) ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ แสดงตัวอย่างของแบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ เป็นแบบ 2 ลักษณะ คือ 1) ตอนที่ 1 และตอนที่ 2 มีตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบ และ 2) ตอนที่ 1 มีตัวเลือกให้นักเรียนตอบและตอนที่ 2 เว้นที่ว่างให้นักเรียนตอบแบบอัตนัย ต่อไปนี้

ลักษณะที่ 1

คำถาม HCl และ NH_3 เป็นกรด แต่ NH_3 เป็นกรดที่แรงกว่า HCl

(1) ถูก (2) ผิด (3) ไม่มีข้อใดถูกต้อง

เหตุผล

ก. NH_3 มีอะตอมของไฮโดรเจนมากกว่า

ข. ค่า pOH ของ NH_3 ที่มากกว่า HCl

ค. NH_3 มีพันธะไฮโดรเจนหลายพันธะ

ง. NH_3 ที่รวมถึงอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งมีสมบัติเป็นเบส

ลักษณะที่ 2

คำถาม ความแรงกรด (Acid strength) ขึ้นอยู่กับจำนวนอะตอมของไฮโดรเจน
ขณะที่ความแรงของเบส (Base strength) ขึ้นอยู่กับจำนวนโมเลกุลของไฮดรอกไซด์

(1) ถูก (2) ผิด (3) ไม่มีข้อใดถูกต้อง

เหตุผล

.....

.....

โดย Ultay and Calik (2016) ได้ดัดแปลงเกณฑ์มาจากคำแนะนำของ Abraham Gryzybowski Renner & Marek (1992) cited in Ultay and Calik (2016) แบ่งเป็น 2 ตอน ในแต่ละข้อ โดยตอนที่ 1 เป็นแบบตัวเลือก ซึ่งแบ่งคำตอบได้เป็น 3 แบบ ส่วนตอนที่ 2 จะให้นักเรียนคำตอบเพื่อแสดงเหตุผลโดยให้ตอบแบบอัตนัย จึงแบ่งเป็น 4 ระดับความเข้าใจมโนทัศน์ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

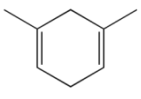
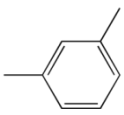
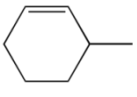
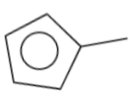
ตารางที่ 2.6 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (Ultay & Calik, 2016)

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเชิงเนื้อหา	คะแนน	ตอนที่ 2 เหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในตอนที่ 1	คะแนน
ถูกต้อง	2	ความเข้าใจมโนทัศน์ (Sound Understanding, SU)	3
ไม่ถูกต้อง	1	ความเข้าใจมโนทัศน์บางส่วน (Partial Understanding, PU)	2
ไม่เลือกคำตอบ	0	ความเข้าใจมโนทัศน์บางส่วนโดยแสดงมโนทัศน์ทางเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PUSAC)	1
		ไม่มีความเข้าใจมโนทัศน์หรือไม่แสดงเหตุผล (No Understanding or Blank, NU)	0

จากคำตอบของนักเรียนได้มีการจัดกลุ่มว่าผู้เรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางเลือก เรื่อง กรดและเบสเป็นดังนี้ คือ ถ้านักเรียนตอบคำถามตอนที่ 1 ถูกต้องและให้เหตุผลอยู่ในระดับความเข้าใจมโนทัศน์ (SU) แสดงว่า นักเรียนไม่มีมโนทัศน์ทางเลือกและมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แต่ถ้านักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูกต้องหรือไม่เติมคำตอบและให้เหตุผลในตอนที่ 2 ไม่อยู่ในระดับความเข้าใจมโนทัศน์ แสดงว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกในเชิงเนื้อหาและไม่มีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

นรา เขียวละลิ้ม (2556) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยใช้แบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ลำดับชั้น ประกอบด้วย ตอนที่ 1 มีตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบ และตอนที่ 2 เว้นที่ว่างให้นักเรียนตอบแบบอัตนัย ต่อไปนี้

<u>คำถาม</u> ข้อใดต่อไปนี้จัดเป็นสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

1. 
2. 
3. 
4. 

เหตุผล สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน มีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

นันทยา ศรีขาว (2556) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยใช้แบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ ประกอบด้วย ตอนที่ 1 มีตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบ และตอนที่ 2 เว้นที่ว่างให้นักเรียนตอบแบบอัตนัย ต่อไปนี้

คำถาม ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

ข้อ	แอลกอฮอล์	คีโตน	คาร์บอกซิลิก	แอลดีไฮด์
ก	C_2H_5OH	CH_3COOCH_3	CH_3COCH_3	$C_2H_5COCH_3$
ข	$CH_3CH_2CH_2OH$	CH_3COCH_3	C_3H_7COOH	CH_3CH_2COH
ค	$C_2H_5COCH_3$	$C_2H_2O_4$	CH_3COH	CH_3CH_2COOH
ง	CH_3CH_2COOH	CH_3CH_2COH	CH_3COOCH_3	CH_3CONH_2

เหตุผล

.....

.....

1.3) แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับ (Three-tier diagnostic test) เป็นแบบทดสอบใช้ตรวจสอบมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางเลือก ประกอบด้วย 3 ระดับ ได้แก่ ระดับแรกประกอบด้วยคำถามและคำตอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ระดับที่สองประกอบด้วยตัวเลือกที่แสดงเหตุผลสนับสนุนในการเลือกระดับแรกซึ่งมี 5 ตัวเลือก โดยในตัวเลือกที่ 5 สามารถระบุเหตุผลอย่างอิสระได้ ระดับที่สามแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก เป็นการยืนยันความแน่ใจในการตอบคำถามทั้ง 2 ระดับ โดยในงานวิจัยของ เลิศบุษยา ไทยเจริญ (2558) ใช้แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับ ในเรื่อง ระบบหายใจ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

คำถาม อะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้ปอดขยายใหญ่ เมื่อเราหายใจเข้า

1) การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

2) การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจน

3) การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของทรวงอก

4) การทำงานของถุงลม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>เหตุผล</u>

1) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในหลอดเลือดฝอยรอบ ๆ จะแพร่เข้าถุงลม ส่งผลให้ปอดขยายใหญ่ขึ้น

2) แก๊สออกซิเจนภายในหลอดเลือดฝอยรอบ ๆ จะแพร่เข้าสู่ถุงลม ทำให้ปอดขยายใหญ่ขึ้น

3) ปริมาตรของทรวงอกที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความดันลดลง ปอดจึงขยายใหญ่ขึ้น

4) เนื่องจากภายในถุงลมมีอากาศเข้าไป จึงทำให้เกิดแรงดัน ปอดจึงขยายใหญ่ขึ้น

5) .....

คุณมั่นใจในคำตอบ 2 ข้อ ข้างต้นหรือไม่

1) มั่นใจ

2) ไม่มั่นใจ

เลิศบุษยา ไทยเจริญ (2558) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ดังนี้ ถ้านักเรียนตอบถูกทั้งสองระดับ และระดับที่ 3 ตอบมั่นใจ ได้ 1 คะแนน ตอบถูกระดับใดระดับหนึ่ง ตอบผิดทั้งสองระดับ และตอบถูกทั้งสองระดับในระดับที่ 3 ไม่มั่นใจ ได้ 0 คะแนน

แบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ สร้างขึ้นเพื่อให้ครูสามารถประเมินความรู้ ความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนได้ นอกจากนี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือที่สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกได้

4.4 วิธีการสร้างแบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ

นักการศึกษาหลายคนได้เสนอหลักการของการสร้างแบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. Treagust (1988) ได้เสนอการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ระบุมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนในเนื้อหาที่เฉพาะเจาะจง มีขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ ทั้งหมด 10 ขั้น ใน 3 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 1 การระบุเนื้อหา (Defining the content) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนย่อยดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุข้อความรู้เชิงประพจน์ (Identifying propositional knowledge statements) เป็นขั้นสำคัญในการระบุข้อความเชิงประพจน์ที่ต้องการศึกษา เช่น Finley and Stewart (1982) อ้างถึงใน Treagust (1988) ระบุข้อความเชิงประพจน์เรื่องพันธะโคเวเลนต์ 34 ข้อความ และเรื่องการสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืช 21 ข้อความ

ขั้นที่ 2 การพัฒนาผังมโนทัศน์ (Developing a concept map) การสร้างผังมโนทัศน์จะต้องอยู่ภายใต้เนื้อหาที่ต้องการตรวจสอบตามกระบวนการการสร้างผังมโนทัศน์ของ Novak (1980) ในขั้นนี้ผู้วิจัยควรคำนึงถึงธรรมชาติของเนื้อหาที่เหมาะสมสำหรับการสอนด้วย

ขั้นที่ 3 การเชื่อมโยงระหว่างข้อความรู้เชิงประพจน์กับผังมโนทัศน์ (Relating propositional knowledge to the concept map) ในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อความรู้เชิงประพจน์กับผังมโนทัศน์ต้องสอดคล้องกัน ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าต้องการตรวจสอบมโนทัศน์ภายใต้หัวข้อเดียวกัน ขอบเขตของมโนทัศน์ในการเป็นตัวแทนที่ดีที่ครอบคลุมมโนทัศน์และข้อความรู้ในแต่ละหัวข้อได้ทั้งหมดภายใต้การตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือก

ขั้นที่ 4 การทำให้เนื้อหาถูกต้อง (Validating the content) ให้นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Science educator) ครูวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (Secondary science teachers) และผู้เชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์ (Science specialist) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อความรู้เชิงประพจน์และผังมโนทัศน์ในเนื้อหาวิชานั้น ๆ ถ้ามีข้อความรู้เชิงประพจน์และผังมโนทัศน์ใดไม่ถูกต้องจะตัดออก จากนั้นเขียนรายการของข้อความเชิงประพจน์และผังมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

ส่วนที่ 2 การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียน (Obtaining information about students' misconception) เป็นส่วนที่ประเมินมโนทัศน์ทางเลือกเกี่ยวกับการตรวจสอบเอกสารที่สัมพันธ์กับโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) และการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Conceptual change) ซึ่งการประเมินทำได้โดยการสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและรวบรวมคำตอบของนักเรียนจากการเขียนคำตอบเพื่อตอบคำถามแบบปลายเปิด ประกอบด้วยขั้นที่ 5 ถึงขั้นที่ 7 มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 5 การตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Examining related literature) ก่อนจะมีตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือกจะต้องศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ต้องมีการตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือก หรือถ้าบางงานวิจัยไม่มีเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นก็จะเป็นการสร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ขึ้นมาใหม่ในการพัฒนาแบบทดสอบหลากหลายตัวเลือกภายใต้มโนทัศน์ทางเลือกได้

ขั้นที่ 6 การจัดการสัมภาษณ์นักเรียนแบบไร้โครงสร้าง (Conducting unstructured student interviews) เป็นการสัมภาษณ์เพื่อเพิ่มมุมมองที่กว้างขึ้นของความเข้าใจของนักเรียนซึ่งจะมีการบันทึกการสนทนาจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อนักเรียนตอบคำถามในหัวข้อนั้นๆ ถูกต้อง นอกจากนี้การสัมภาษณ์ช่วยระบุขอบเขตของความไม่เข้าใจมโนทัศน์หรือมโนทัศน์ทางเลือก

ขั้นที่ 7 การพัฒนาแบบทดสอบแบบหลายตัวเลือกจากคำตอบที่หลากหลาย (Developing multiple choice content items with free response) ในแต่ละข้อความต้องอยู่บนขอบเขตของข้อความรู้และมโนทัศน์ทางเลือกที่ได้จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์ซึ่งในแต่ละข้อคำถามต้องตามด้วยที่ว่างสำหรับให้นักเรียนเขียนเหตุผลว่า เพราะเหตุใดจึงเลือกตัวเลือกนั้น หลังจากนั้นนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับนักเรียนในห้องเรียนที่เคยเรียนเนื้อหานั้นๆ แล้ว

ส่วนที่ 3 การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัย (Developing a diagnostic test) เป็นส่วนที่พัฒนาแบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ โดยตอนที่ 1 คำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เหตุผลที่สนับสนุนการตอบในตอนที่ 1

ขั้นที่ 8 การพัฒนาแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (Developing the two tier diagnostic tests) ในตอนที่ 1 คำถามเชิงเนื้อหาคำถามในส่วนนี้จะมีตัวเลือก 2 หรือ 3 ตัวเลือก ส่วนตอนที่ 2 ส่วนเหตุผลจะตั้งเป็น 4 ตัวเลือก โดยเหตุผลจะประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และมโนทัศน์ทางเลือกไว้ด้วยกันกับตัวเลือกอื่นที่ผิดไว้ด้วยกันก็ได้ ซึ่งในตอนที่ 2 พัฒนามาจากการให้เหตุผลของนักเรียนที่ได้จากการสัมภาษณ์และศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 9 ออกแบบการตรวจสอบแบบทดสอบอย่างเจาะจง (Designing a specification grid) เป็นการออกแบบเพื่อให้มั่นใจว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจะครอบคลุมกับข้อความรู้เชิงประพจน์และมโนทัศน์ที่อยู่บนผังมโนทัศน์ภายใต้หัวข้อเดียวกัน

ขั้นที่ 10 การปรับแก้ไขแบบทดสอบอย่างต่อเนื่อง (Continuing refinements) การปรับแก้ไขแบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ อย่างต่อเนื่องโดยนำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จไปทดสอบกับนักเรียนที่แตกต่างกัน ทำให้แน่ใจว่า แบบทดสอบนี้ใช้สำหรับการวินิจฉัยมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. Treagust and Chandrasegaran (1988), Treagust, and Mocerino (2007) อ้างถึงใน จรรยา ดาสา (2553) ได้เสนอวิธีการสร้างแบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ โดย โดยวิธีการออกแบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นหลัก คือ 1) ระบุเนื้อหา 2) หาข้อมูลมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียน และ 3) พัฒนาข้อสอบตัวเลือก 2 ระดับ รายละเอียดของแต่ละขั้น ดังนี้

1) ขั้นระบุเนื้อหา ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยดังนี้

1.1) ระบุเนื้อหาและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Identifying content) เช่น ในการสร้างข้อสอบเรื่อง โมล สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื้อหาที่ต้องครอบคลุม ได้แก่

มวลอะตอม มวลอะตอมเฉลี่ย มวลโมเลกุล เลขอาโวกาโดร ปริมาตรสาร 1 โมล และความสัมพันธ์ระหว่าง โมล มวล จำนวน และปริมาตรของสาร

1.2) ระบุข้อความความรู้เชิงประพจน์ (Identifying propositional knowledge statements) เช่น โมล คือหน่วยที่ระบุปริมาณของสาร ที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับจำนวนอะตอมของคาร์บอน-12 จำนวน 12 กรัม ซึ่งมีจำนวนเท่ากับ 6.02×10^{23} (เลขอาโวกาโดร) มวลอะตอม/มวลโมเลกุล คือ มวลของสารจำนวน 1 โมล (หน่วยเป็นกรัม)

1.3) สร้างผังมโนทัศน์ (Developing concept map) ในการสร้างผังมโนทัศน์ ซึ่งประกอบด้วย มโนทัศน์ที่สำคัญหลายๆ คำ ซึ่งเขียนไว้ในวงกลมหรือสี่เหลี่ยม และใช้ลูกศรและข้อความระบุความสัมพันธ์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มโนทัศน์ โดยผังมโนทัศน์จะต้องสัมพันธ์และครอบคลุมกับข้อความความรู้เชิงประพจน์ เพื่อให้มั่นใจได้ว่า ครอบคลุมมโนทัศน์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง

1.4) ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเชิงเนื้อหา (Validating the content) ข้อความความรู้เชิงประพจน์และผังมโนทัศน์ ควรได้รับการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งอาจหมายถึง นักการศึกษา หรือผู้ที่มีประสบการณ์การสอน ในเรื่องนั้นๆ ทั้งนี้ เพื่อให้แน่ใจว่าเนื้อหาที่จะใช้ในการพัฒนาข้อสอบนั้นมีครบถ้วน และไม่เกินจากเนื้อหาที่จะใช้ในการพัฒนาข้อสอบนั้นมีครบถ้วน และไม่เกินจากเนื้อหาที่ระบุไว้ตั้งแต่ต้น

2) หาข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียน

ในการหาข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียนมีขั้นตอน ดังนี้

2.1) สำรวจเอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Examining related literature) ก่อนที่จะออกแบบตัวเลือก ควรจะสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เราสนใจ ว่ามีการค้นพบมโนทัศน์ทางเลือกในเรื่องนี้อย่างไรบ้าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบตัวเลือก เช่น ในเรื่องโมลมีงานวิจัยที่ระบุว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องโมล ในหลายประเด็น เช่น สาร 1 โมล มีจำนวน 1 โมเลกุล สารทุกชนิด 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP มวลอะตอมและมวลโมเลกุล เป็นมวลเปรียบเทียบจึงไม่มีหน่วย เป็นต้น

2.2) สร้างแบบสัมภาษณ์ (Constructing student interview) ในการสัมภาษณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงกว้างเกี่ยวกับความเข้าใจของผู้เรียนในเรื่องที่ต้องการวัด จะต้องสัมภาษณ์ผู้เรียนที่เคยมีประสบการณ์ในการเรียนเรื่องนั้นๆ มาแล้ว ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ของผู้เรียนมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างถาม เช่น โมล คืออะไร โมลสัมพันธ์กับจำนวนอนุภาค

ปริมาตร และมวลของสารอย่างไร ทั้งนี้ควรใช้ลักษณะการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างหรือการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างในการสัมภาษณ์ผู้เรียน

2.3) ออกแบบทดสอบแบบตัวเลือกและมีที่ว่างสำหรับให้เหตุผล (Developing multiple choice items with free response) การตั้งคำถามในข้อสอบแบบตัวเลือกขึ้นกับเนื้อหาที่ต้องการวัด คือสอดคล้องกับข้อความความรู้เชิงประพจน์และแผนผังมโนทัศน์ที่วางไว้เพื่อใช้ในการหามโนทัศน์ทางเลือกที่พบจากการสำรวจเอกสารและการสัมภาษณ์ในแต่ละข้อของข้อสอบ จะมีที่ว่างสำหรับให้ผู้ตอบได้ระบุเหตุผลการเลือกตัวเลือกนั้นๆ ซึ่งทำให้ทราบมโนทัศน์ทางเลือกและมโนทัศน์ที่ถูกต้องของผู้เรียน เมื่อพัฒนาข้อสอบเสร็จให้ทดลองใช้วัดกับกลุ่มผู้เรียนที่เคยเรียนในเรื่องนั้นๆ มาแล้ว

3) พัฒนาแบบทดสอบตัวเลือก 2 ระดับ เพื่อวินิจฉัย

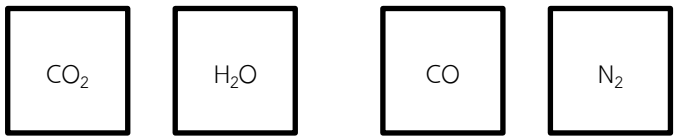
ข้อสอบตัวเลือก 2 ระดับ ในระดับแรก จะเป็นตัวเลือกเกี่ยวกับเนื้อหาหรือมโนทัศน์ ส่วนตัวเลือกในระดับที่ 2 จะเป็นตัวเลือกเกี่ยวกับเหตุผลในการเลือกตัวเลือกในระดับแรก

การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยตัวเลือก 2 ระดับ (Developing two-tier diagnostic test) ในระดับแรก จะมีตัวเลือกประมาณ 2-3 ตัวเลือก เพื่อวัดเกี่ยวกับเนื้อหา สำหรับระดับที่ 2 จะมีตัวเลือกเกี่ยวกับเหตุผลในการเลือกในระดับแรก โดยจะมีเหตุผลที่ถูกต้องรวมกับเหตุผลที่ระบุมโนทัศน์ทางเลือก ที่พบจากการสำรวจมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียนทั้งนี้จำนวนของตัวเลือกเกี่ยวกับเหตุผลนั้นขึ้นกับจำนวนมโนทัศน์ทางเลือกที่ค้นพบ โดยปกติจะมีจำนวนประมาณ 3-5 ตัวเลือก

ตัวอย่างเช่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากภาพข้างล่าง สารคู่ใดที่มีจำนวน โมลเท่ากัน (กำหนด อุณหภูมิ เท่ากับ 30 $^{\circ}C$ ความดัน 1 atm)



ก ข

(1) ก เท่านั้น

(2) ข เท่านั้น

(3) ทั้ง ก และ ข

เหตุผล

(1) สารที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมลเท่ากัน

(2) สารที่มีมวลโมเลกุลเท่ากันจะมีจำนวนโมลเท่ากัน

(3) แก๊สที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมลเท่ากัน

(4) แก๊สที่มีจำนวนอะตอมเท่ากันจะมีจำนวนโมลเท่ากัน

ออกแบบตารางวิเคราะห์แบบทดสอบ (Designing specification table) เพื่อตรวจสอบว่าข้อสอบที่ออกแบบนั้นครอบคลุมกับทุกข้อความความรู้เชิงประพจน์และมโนทัศน์ทั้งหมดในผังมโนทัศน์ และไม่เฉพาะเจาะจงในเรื่องใดเรื่องหนึ่งมากเกินไป

ประเมินแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 2 ระดับ (Evaluating two-tier diagnostic test) เพื่อพัฒนาข้อสอบเสร็จแล้ว ควรจะทำการประเมินข้อสอบที่ออกแบบขึ้น โดยใช้วัดกับกลุ่มผู้เรียนที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว ว่า สามารถประเมินความรู้ ความเข้าใจของผู้เรียนได้จริงหรือไม่ เพื่อปรับปรุงแก้ไขให้มีความเชื่อถือได้สูง

4.5 มโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์

4.5.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์

จากการได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและมโนทัศน์ทางเลือก มีใช้คำศัพท์ภาษาอังกฤษไว้หลากหลาย เช่น Misconception (มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน) Alternative conceptions (มโนทัศน์ทางเลือก) เป็นต้น จากงานวิจัยของ Calik and Ayas (2005) ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางเลือก (Alternative conceptions) ว่าหมายถึง มโนทัศน์ใดๆ ที่แตกต่างหรือไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ยกตัวอย่างเช่น มโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลายที่นำไฟฟ้าและไม่นำไฟฟ้า มีรายละเอียดดังนี้ สารละลายน้ำตาลไม่ชักนำให้เกิดประจุไฟฟ้าเพราะเกลือบริสุทธิ์ที่ละลายในน้ำชักนำทำให้เกิดประจุไฟฟ้าได้ แต่ไอออนในน้ำตาลไม่มีคุณสมบัติเหมือนเกลือ ซึ่งไม่ตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ สารละลายน้ำตาลไม่ชักนำให้เกิดประจุไฟฟ้าได้ เนื่องจากไม่มีประจุไอออนที่เคลื่อนที่ (Mobile charged ions) แต่สารละลายเกลือชักนำให้เกิดประจุไฟฟ้าทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Abimbola (1996) ว่า มโนทัศน์ทางเลือก เป็นความคิดที่มีความขัดแย้งไม่ชัดเจนหรือไม่สมบูรณ์กับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แต่จะมีค่าของตัวมันเองและไม่จำเป็นต้องผิด ตัวอย่างเช่น การให้คำนิยามเกี่ยวกับการลำเลียงสารอาหารผ่านท่อไซเลม (Xylem) ถ้ามีผู้ให้คำนิยามไว้ว่า ไซเลมนำน้ำจำนวนมหาศาลจากรากไปยังใบ ซึ่งเป็นนิยามที่ไม่ชัดเจน จึงมีผู้เสนอนิยามที่แทนที่นิยามข้างต้น คือ ไซเลมเป็นเนื้อเยื่อ เป็นท่อนำน้ำและการละลายแร่ธาตุจากรากไปยังส่วนอื่นๆ และจัดการเตรียม

กับการสนับสนุนกลไกการลำเลียง ไม่ใช่การลำเลียงน้ำจากรากเพียงอย่างเดียว และไม่ใช่การลำเลียงแร่ธาตุไปยังใบไม้เพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยของ Clement (1993) ที่ให้ความหมายของคำภาษาอังกฤษคำว่า Misconception (มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน) และ Alternative conception (มโนทัศน์ทางเลือก) เป็นความหมายเดียวกัน คือ มโนทัศน์ที่ขัดแย้งกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แต่ในงานบางวิจัยให้ความหมาย ของคำภาษาอังกฤษคำว่า Misconception (มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน) ในทำนองเดียวกันคือ เป็นความคิดหรือมโนทัศน์ที่แตกต่าง แปลกประหลาด ไม่สอดคล้องหรือผิดกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกยอมรับกันทั่วไปในชุมชนนักวิทยาศาสตร์ (Nakhlen, 1992; Abimbola,1996; Cho, Kahle, & Nord- land, 1985; Bodner, 1986 cited in Sanger, 1997; Bahar, 2003; Pabuccu, 2006; Nussbaum, 1981; Nakhleh, 1992; Gonzalez, 1997; Schmidt, 1997 cited in Sendur, 2014) ตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของ Pabuccu (2006) แสดงตัวอย่างของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและมโนทัศน์ที่ถูกต้องเรื่องพันธะโคเวเลนต์ดังนี้ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั่วไป คือ อิเล็กตรอนวิ่งหนีจากพันธะโคเวเลนต์ในแกรไฟต์และเป็นอิเล็กตรอนอิสระเพื่อเคลื่อนที่ภายในโมเลกุล มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ แกรไฟต์สามารถนำไฟฟ้าได้ เพราะมันมีชั้นของอะตอมของคาร์บอนที่มีอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่อยู่ในแต่ละชั้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Abimbola (1996) อธิบายเกี่ยวกับการให้คำนิยามของ การกินสัตว์อื่นเป็นอาหาร (Predation) กล่าวว่า การให้นิยามของคนทั่วไปที่เข้าใจว่า การกินสัตว์อื่นเป็นอาหาร (Predation) เป็นการกระทำของการบริโภคของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ซึ่งนิยามนี้เป็นนิยามที่ผิด โดยทั่วไปเมื่อสิ่งมีชีวิตปฏิสัมพันธ์กันในสิ่งแวดล้อม พวกเขามีผลต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับความต้องการสำหรับอาหารที่อยู่อาศัย เป็นต้น การกินสัตว์อื่นเป็นอาหาร (Predation) เป็นหนึ่งในการปฏิสัมพันธ์หรือการรวมกันระหว่างสิ่งมีชีวิต 2 ชนิด และเกี่ยวข้องกับ การล่า (Hunting) การจับ (Capture) และการฆ่า (Killing) เหยื่อโดยผู้ล่า ไม่ใช่แค่เป็นการบริโภคของผู้ล่าเพียงอย่างเดียว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นมโนทัศน์ที่แตกต่างจากการเข้าใจและการยอมรับโดยทั่วไปของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception)

ในขณะเดียวกันงานวิจัยบางงานเลือกใช้คำภาษาอังกฤษ คำว่า Misconception (มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน) มากกว่า Alternative conception (มโนทัศน์ทางเลือก) เนื่องจากเป็นคำที่ยังใช้ในงานวิจัยที่หลากหลาย เป็นคำที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย และง่ายต่อการสื่อสารว่า มโนทัศน์นั้นอาจจะมีความขัดแย้งกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Bahar, 2003) แต่ในงานวิจัยของ Clement (1993) ใช้คำภาษาอังกฤษคำว่า Alternative conceptions (มโนทัศน์ทางเลือก) แทนการใช้คำภาษาอังกฤษ คำว่า Misconception (มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน) ซึ่งการใช้คำว่า Misconception

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน) อาจจะแสดงถึงความไม่ให้เกียรติกับคุณค่าของความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นและกระบวนการคิดของนักเรียน เพราะบางทีความคิดที่ไม่เป็นไปตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาอื่นๆ ได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการไม่เกียรติความคิดเดิมของนักเรียนว่าไม่มีค่าและไม่พัฒนาจึงใช้คำว่า Alternative conceptions (มโนทัศน์ทางเลือก)

จากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จากงานวิจัยพบว่า นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ใช้คำว่า Misconception (มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน) จากอดีตถึงปัจจุบัน ในขณะที่คำว่า Alternative conceptions (มโนทัศน์ทางเลือก) พบว่าเริ่มใช้คำนี้ได้ไม่นาน ซึ่งจากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากงานวิจัยต่างๆ ของนักการศึกษาสรุปความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ (Misconception) และมโนทัศน์ทางเลือก (Alternative conception) ในความหมายเดียวกันว่า หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจของบุคคลที่มีอยู่ไปขัดแย้งหรือไม่สอดคล้องหรือไม่ถูกต้องทั้งหมดกับความคิดหรือมโนทัศน์ของชุมชนนักวิทยาศาสตร์ ในขณะที่บางวิจัยให้โดยในงานวิจัยนี้ให้นิยามของคำว่า แนวคิดทางเลือกว่า เป็นความคิดที่มีความขัดแย้งไม่ชัดเจนหรือไม่สมบูรณ์กับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แต่จะมีค่าของตัวมันเองและไม่จำเป็นต้องผิด

โดยจากเหตุผลจาการศึกษางานวิจัยข้างต้นในงานวิจัยนี้จะใช้คำว่า มโนทัศน์ทางเลือก (Alternative conception) หมายถึง ความคิดหรือมโนทัศน์ที่ไม่ตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หรือตรงกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์บางส่วน นอกจากนี้ใช้คำว่า มโนทัศน์ทางเลือก เนื่องจากเป็นการให้เกียรติกับความคิดและกระบวนการคิดนักเรียนและเป็นที่นิยมในปัจจุบัน

4.5.2 สาเหตุการเกิดมโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์

จากศึกษาของนักการศึกษาสาเหตุการเกิดมโนทัศน์ทางเลือกซึ่งเกิดได้หลายสาเหตุ ได้แก่

1) นักเรียน เนื่องจากกลุ่มความหลากหลายของประสบการณ์ของนักเรียน รวมถึง การสังเกตและการรับรู้ วัฒนธรรม ภาษา ที่แตกต่างกัน (Thijis & Berg, 1995) นอกจากนี้เกิดจากความพยายามที่จะใช้กระบวนการและเข้าใจสิ่งรอบตัวซึ่งนักเรียนอาจจะยังมีประสบการณ์ในเรื่องนั้นน้อยและแปลความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง (Schwessinger, 1994)

2) วิธีการสอน จากงานวิจัยของ Nakhlen (1992) กล่าวว่าในขณะที่สอนมีการใช้คำศัพท์ในชีวิตประจำวันซึ่งให้ความหมายแตกต่างจากความหมายทางวิทยาศาสตร์ เช่น คำว่า ความร้อน (Heat) และ อุณหภูมิ (Temperature) ซึ่งสองคำนี้เป็นคำเดียวกันสำหรับนักเรียนที่ยังมีมโนทัศน์ทางเลือกอยู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) หนังสือเรียน หนังสือบางเล่มแสดงภาพประกอบหรือการเขียนข้อความที่นำไปสู่ความไม่ถูกต้อง (NRC, 2012) ตัวอย่างเช่น ภาพประกอบของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะอาจแสดงขนาดที่ไม่ถูกต้องเพื่อที่จะให้พอดีกับหน้ากระดาษของหนังสือ (Schwessinger, 2015) หรือการใช้ภาษาที่ไม่ถูกต้องในการอธิบายเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางเคมีไฟฟ้า (Sanger, 1997) เป็นต้น

4) เนื้อหาที่เป็นนามธรรม เนื้อหาที่นักเรียนไม่สามารถเข้าใจและแก้ปัญหาได้โดยอัตโนมัติ เช่น การแก้สมการในเรื่องสมดุลเคมี เนื่องจากไม่สามารถเข้าใจสัญลักษณ์ทางพีชคณิตหรือสัญลักษณ์อื่นๆ ที่มีความหมายในความสัมพันธ์กันเพื่อศึกษาระบบทางเคมี (Nakhlen, 1992)

5) ครูผู้สอน ครูผู้สอนไม่มีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในเนื้อหาของวิทยาศาสตร์และมีความเชื่อว่ามโนทัศน์ที่มีอยู่เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Ginns & Watters, 1995; Quiles-Pardo & Solaz-Portole´s, 1995 cited in Calik & Ayas, 2005) เช่น ครูเข้าใจว่า น้ำตาลผสมกับน้ำโดยการหลอมเหลว น้ำตาลหลอมเหลวและหายไป น้ำตาลหลอมเหลวอย่างรวดเร็ว น้ำตาลดูดน้ำจากนั้นจึงเกิดการหลอมเหลวละลาย ซึ่งไม่ถูกต้องทั้งหมดตามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมโนทัศน์ที่ถูกต้องคือ น้ำตาลละลายและผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ น้ำตาลละลายและน้ำตาลอยู่ในน้ำ น้ำตาลจะหายไปตามกายภาพ เช่น น้ำตาลละลายในน้ำ เป็นต้น

4.5.3 ประเภทของมโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาประเภทของมโนทัศน์ทางเลือกทางวิทยาศาสตร์จาก National Research Council (NRC) (1997) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์เป็น 5 ประเภท ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) มโนทัศน์ก่อนจะเกิดความเข้าใจ (Preconceived notions) เป็นมโนทัศน์ที่คนทั่วไปมีอยู่ก่อนจะเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่ ยกตัวอย่างเช่น บุคคลก่อนจะเรียนรู้เกี่ยวกับการไหลของกระแสน้ำจะสังเกตเห็นว่าน้ำที่พบอยู่พื้นดินมีการเคลื่อนที่ไหลเป็นกระแสน้ำ ซึ่งหลายคนจึงเชื่อว่าน้ำที่อยู่ใต้ดินจะมีการเคลื่อนที่ไหลเป็นกระแสน้ำเช่นเดียวกับน้ำที่อยู่บนดิน ทำให้มีอุปสรรคในการสร้างมโนทัศน์เรื่อง ความร้อน พลังงาน และแรงโน้มถ่วง (Brown and Clement, 1991 cited in NRC, 1997)

2) มโนทัศน์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Nonscientific beliefs) เป็นมโนทัศน์ที่บุคคลเรียนรู้จาก เช่น เรื่องเกี่ยวกับศาสนา การสอนเกี่ยวกับนิยายหรือตำนานโบราณเป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น เมื่อนักเรียนเชื่อว่า สาเหตุที่ทำให้สัตว์หลากหลายสายพันธุ์สูญพันธุ์เนื่องจากเกิดน้ำท่วมใหญ่ตามที่คัมภีร์ไบเบิลได้กล่าวไว้ (DiSpezio, 2010 cited in Schwessinger, 1994)

3) ความเข้าใจผิดในมโนทัศน์ (Conceptual misunderstandings) เกิดขึ้นจากสถานการณ์หรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้รับมาโดยที่ไม่ได้ทำให้นักเรียนเกิดข้อขัดแย้งกับมโนทัศน์ที่คลุมเครือมีอยู่เดิม (Preconceived notions) และมโนทัศน์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Nonscientific beliefs) เพื่อจัดการกับความสับสนของมโนทัศน์ที่คลุมเครือที่อาจจะส่งผลทำให้นักเรียนสร้างความรู้ที่ไม่ถูกต้องและความเข้าใจในมโนทัศน์นั้นๆ ต่อไป ตัวอย่างเช่น นักเรียนอาจจะเชื่อว่า วัตถุที่ลอยน้ำได้เพราะเบากว่าน้ำ

4) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการใช้ภาษา (Vernacular misconceptions) เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้คำที่มีความหมายในชีวิตประจำวัน โดยที่นำไปใช้ในบริบททางวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น ในวิชาชีววิทยาและฟิสิกส์ มีการใช้คำศัพท์คำเดียวกันแต่มีความหมายที่แตกต่างกัน เช่น คำว่า พลาสมา (Plasma) กล่าวคือ ในวิชาชีววิทยา พลาสมา หมายถึงส่วนประกอบหนึ่งที่อยู่ในเลือด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ส่วนในวิชาฟิสิกส์ พลาสมา หมายถึง สถานะหนึ่งของสสารที่เกิดจากการแตกตัวของแก๊สเฉื่อยกลายเป็นไอออนบวก และไอออนลบ (Fitzpatrick, 2014)

5) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Factual misconceptions) เป็นมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยวิธีที่ไม่ถูกต้องตั้งแต่เด็กจนโตเป็นผู้ใหญ่ ซึ่งมโนทัศน์นั้นยังคงอยู่โดยไม่มีสิ่งใดมาทำให้มโนทัศน์นั้นเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น ภาพยนตร์จากฮอลลีวูดและรายการทีวีแสดงการระเบิดที่ทำให้เกิดเสียงดังซึ่งคลื่นเสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านอวกาศได้ ทั้งที่ในความเป็นจริงคลื่นเสียงไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านอวกาศได้ เป็นการสร้างขึ้นมาเพื่อความบันเทิง ดังนั้นจึงทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Schwessinger, 1994)

4.5.4 มโนทัศน์ทางเลือกที่พบมากในวิชาเคมี

ในธรรมชาติของวิชาเคมีจะเป็นวิชาที่มีเนื้อหาส่วนใหญ่เป็นหัวข้อที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นนามธรรมห่างไกลจากชีวิตประจำวันสำหรับนักเรียนจึงทำให้เกิดมโนทัศน์ทางเลือกอยู่ในหลากหลายมโนทัศน์ เช่น สมดุลเคมี พันธะเคมี กรดและเบส การเปลี่ยนแปลงทางเคมี โครงสร้างอะตอม เทอร์โมไดนามิกส์ เซลล์ไฟฟ้าเคมี เคมีอินทรีย์ สารละลายเคมี เป็นต้น (Modal & Chakraborty, 2013) ซึ่งในหลากหลายหัวข้อเป็นพื้นฐานในการใช้ศึกษาในเรื่องต่อไปในเคมีขั้นที่สูงขึ้น

ตัวอย่างของมโนทัศน์ทางเลือกเรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่ได้เรียนเรื่อง เคมีอินทรีย์มาแล้ว ดังต่อไปนี้

นรา เขียวละลิ้ม (2556) แสดงตัวอย่างมโนทัศน์ทางเลือกและมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ดังต่อไปนี้

1) ลักษณะของสารประกอบอะโรมาติก

มโนทัศน์ทางเลือก คือ อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนมีลักษณะเป็นวงและเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมดหรือภายในวงจะประกอบด้วยพันธะคู่หรือพันธะสามอยู่ในโครงสร้าง

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ สารประกอบอะโรมาติกจะประกอบด้วยจำนวนคาร์บอนทั้งหมด 6 อะตอม เป็นวงโดยในวงอะโรมาติกจะมีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว

2) การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์

มโนทัศน์ทางเลือก คือ ธาตุที่นอกเหนือจากคาร์บอนและไฮโดรเจนจะเขียนต่อท้ายไว้ด้านหลังโครงสร้างและสามารถยุบได้เฉพาะธาตุไฮโดรเจนเท่านั้น

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ เป็นสูตรโครงสร้างที่ใช้เส้นตรงแทนพันธะของคาร์บอน ถ้ามีจำนวนคาร์บอนต่อกันมากกว่า 2 อะตอม ที่ใช้เส้นต่อกันแบบซิกแซก ซึ่งปลายเส้นตรงและแต่ละมุมของโซ่แทนอะตอมของคาร์บอนที่ต่ออยู่กับไฮโดรเจน ถ้าในโมเลกุลมีหมู่อะตอมแยกออกมาจากสายโซ่ของ คาร์บอน ใช้ลากเส้นต่อออกมาจากสายโซ่และใช้จุดตัดของโซ่แทนอะตอมของคาร์บอน แต่หากอะตอมที่ต่อจากคาร์บอนไม่ใช่คาร์บอน หรือไฮโดรเจนให้แสดงด้วยว่า อะตอมนั้นคืออะตอมอะไร

3) ไอโซเมอริซึม

มโนทัศน์ทางเลือก คือ โครงสร้างเหมือนกันแต่มีสูตรโมเลกุลต่างกัน หรือสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันสูตรโครงสร้างก็เหมือนกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ โครงสร้างเหมือนกันแต่มีสูตรโมเลกุลต่างกัน หรือสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันสูตรโครงสร้างก็เหมือนกัน

4) การเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบแอลคีนและไซโคลแอลคีนกับธาตุแฮโลเจนและโพแทสเซียมเปอร์มาเนต

มโนทัศน์ทางเลือก คือ สารประกอบแอลคีนจะเกิดปฏิกิริยาการแทนที่

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ สารประกอบแอลคีนและไซโคลแอลคีน เกิดปฏิกิริยาการเติมกับธาตุแฮโลเจนและฟอกจางสีของโพแทสเซียมเปอร์มาเนตได้ทั้งในที่มืดและที่สว่าง

5) การอ่านชื่อแอลคีนและไซโคลแอลคีน

มโนทัศน์ทางเลือก คือ การนับตำแหน่งของโซ่หลักให้เลือกตำแหน่งของโซ่หลักให้เลือกตำแหน่งของหมู่แอลคิลที่มาเกาะเป็นตำแหน่งที่น้อยที่สุด หรือการนับตำแหน่งของโซ่หลักให้เริ่มนับตำแหน่งแรกตรงพันธะคู่ก่อน

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ ให้เลือกโซ่หลักที่ยาวที่สุดและกำหนดตัวเลขแสดงตำแหน่งของคาร์บอนในโซ่หลัก โดยเริ่มจากปลายด้านใดก็ได้ที่ทำให้พันธะคู่อยู่ในตำแหน่งที่มีตัวเลขน้อยที่สุด แล้วระบุตัวเลขกำกับไว้หน้าชื่อของแอลคีน ถ้ามีหมู่แอลคิลเกาะอยู่ให้ระบุตัวเลขแสดงตำแหน่งของคาร์บอนที่หมู่แอลคิลต่ออยู่ ถ้าหมู่แอลคิลต่ออยู่กับโซ่หลักที่มีพันธะคู่ ให้ใช้คำนำหน้าจำนวนหมู่แอลคิลเป็นภาษากรีก ถ้าหมู่แอลคิลที่ต่ออยู่กับโซ่หลักแตกต่างกัน ให้เรียกชื่อเรียงลำดับหมู่แอลคิลตามลำดับอักษรภาษาอังกฤษ และระบุตัวเลขแสดงตำแหน่งไว้หน้าชื่อหมู่แอลคิลและลงท้ายด้วย –ene ส่วนไซโคลแอลคีนจะอ่านเหมือนกับแอลคีนโดยจะเติมคำว่าไซโคลไว้หน้าโซ่หลัก

6) ลักษณะของสารประกอบแอลไคน์

มโนทัศน์ทางเลือก คือ แอลไคน์จะมีพันธะสามเท่านั้นในโครงสร้าง ส่วนไซโคลแอลไคน์โครงสร้างจะเป็นแบบวงจะเป็นพันธะคู่หรือพันธะสามหรือจะผสมกันก็ได้

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ แอลไคน์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบไม่อิ่มตัวที่มีพันธะสาม 1 พันธะอยู่ในโมเลกุล นอกนั้นเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด ส่วนไซโคลแอลไคน์มีลักษณะโครงสร้างแบบวงที่มีพันธะสาม 1 พันธะ ในโครงสร้าง

7) สมบัติและปฏิกิริยาของสารประกอบแอลไคน์

มโนทัศน์ทางเลือก คือ สารประกอบแอลไคน์ไม่ฟอกสีกับสารละลายด่างทับทิมและไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนทั้งในที่มืดและในที่สว่าง การเผาไหม้จะไม่มีเขม่า สามารถเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ได้

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ สารประกอบแอลไคน์เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนจะฟอกสีทั้งในที่มืดและในที่สว่างและทำปฏิกิริยาฟอกสีกับสาระลายด่างทับทิม ในการเผาไหม้จะติดไฟและมีเขม่ามาก สามารถเกิดปฏิกิริยาการรวมตัว

นันทยา ศรีขาว (2556) แสดงตัวอย่างมโนทัศน์ทางเลือกและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน มโนทัศน์ทางเลือก คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นสารที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน เป็นองค์ปรกอบหรือบางทีอาจมีออกซิเจน และไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบด้วยไม่มีธาตุที่เป็นโลหะเป็นองค์ประกอบ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นสารประกอบที่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งมีโครงสร้างเป็นได้ทั้งแบบโซ่เปิดและโซ่ปิด อีกทั้งสามารถเกิดเป็นพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสามก็ได้

Kay and Yiin (2010) แสดงตัวอย่างมโนทัศน์ทางเลือกและมโนทัศน์ที่ถูกต้อง เรื่อง ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน มโนทัศน์ทางเลือก คือ ในปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน การควบแน่น เกี่ยวข้องกับการกำจัดโมเลกุลของน้ำออกและ ทำให้หมู่ไฮดรอกซีมาจากแอลกอฮอล์และ โปรตอนมาจากคาร์บอกซิลิก มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน การควบแน่นเกี่ยวข้องกับการกำจัดโมเลกุลของน้ำออกโดยโมเลกุล ของฐ้าที่เกิดขึ้นโดยเกิดจากหมู่ไฮดรอกซีที่มาจากกรดคาร์บอกซิลิกและไฮโดรเจนมาจากแอลกอฮอล์

Sendur and Toprak (2013) แสดงตัวอย่างมโนทัศน์ทางเลือกและมโนทัศน์ที่ถูกต้อง เรื่อง ไอโซเมอร์เรขาคณิต มโนทัศน์ทางเลือก คือ อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่ติดกับพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในสารประกอบที่แตกต่างจากโมเลกุลอื่นๆ แสดงว่าสารประกอบนั้นไม่เป็นไอโซเมอร์เรขาคณิต มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง คือ ไอโซเมอร์เรขาคณิตมีอะตอมหรือหมู่อะตอมที่มีด้านของพันธะคู่มีการจัดเรียงตัวใน 3 มิติแตกต่างกัน ถ้าสารประกอบแอลคีนแบบซิสเป็นอะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่เหมือนกันจัดตัวอยู่ด้านเดียวกันของพันธะคู่ซึ่งเป็นไอโซเมอร์เรขาคณิต

นอกจากนี้ยังมีข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่เรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์ มาแล้วพบว่ามีมโนทัศน์ทางเลือกเรื่อง เคมีอินทรีย์ ดังต่อไปนี้

1) สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

1.1) สารประกอบไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยหมู่ OH

1.2) ลักษณะของวงปิดของไฮโดรคาร์บอนไม่ใช่สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

2) การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม

โครงสร้างแบบเส้น (Normal linear) เป็นโครงสร้างแบบเส้นและมุมที่แสดงสัญลักษณ์ธาตุของคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจน

3) ปฏิกิริยาการแทนที่

ปฏิกิริยาแทนที่เป็นสารประกอบแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกเกิดปฏิกิริยาแทนที่ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) ไอโซเมอร์

4.1) สารที่มีจำนวนคาร์บอนและไฮโดรเจนคล้ายกันจะเป็นไอโซเมอร์

4.2) สารที่มีตำแหน่งไม่ตรงกันมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน รูปแบบการสร้างพันธะไม่เหมือนกัน

4.3) จำนวนคาร์บอนเท่ากัน กลับโครงสร้างกลับไปกลับมาได้ สูตรโครงสร้างคล้ายกันสลับด้านกันยังเป็นสารเดิม

5) การเกิดสารประกอบเอไมด์

มโนทัศน์ทางเลือก คือ สารประกอบเอไมด์ มีหมู่ฟังก์ชันเอไมด์ โดยหมู่เอไมด์เกิดจากการรวมตัวของไนโตรเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากหมู่อะมิโนกับออกซิเจน และคีโตนรวมตัวกับอะมิโน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง ผลการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

Calik et al. (2010) ศึกษาผลของการใช้วิธีการสอนที่อยู่บนพื้นฐานกลยุทธ์สี่ขั้นตอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ซึ่งหนึ่งในนั้นคือ รูปแบบการสอนสี่ขั้นตอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์สำหรับการสอน เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 44 คน ในประเทศตุรกี โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) พบว่า รูปแบบการสอนสี่ขั้นตอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์สามารถลดมโนทัศน์ทางเลือก เรื่อง สารละลาย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มีบางมโนทัศน์ที่นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางเลือกอยู่เนื่องจากกิจกรรมที่ใช้ยังไม่ชัดเจนและใช้ลดมโนทัศน์ทางเลือกหลากหลายมโนทัศน์จึงทำให้นักเรียนสับสนและละทิ้งมโนทัศน์ทางเลือกไม่ได้

She (2003) ได้ศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Dual Situated Learning Model, DSLM) เพื่อช่วยการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ เรื่อง การขยายตัวของความร้อน (Thermal Expansion) ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 32 คน ในประเทศไต้หวัน โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) ซึ่งพบว่า DSLM สามารถช่วยทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ให้ถูกต้องและนำมโนทัศน์ใหม่ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้

Kirik and Boz (2012) ศึกษาผลของของการใช้การเรียนการสอนด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือสำหรับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ในมโนทัศน์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแรงจูงใจ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Rate Reaction) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 110 คน ที่มา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากสองโรงเรียนในประเทศตุรกี โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) พบว่า การเรียนการสอนด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ถูกต้องซึ่งเป็นมโนทัศน์พื้นฐานที่ใช้การเรียนต่อในมโนทัศน์ถัดไปคือสมดุลเคมี (Chemical equilibrium) ให้กับนักเรียนได้ดีกว่าวิธีการเรียนการสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียวและช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้กับนักเรียนในวิชาเคมีอีกด้วย

Acar and Tarhan (2008) ศึกษาผลของการใช้การเรียนการสอนด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 57 คน ในประเทศตุรกี โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้น รวมถึงทักษะทางสังคมเพิ่มขึ้น และสามารถลดมโนทัศน์ทางเลือกมีผลทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เรื่องไฟฟ้าเคมีให้ถูกต้องและสมบูรณ์อีกด้วย

Wu et al. (2001) ศึกษาการใช้โปรแกรมเสมือนจริงบนคอมพิวเตอร์ในรูปแบบสามมิติที่เรียกว่า eChem เรื่อง ตัวแทนทางเคมี (Chemical Representations) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 71 คน ในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยมีรูปแบบการวิจัยแบบทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) พบว่า ช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจการแสดงผลในระดับต่างๆ ทางเคมี ซึ่งโปรแกรมทำให้นักเรียนสร้างแบบจำลองระดับโมเลกุลทางเคมี ทำให้โมเลกุลที่สร้างอยู่ในรูปแบบสามมิติและทำให้นักเรียนเปรียบเทียบการแสดงผลในระดับมหภาค (Macroscopic representation) กับการแสดงผลในระดับจุลภาคหรือระดับโมเลกุล (Microscopic representation) ซึ่งสัมพันธ์กับการเชื่อมโยงไปถึงการแสดงผลในระดับสัญลักษณ์ (Symbolic representation) เป็นผลทำให้นักเรียนสามารถเรียนวิชาเคมีได้ดีขึ้น

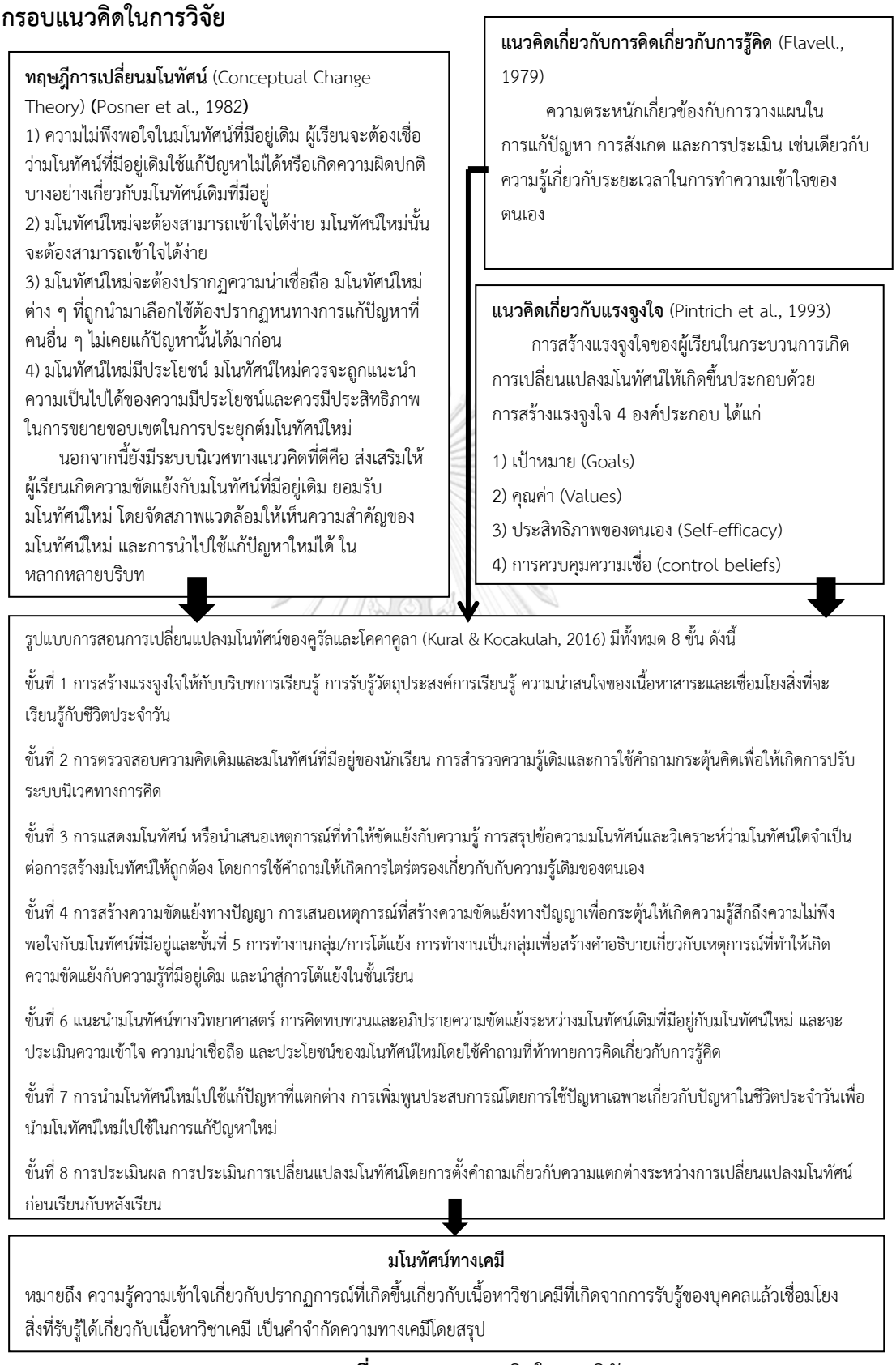
Yumusak et al. (2015) ศึกษาผลของการใช้การเรียนการสอนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนร่วมกับการสอนที่ใช้เนื้อหาที่มีการเปลี่ยนมโนทัศน์เรื่อง กัมมันตภาพรังสี ของนักศึกษาปริญญาตรี จำนวน 92 คน ในประเทศตุรกี พบว่า การเรียนการสอนแบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพียงอย่างเดียวและการเรียนการสอนแบบใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนร่วมกับรูปแบบการสอนที่ใช้เนื้อหาที่มีการเปลี่ยนมโนทัศน์ให้ผลเหมือนกันคือ สามารถลดมโนทัศน์ทางเลือกเรื่อง กัมมันตภาพรังสี ได้ดีกว่าวิธีการเรียนการสอนแบบปกติ

Uzuntiryaki and Geban (2005) ศึกษาผลของรูปแบบการสอนที่ใช้เนื้อหาที่มีการเปลี่ยนมโนทัศน์ร่วมกับการใช้ผังมโนทัศน์เพื่อความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 64 คน ประเทศตุรกี โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) พบว่า สามารถลดมโนทัศน์ทางเลือกได้ดีกว่า

วิธีการสอนแบบปกติและเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องสารละลายได้มากขึ้นจากการใช้ผังมโนทัศน์ ในขณะเดียวกันก็ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Liu (2002) ใช้ผังมโนทัศน์ในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วยนอกจากจะใช้เป็นเทคนิคการสอนโดยทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 2.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ผลของการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นการวิจัยแบบทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) โดยที่มีรูปแบบการวิจัยแบบหนึ่งกลุ่มวัดสองครั้ง (One group pretest-posttest design) โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม มีการเก็บข้อมูลก่อนทดลองและหลังการทดลอง มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. แผนการดำเนินการวิจัยและการเก็บข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

รายละเอียดแต่ละขั้นตอนสามารถแสดงได้ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยในลักษณะการวิจัยแบบทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) โดยที่มีรูปแบบการวิจัยแบบหนึ่งกลุ่มวัดสองครั้ง (One group pretest-posttest design) โดยนักเรียนได้รับการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา มีการเก็บข้อมูลของมโนทัศน์ทางเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ก่อนและหลังการทดลอง ดังแผนภาพต่อไปนี้

กลุ่มทดลอง	O_1-----X-----O_2

แผนภาพที่ 3.1 รูปแบบการวิจัยแบบ One group pretest-posttest

X หมายถึง การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลมโนทัศน์ทางเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ก่อนการทดลอง

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลมโนทัศน์ทางเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ หลังการทดลอง

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เขตพื้นที่การศึกษาเขต 37 จังหวัดแพร่ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตพื้นที่การศึกษาเขต 37 จังหวัดแพร่ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 1 ห้องเรียน โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

1.1 การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกเจาะจง (Purposive sampling) คือ เลือกโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ เขตพื้นที่การศึกษาเขต 37 จังหวัดแพร่ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ที่มีการจัดการเรียนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมีความพร้อมในด้านจำนวนนักเรียนที่เพียงพอต่อการศึกษางานวิจัย มีแหล่งความรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์รวมถึงในวิชาเคมี คอมพิวเตอร์และมีห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีความพร้อมที่ใช้ในการเรียนการสอน และเป็นโรงเรียนที่ส่งเสริม สนับสนุนและให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้เป็นการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 42 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดมโนทัศน์ทางเคมีชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ตามแนวคิดของ Ultay and Calik (2016)

โดยรายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือมีดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา ขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแสดงได้ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

2. กำหนดเนื้อหา จำนวนคาบเรียน วัตถุประสงค์การเรียนรู้ รวมถึงกิจกรรมการเรียนรู้อย่างคร่าวๆ เพื่อจัดทำแผนระยะยาวสำหรับรายวิชาเคมีเพิ่มเติม โดยใช้แผนการจัด-การเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา รวมทั้งสิ้น 8 แผน จำนวน 24 คาบ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เนื้อหาและจำนวนคาบที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

ลำดับแผน	เนื้อหา	จำนวนคาบ
1	การสร้างพันธะของคาร์บอนและการเขียนโครงสร้าง	3
2	ไอโซเมอร์	3
3	สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	3
4	การเรียกชื่อสารประกอบแอลเคน แอลคีน และแอลไคน์	3
5	สมบัติและปฏิกิริยาของแอลเคน แอลคีน และแอลไคน์	3
6	อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน	3
7	การเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ	3
8	การเกิดสารประกอบเอไมด์	3
	รวม	24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบตามที่กำหนดในข้อ 2 จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเรียนการสอนตามรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเคมี อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ และครูสอนวิชาเคมีในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ตรวจพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเลือก เรื่อง เคมีอินทรีย์ ตรวจสอบความถูกต้องของสาระที่สอน ตลอดจนภาษาที่ใช้ในการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วจึงนำผลการตรวจสอบของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไข

ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะในการแก้ไข สรุปได้ดังนี้

1) เขียนสาระสำคัญในแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการสอนโดยเขียนอย่างกระชับ และสื่อความหมายได้ชัดเจน

2) ลำดับคำถามให้เป็นไปตามเนื้อหาที่สอนสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้ในแต่ละขั้นของการสอน

3) ให้ตัวอย่างที่เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ที่มีอยู่ของนักเรียนและให้ตัวอย่างเพิ่มเติมสำหรับกิจกรรมในขั้นที่ 4 และ 5 เพื่อให้นักเรียนเห็นชุดข้อมูลที่หลากหลาย

4) ควรใช้วิดีทัศน์ให้เหมาะสมกับขั้นตอนและเนื้อหาในการสอนเพื่อให้นักเรียนเพิ่มความเข้าใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) การประเมินควรเขียนให้ตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้

6) เขียนสาระสำคัญควรเขียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่มีการกล่าวถึงเนื้อหาที่สอน

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2560 ที่ไม่เคยเรียนเรื่อง เคมีอินทรีย์ จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อไปทดลองกับกลุ่มทดลองจริงซึ่งเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2560

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี

แบบวัดมโนทัศน์ทางเคมีซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ ที่ใช้วัดมโนทัศน์ของนักเรียนและตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนก่อนการทดลองและหลังการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในตอบที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น ตามหลักการออกแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ มีรายละเอียดของการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี ดังนี้

1. ระบุเนื้อหาที่ต้องการนำมาสร้างข้อสอบเรื่อง เคมีอินทรีย์ ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

2. สร้างผังมโนทัศน์ โดยการสร้างผังมโนทัศน์ ซึ่งประกอบด้วย มโนทัศน์ที่สำคัญหลายๆ คำ ซึ่งเขียนไว้ในวงกลมหรือสี่เหลี่ยม และใช้ลูกศรและข้อความระบุความสัมพันธ์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มโนทัศน์ โดยแผนผังมโนทัศน์จะต้องสัมพันธ์และครอบคลุมกับข้อความความรู้ เพื่อให้มั่นใจได้ว่า ครอบคลุมมโนทัศน์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ เคมีอินทรีย์

3. หาข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางเลือกของผู้เรียนมีขั้นตอน ดังนี้

3.1 สำรวจเอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำรวจเอกสารมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องเคมีอินทรีย์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบตัวเลือก

3.2 สร้างแบบสัมภาษณ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงกว้างเกี่ยวกับความเข้าใจของผู้เรียนในเรื่อง เคมีอินทรีย์ ขั้นตอนนี้แบ่งเป็น 2 ระยะ ได้แก่

3.2.1 การออกแบบแบบสัมภาษณ์ แบบสัมภาษณ์มีลักษณะเป็นแบบ-สัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structure interview) ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะทำให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนมากยิ่งขึ้นเพื่อใช้ในการออกแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจความเหมาะสมของข้อคำถามของแบบสัมภาษณ์โดยแบบสัมภาษณ์ จากนั้นดำเนินการปรับแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและนำแบบสัมภาษณ์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของข้อคำถาม คำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

1) ในการสัมภาษณ์ควรสำรองข้อคำถาม ในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามหลักหรือตอบไม่ตรงคำถาม เพื่อล้วงความรู้เดิมของนักเรียนได้มากขึ้น

2) คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ในแต่ข้อควรมีเฉลยประกอบ

3) การออกแบบคำถามควรให้มีความแตกต่างจากแบบเรียนเพื่อให้นักเรียนตอบจากความเข้าใจของตนเอง

4) ให้นักเรียนอธิบายคำตอบของตนเองโดยการยกตัวอย่างหรือวาดภาพประกอบ

3.2.2 การสัมภาษณ์ ผู้ให้ข้อมูลคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2560 ที่เรียนเรื่อง เคมีอินทรีย์ มาแล้ว ได้ผลจากการสัมภาษณ์แสดงข้อมูลมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียน จำนวน 12 คน โดยสรุปมีดังต่อไปนี้

1) ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน นักเรียนเข้าใจว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยหมู่ OH (Hydroxyl) และลักษณะของวงปิดที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนของไฮโดรคาร์บอนไม่ใช่สารประกอบไฮโดรคาร์บอน

2) การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีนและแอลไคน์ นักเรียนส่วนใหญ่นับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้องและระบุชื่อของหมู่แอลคิลไม่ถูกต้อง

3) การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม นักเรียนเข้าใจว่า โครงสร้างแบบเส้นเป็นโครงสร้างแบบเส้นและมุมที่แสดงสัญลักษณ์ธาตุของคาร์บอนและธาตุไฮโดรเจน

4) ไอโซเมอร์ นักเรียนเข้าใจว่า สารที่มีจำนวนคาร์บอนและไฮโดรเจนคล้ายกันจะเป็นไอโซเมอร์กัน สารที่มีตำแหน่งไม่ตรงกันมีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน รูปแบบการสร้างพันธะไม่เหมือนกันหรือจำนวนคาร์บอนเท่ากัน กลับโครงสร้างกลับไปกลับมาได้ สูตรโครงสร้างคล้ายกันสลับด้านกันยังเป็นสารเดิม

5) การเกิดสารประกอบเอไมด์ หมู่เอไมด์เกิดจากการรวมตัวของไนโตรเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากหมู่อะมิโนกับออกซิเจน และคีโตนรวมตัวกับอะมิโน

6) การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก นักเรียนเข้าใจว่า คำลงท้ายของสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิกที่ไม่ถูกต้อง

4. ออกแบบและพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมีในตอนที่ 1 จะมีตัวเลือก 4 ตัวเลือก เพื่อทดสอบเกี่ยวกับเนื้อหา สำหรับตอนที่ 2 จะมีที่ว่างเขียนเหตุผลในการเลือกตัวเลือกในตอนที่ 1 โดยนำข้อมูลข้อ 1 ถึง 3 มาออกแบบและพัฒนาแบบวัด จำนวน 12 ข้อ ของมโนทัศน์ 12 มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์ เมื่อพัฒนาข้อสอบเสร็จให้ทดลองใช้ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2560 ที่เคยเรียนเรื่อง เคมีอินทรีย์ ดังตารางที่ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 มโนทัศน์หลักของเนื้อหาของแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี

ข้อ	มโนทัศน์
1	ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน
2	การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม
3	ไอโซเมอร์
4	การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน
5	การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่พันธะสามอยู่ปลายสายโซ่หลัก
6	การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่พันธะสามอยู่ภายในสายโซ่หลัก
7	สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน
8	การเกิดสารประกอบเอไมด์
9	การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก
10	จุดเดือดของสารประกอบแอลกอฮอล์ อีเทอร์ และฟีนอล
11	ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน
12	ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. นำแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมีไปใช้ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2560 ที่เคยเรียนเรื่อง เคมีอินทรีย์ เพื่อตรวจสอบว่า แบบทดสอบนั้นสามารถประเมินความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนได้จริงเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้มีความเชื่อถือได้สูง

ผลการนำเครื่องมือไปทดลองใช้พบว่า นักเรียนเขียนคำอธิบายในตอนที่ 2 ไม่สอดคล้องกับคำถาม บางคำถามนักเรียนไม่เข้าใจความหมายของคำถามที่จะต้องการสื่อ นักเรียนไม่ตอบคำถามเกี่ยวกับหลักการ เช่น การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม การเขียนชื่อสารประกอบแอลคีนหรือแอลไคน์ เป็นต้น จึงได้ทำการปรับปรุงแก้ไข

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งแบ่งเป็น 2 ตอน โดยปรับมาจาก Ultay and Calik (2016) ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์การให้คะแนนโดยปรับมาจาก Ultay and Calik (2016)

ตอนที่ 1 ข้อคำถามเชิงเนื้อหา	คะแนน	ตอนที่ 2 เหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในตอนที่ 1	คะแนน
ถูกต้อง	2	ความเข้าใจมโนทัศน์ (Sound Understanding, SU)	3
ไม่ถูกต้อง	1	ความเข้าใจมโนทัศน์บางส่วน (Partial Understanding, PU)	2
ไม่เลือกคำตอบ	0	ความเข้าใจมโนทัศน์บางส่วนโดยแสดงมโนทัศน์ทางเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PUSAC)	1
		มโนทัศน์ทางเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง (Specific Alternative Conception, SAC)	0
		ไม่มีความเข้าใจมโนทัศน์หรือไม่แสดงเหตุผล (No Understanding or Blank, NU)	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การจัดระดับมโนทัศน์ของแบบทดสอบดังนี้ (Ultay & Calik, 2016; Sendur, 2014 Sendur & Toprak, 2013; Abraham et al., 1994)

1) ความเข้าใจมโนทัศน์ (Sound Understanding, SU) หมายถึง นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบในตอนที่ 2 โดยมีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ และเลือกคำตอบในตอนที่ 1 ถูกต้อง

2) ความเข้าใจบางส่วนของมโนทัศน์ (Partial Understanding, PU) หมายถึง นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบในตอนที่ 2 โดยมีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และเลือกคำตอบในตอนที่ 1 ถูกต้อง

3) ความเข้าใจบางส่วนของมโนทัศน์ที่แสดงมโนทัศน์ทางเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PUSAC) เป็นไปได้ 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 หมายถึง นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบในตอนที่ 2 โดยมีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่ถูกต้องบางส่วน และเลือกคำตอบในตอนที่ 1 ถูกต้อง หรือ กรณีที่ 2 หมายถึง นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบในตอนที่ 2 โดยมีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ และเลือกคำตอบในตอนที่ 1 ไม่ถูกต้อง

4) มโนทัศน์ทางเลือกเฉพาะเจาะจง (Specific Alternative Conceptions, SAC) เป็นไปได้ 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 หมายถึง นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบในตอนที่ 2 โดยมีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่ถูกต้อง และเลือกคำตอบในตอนที่ 1 ไม่ถูกต้อง หรือ กรณีที่ 2 หมายถึง นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบในตอนที่ 2 โดยมีการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง และไม่เลือกคำตอบในตอนที่ 1

5) การไม่ตอบคำถามหรือไม่เข้าใจมโนทัศน์ (Blank or No Understanding, NU) เป็นไปได้ 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 หมายถึง นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบในตอนที่ 2 โดยมีการให้เหตุผได้ไม่ถูกต้องที่ไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์ที่ระบุในคำถาม และเลือกคำตอบในตอนที่ 1 ไม่ถูกต้อง หรือ กรณีที่ 2 หมายถึง นักเรียนไม่เขียนอธิบายคำตอบในตอนที่ 2 และไม่เลือกคำตอบในตอนที่ 1 หรือ กรณีที่ 3 หมายถึง นักเรียนไม่เขียนอธิบายคำตอบในตอนที่ 2 และเลือกคำตอบในตอนที่ 1 ถูกต้อง

7. นำผลของการทดลองใช้ไปตรวจสอบความเที่ยงตรงของเชิงเนื้อหา (Validating the content) โดยตรวจสอบความถูกต้องของข้อความความรู้เชิงประพจน์และผังมโนทัศน์ จากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ ได้แก่ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเคมี อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ และครูสอนวิชาเคมีในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพ ความยาก และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ ซึ่งใช้เทคนิค 50% ใช้สูตรจากโชติกา ภาษีผล, ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง และ กมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2558) จากนั้นทำการเลือกข้อสอบเพื่อสร้างเป็นแบบวัด โดยค่าความยากที่พอเหมาะควรมีค่าอยู่ระหว่าง .20 - .80 เกณฑ์ของค่าอำนาจจำแนกที่ใช้ได้มีค่าตั้งแต่ .20 ขึ้นไป วิธีการคำนวณดังกล่าวแสดงได้ดังนี้

7.1) หาค่าความยาก (p)

$$p = \frac{R_H - R_L}{n_H \; or \; n_L}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7.2) หาค่าอำนาจจำแนก (r)

$$r = \frac{R_H - R_L}{n_H \; or \; n_L}$$

เมื่อ r คือ อำนาจจำแนก

R_H คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n_H คือ จำนวนคนในกลุ่มสูง

n_L คือ จำนวนคนในกลุ่มต่ำ

โดยแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี (หลังเรียน) มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.29-0.42 และ 0.08-0.35 ตามลำดับ นอกจากนี้ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะในการปรับแก้ไข สรุปได้ดังนี้

1) ควรปรับภาษาทุกข้อในแบบวัดให้สื่อความหมายและเข้าใจง่าย เน้นให้ใช้คำตรงกับเนื้อหาที่ต้องการสอน

2) จัดลำดับข้อคำถามให้เหมาะสมและปรับข้อคำถามให้สอดคล้องกับมโนทัศน์ที่ต้องการวัด

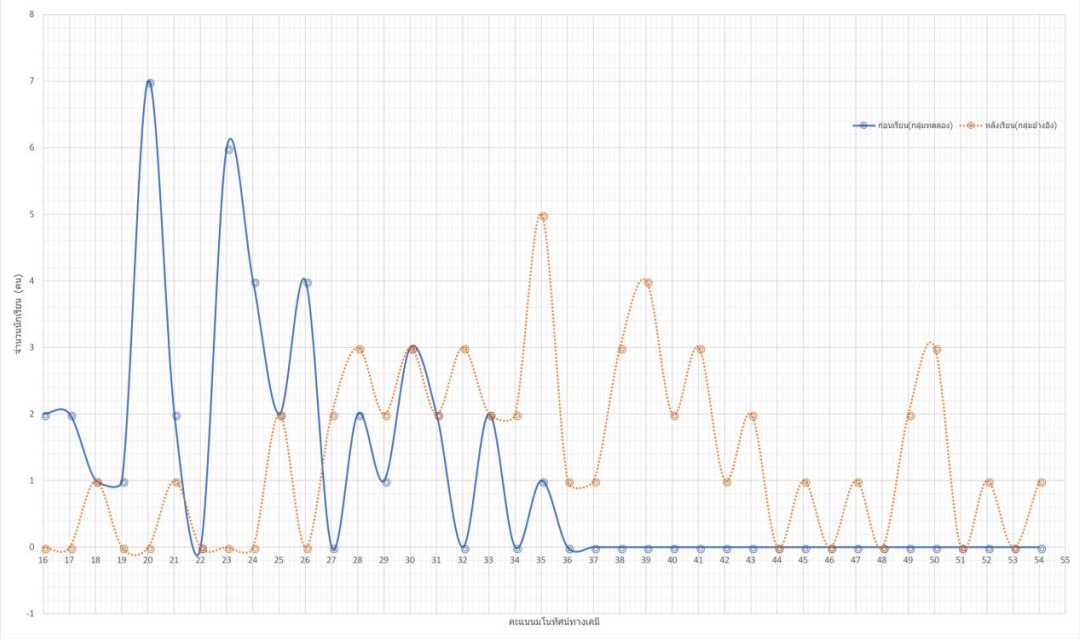
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

4.1.1 กำหนดเกณฑ์โดยดำเนินการกำหนดเกณฑ์โดยใช้วิธีของเบอร์ก (Berk, 1976) เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ใช้ในการหาเกณฑ์ง่ายและชัดเจน วิธีการนี้ทำได้โดยการนำคะแนนก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง มาเทียบกับคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มมาตรฐาน ซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนเนื้อหาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ มาแล้ว (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539 อ้างถึงใน ฉวีวรรณ สีสม, 2555) จากนั้นนำมาคะแนนดังกล่าวมาสร้างกราฟ ได้ดังภาพที่ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แผนภาพที่ 3.2 กราฟแสดงคะแนนเกณฑ์ของแบบวัดของมโนทัศน์ทางเคมี

จากแผนภาพที่ 3.2 พบว่าคะแนนจุดตัด คือ 27 ดังนั้นคะแนนในช่วงนี้มีโอกาสที่จะเป็นคะแนนจุดตัด จึงนำคะแนนตั้งแต่ 25, 26, 27, 28 และ 29 ไปตรวจสอบแล้วเลือกคะแนนที่มีค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินถูกต้องมากที่สุด (P(TM)+P(TN)) ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินผิดพลาดพลาดน้อยที่สุด (P(FN)+P(FM)) และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์ (ϕ_{VC}) มากที่สุดเป็นคะแนนจุดตัด ได้ผลดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 คะแนนจุดตัด (Cut-off score) ของคะแนนมโนทัศน์ทางเคมี

คะแนน	P(TM)+P(TN)	P(FN)+P(FM)	Phi Coefficient
25	0.81	0.19	0.60
26	0.81	0.19	0.61
27*	0.85	0.15	0.69
28	0.83	0.17	0.64
29	0.82	0.18	0.63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 3.4 พบว่าคะแนน 27 มีค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินถูกต้องมากที่สุด P(TM)+P(TN) ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินผิดพลาดพลาดน้อยที่สุด (P(FN)+P(FM)) และค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงของคะแนนเกณฑ์ (ϕ_{VC}) มากที่สุด ดังนั้นคะแนน 27 จึงเป็นคะแนนจุดตัดของคะแนนมโนทัศน์ทางเคมี

4.1.2 ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มทดลอง (ไม่ได้รับการสอน) ทำแบบบทดสอบก่อนการเรียน และให้นักเรียนกลุ่มอ้างอิง (ได้รับการสอน) ทำแบบทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ระดับ ใช้เวลา 90 นาที

4.2 การดำเนินการทดลอง

ดำเนินการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง เคมีอินทรีย์ ด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา จำนวน 8 แผน 24 คาบ ใช้เวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

ผู้วิจัยทดสอบมโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนทั้งกลุ่มทดลองด้วยแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ใช้เวลา 90 นาที

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 3 ส่วนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 การใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์มโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียน

1) ให้คะแนนคำตอบของนักเรียนเป็นรายบุคคลทั้งสองตอนตามเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี ดังภาคผนวก ข หลังจากนั้นรวมคะแนนทั้งสองตอนเพื่อหาคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) นำคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ทางเคมี ($\bar{x}$) ของนักเรียนของแบบทดสอบหลังเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ด้วยการทดสอบทางสถิติด้วยสถิติทดสอบที (*t*-test) โดยใช้สถิติทดสอบทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับคะแนนเกณฑ์ (One sample t-test) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ส่วนที่ 2 ศึกษาร้อยละการพัฒนาการของมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนเมื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ทางเคมี

3) แจกแจงความถี่ของการพัฒนาการมโนทัศน์ในแต่ละทิศทางของพัฒนาของการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ได้แก่ เพิ่มขึ้น ลดลง และไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งได้จากการหาความแตกต่างระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเพื่อใช้ในการพัฒนาการของแต่ละรายบุคคล

4) แจกแจงความถี่ระดับมโนทัศน์ทั้ง 5 ระดับมโนทัศน์ ได้แก่ 1) ความเข้าใจมโนทัศน์ (Sound Understanding) 2) ความเข้าใจบางส่วนของมโนทัศน์ (Partial Understanding, PU) 3) ความเข้าใจบางส่วนของมโนทัศน์ที่แสดงมโนทัศน์ทางเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง (Partial Understanding with Specific Alternative Conception, PUSAC) 4) มโนทัศน์ทางเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง (Specific Alternative Conception) และ 5) การไม่ตอบคำถามหรือไม่เข้าใจมโนทัศน์ (Blank or No Understanding)

ส่วนที่ 3 ศึกษามโนทัศน์ทางเลือกของตอนที่ 2 ของแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี

5) นำข้อมูลเกี่ยวกับการแจกแจงความถี่ของนักเรียนในระดับมโนทัศน์ของความเข้าใจบางส่วนของมโนทัศน์ที่แสดงมโนทัศน์ทางเลือกอย่างเฉพาะเจาะจงและมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ว่า มีมโนทัศน์ทางเลือกเกี่ยวกับเคมีอินทรีย์ในหัวข้อใดบ้าง และนำมาจัดกลุ่มมโนทัศนทางเลือกของแต่ละประเภท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย นำเสนอผลการวิเคราะห์ แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาเมื่อเทียบกับเกณฑ์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

ข้อมูลแต่ละตอนสามารถนำเสนอได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาเมื่อเทียบกับเกณฑ์

ผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนของนักเรียนเปรียบเทียบกับเกณฑ์ แสดงผลดังตารางที่ 4.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เคมีกับเกณฑ์ (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)

คะแนน	$\bar{x}$	S.D.	เกณฑ์	*t*
หลังเรียน	38.12	8.72	27	8.263*

*p<.05

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาเท่ากับ 38.12 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.72 คะแนน ส่วนเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบเท่ากับ 27 คะแนน เมื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเทียบกับเกณฑ์ โดยใช้สถิติทดสอบทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One sample t-test) พบว่า คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของจำนวนนักเรียนในพัฒนาการแต่ละระดับของมโนทัศน์ทางเคมี

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์	ร้อยละของจำนวนนักเรียนในพัฒนาการแต่ละระดับ [จำนวน (ร้อยละ)]		
	พัฒนาการขึ้น	พัฒนาการลดลง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการ
มโนทัศน์ทั้งหมด	265 (52.58)	45 (8.93)	194 (38.49)

จากตารางที่ 4.2 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีพัฒนาการที่สูงขึ้น เท่ากับ 52.58 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีพัฒนาการที่ลดลง เท่ากับ 8.93 และจำนวนร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการ เท่ากับ 38.49 ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียนสามารถอธิบาย โดยละเอียดได้ดังต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่มีพัฒนาการสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์รายมโนทัศน์ พบว่า มโนทัศน์ที่นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่สูงขึ้นอย่างชัดเจนโดยก่อนเรียนนักเรียนเริ่มมีมโนทัศน์ระดับ NU หรือ PUSAC แล้วหลังเรียนเปลี่ยนแปลงมาถึงระดับ SU ได้แก่ ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ไอโซเมอร์ การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่พันธะสามอยู่ปลายโซ่หลัก สารประกอบอะโรมาติก และการอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก

อย่างไรก็ตาม บางมโนทัศน์ที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยและนักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถพัฒนามโนทัศน์ได้จนถึง SU ได้แก่ การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ภายในโซ่หลัก ปฏิกิริยาการเติมของสารประกอบแอลคีน และปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่มีพัฒนาการสูงขึ้น

มโนทัศน์ / ระดับมโนทัศน์	NU ↓ PUSAC	SAC ↓ PUSAC	NU ↓ PU	SAC ↓ PU	PUSAC ↓ PU	NU ↓ SU	SAC ↓ SU	PUSAC ↓ SU	PU ↓ SU
1. ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	0	0	0	0	0	1	1	10	3
2. การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม	1	0	11	0	2	2	0	0	0
3. ไอโซเมอร์	2	1	8	0	1	9	3	1	3
4. การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน	2	2	8	4	1	2	4	3	1
5. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ปลายโซ่หลัก	5	1	8	3	2	6	3	3	1
6. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ภายในโซ่หลัก	1	0	10	0	2	8	0	0	7
7. สารประกอบอะโรมาติก	4	0	0	1	0	15	3	3	0
8. การเกิดสาปรระกอบเอไมด์	1	0	1	0	2	6	0	2	0
9. การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก	5	1	9	0	2	11	0	2	0
10. จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์	4	0	1	0	0	6	0	0	0
11. ปฏิกิริยาการเติมของสารประกอบแอลคีน	2	1	8	1	4	2	0	0	1
12. ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	4	0	6	0	1	2	1	0	2

2. การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่มีพัฒนาการลดลง

นักเรียนมีระดับมโนทัศน์ที่ถดถอยลงจนเกิดมโนทัศน์ทางเลือกที่เพิ่มขึ้น โดยก่อนเรียนมโนทัศน์ที่นักเรียนมีระดับเริ่มต้นที่ระดับ SU หลังเรียนเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ไปยัง SAC หรือ NU คือ การเกิดสารประกอบเอไมด์ นอกจากนี้เป็นที่น่าสังเกตว่ายังมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์โดยก่อนเรียนนักเรียนมีมโนทัศน์เริ่มจากมโนทัศน์ระดับ PU หลังเรียนลดลงไปยังระดับ SAC หรือ NU คือ ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ดังตารางที่ 4.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่มีพัฒนาการลดลง

มโนทัศน์ / ระดับมโนทัศน์	SU ↓ NU	PU ↓ NU	PUSAC ↓ NU	SU ↓ SAC	PU ↓ SAC	PUSAC ↓ SAC	SU ↓ PUSAC	PU ↓ PUSAC	SU ↓ PU
1. ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	1	0	0	0	0	0	0	0	2
2. การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม	0	2	0	0	0	0	0	1	0
3. ไอโซเมอร์	0	1	1	0	2	0	0	0	0
4. การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน	0	0	0	0	0	0	0	3	0
5. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ปลายโซ่หลัก	0	0	0	0	0	0	0	1	0
6. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ภายในโซ่หลัก	0	2	0	0	0	0	0	0	0
7. สารประกอบอะโรมาติก	1	0	0	0	0	0	1	0	0
8. การเกิดสาปรระกอบเอไมด์	5	1	3	1	0	0	3	0	0
9. การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก	0	2	0	0	0	0	0	0	0
10. จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11. ปฏิกิริยาการเติมของสารประกอบแอลคีน	0	0	1	0	1	0	0	0	0
12. ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	0	5	0	0	0	0	0	2	0

3. การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการ

นักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการมโนทัศน์ทางเคมี มี 2 ลักษณะคือ ลักษณะที่ 1 นักเรียนมีมโนทัศน์อยู่ในระดับ SU ซึ่งมีความเข้าใจที่ดีอยู่แล้วและหลังเรียนยังคงมีความเข้าใจที่ดีเช่นเดิมไม่เปลี่ยนแปลง คือ ความหมายของไฮโดรคาร์บอน และลักษณะที่ 2 นักเรียนมีมโนทัศน์เริ่มต้นไม่สูงมากนักตั้งแต่ระดับ NU ถึง PU แต่นักเรียนก็ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับมโนทัศน์ถึงแม้ว่าจะเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงของคูรัลและโคคาคูลาแล้ว ได้แก่ การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ ปฏิกิริยาการเติมของสารประกอบแอลคีน และปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ดังตารางที่ 4.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการ

มโนทัศน์ / ระดับมโนทัศน์	SU = SU	PU = PU	PUSAC = PUSAC	SAC = SAC	NU = NU	NU = SAC
1. ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	24	0	0	0	0	0
2. การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม	0	7	0	0	16	0
3. ไอโซเมอร์	2	1	0	1	3	1
4. การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน	0	4	0	0	2	3
5. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ปลายโซ่หลัก	0	2	0	1	5	0
6. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่มีพันธะสามอยู่ภายในโซ่หลัก	1	3	1	0	6	1
7. สารประกอบอะโรมาติก	6	0	0	1	8	0
8. การเกิดสารประกอบเอไมด์	1	0	6	0	8	2
9. การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก	0	0	0	0	11	1
10. จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์	0	0	0	0	30	1
11. ปฏิกิริยาการเติมของสารประกอบแอลคีน	0	0	0	0	15	6
12. ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	0	1	1	0	17	0

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

กลุ่มคำตอบที่มีมโนทัศน์ทางเลือกเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาสามารถแสดงได้ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์	กลุ่มคำตอบของมโนทัศน์ทางเลือก [ความถี่ (คน)]	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1. ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	1.1 ระบุธาตุองค์ประกอบไม่ถูกต้อง (11)	1.1 N/A
2. การเขียนสูตรโครงสร้างเส้นและมุม	2.1 โซ่หลักเป็นโซ่ปิด (1)	2.1 N/A
	2.2 มุมแทนธาตุต่าง ๆ (1)	2.2 N/A
	2.3 N/A	2.3 เขียนเส้นตรงแสดงจำนวนของคาร์บอน (2)
3. ไอโซเมอร์	3.1 สารประกอบที่มีโครงสร้างหลักเหมือนกันแต่มีหมู่แอลคิลต่างกัน (2)	3.1 สารประกอบที่มีโครงสร้างหลักเหมือนกัน (1)
	3.2 สารประกอบที่เป็นสารเดียวกันที่แสดงด้วยสูตรต่างกัน (6)	3.2 N/A
	3.3 N/A	3.3 สารประกอบที่มีโครงสร้างและองค์ประกอบเหมือนกัน แต่สารประกอบมีสมบัติแตกต่างกัน (3)
	3.4 N/A	3.4 สารประกอบที่มีสูตรโครงสร้างเหมือนกันแต่สูตรโมเลกุลต่างกัน (2)
	3.5 N/A	3.5 สารประกอบที่ประกอบด้วยพันธะคู่หรือพันธะเดี่ยว (1)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์	กลุ่มคำตอบของมโนทัศน์ทางเลือก [ความถี่ (คน)]	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
4. การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน	4.1 ระบุชื่อหมู่แอลคิลไม่ถูกต้อง (1)	4.1 ระบุชื่อหมู่แอลคิลไม่ถูกต้อง (4)
	4.2 นับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้อง (9)	4.2 นับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้อง (5)
	4.3 N/A	4.3 พันธะคู่ในสารประกอบอยู่ตำแหน่งแรกเสมอ (1)
	4.4 N/A	4.4 วิธีเรียกชื่อโซ่ตรงและโซ่ปิดเหมือนกัน (1)
5. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่พันธะสามอยู่ปลายโซ่หลัก	5.1 นับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้อง (6)	5.1 นับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้อง (3)
	5.2 ระบุชื่อหมู่แอลคิลไม่ถูกต้อง (1)	5.2 ระบุชื่อหมู่แอลคิลไม่ถูกต้อง (1)
	5.3 พันธะสามหนึ่งพันธะจะมีคาร์บอนหนึ่งตัว (5)	5.3 N/A
	5.4 เส้นแทนจำนวนคาร์บอน (1)	5.4 N/A
	5.5 พันธะสามเป็นพันธะเดี่ยว (2)	5.5 N/A
	5.6 นับเลขตามจำนวนกิ่ง เอาเลขที่ถึงกิ่งก่อนเป็นที่ตั้ง (1)	5.6 N/A
	5.7 N/A	5.7 เขียนภาษากรีกที่แทนจำนวนคาร์บอนไม่ถูกต้อง (2)
	5.8 N/A	5.8 ระบุตำแหน่งพันธะสามคร่อมพันพันธะ (2)
6. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่พันธะสามอยู่ภายในโซ่หลัก	6.1 ระบุชนิดพันธะไม่ถูกต้อง (2)	6.1 ระบุชนิดพันธะไม่ถูกต้อง (1)
	6.2 N/A	6.2 ระบุชื่อหมู่แอลคิลไม่ถูกต้อง (2)
7. สารประกอบอะโรมาติก	7.1 สารประกอบอะโรมาติก คือ สารที่เป็นโซ่ปิดซึ่งประกอบด้วยพันธะคู่เป็นองค์ประกอบทั้งหมดและสมบัติอื่น ๆ	7.1 สารประกอบอะโรมาติก คือ สารที่เป็นโซ่ปิดซึ่งประกอบด้วยพันธะคู่เป็นองค์ประกอบทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์	กลุ่มคำตอบของมโนทัศน์ทางเลือก [ความถี่ (คน)]	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
	(1)	และสมบัติอื่น ๆ (1)
	7.2 สารประกอบอะโรมาติก คือ โครงสร้างที่ประกอบด้วยพันธะเดี่ยวและพันธะคู่สลับกันและคาร์บอนต่อกับวงอะโรมาติก (1)	7.2 N/A
	7.3 สารประกอบอะโรมาติก คือ สูตรโครงสร้างแบบโซ่ปิดและมีหลายพันธะ (1)	7.3 N/A
	7.4 สารประกอบอะโรมาติก เป็นสารประกอบที่มีแต่พันธะเดี่ยว (2)	7.4 N/A
	7.5 สารประกอบอะโรมาติก เป็นสารประกอบที่มีพันธะคู่ (1)	7.5 N/A
	7.7 สารประกอบอะโรมาติกมีลักษณะเป็นหกเหลี่ยม (1)	7.7 N/A
	7.8 N/A	7.8 สารประกอบอะโรมาติก คือ สารที่มีเบนซีนเป็นองค์ประกอบแต่ไม่เสถียร (1)
	7.9 N/A	7.9 สารประกอบอะโรมาติก หมายถึง สารประกอบที่เป็นวงห้าเหลี่ยม (1)
	7.10 N/A	7.10 สารประกอบอะโรมาติก คือ การที่เป็นโซ่ปิดมีพันธะคู่ 3 ที่ ซึ่ง H สามารถย้ายตัวจับ H ได้ (1)
	7.11 N/A	7.11 สารประกอบอะโรมาติก หมายถึง พันธะไฮโดรคาร์บอนที่ต่อกันเป็นวงแหวนและจับต่อกันได้ (1)
	7.12 N/A	7.12 สารประกอบอะโรมาติก คือ สารประกอบที่มีแอลกอฮอล์เป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์	กลุ่มคำตอบของมโนทัศน์ทางเลือก [ความถี่ (คน)]	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
		องค์ประกอบ (1)
8. การเกิดสารประกอบเอไมด์	8.1 สารประกอบเอไมด์ เกิดจากหมู่อะมิโนและสารประกอบหรือธาตุอื่น ๆ (11)	8.1 สารประกอบเอไมด์ เกิดจากหมู่อะมิโนและสารประกอบหรือธาตุอื่น ๆ (8)
	8.2 สารประกอบอื่นที่ไม่ใช่ -$CONH_2$ (5)	8.2 N/A
	8.3 สารประกอบเอไมด์ เกิดจากเอมีนในโปรตีน (1)	8.3 N/A
	8.4 N/A	8.4 สารประกอบเอไมด์ เกิดจาก CH_3COOH หรือกรด และสารประกอบอื่น ๆ (1)
	8.5 N/A	8.5 สารประกอบเอไมด์ เกิดจาก NH_2 ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันเอมีนโดยยังเป็นไอโซเมอร์ของเอไมด์ (1)
	8.6 N/A	8.6 สารประกอบเอไมด์ มีตัวทำละลายที่แตกต่างกันและมีสารประกอบ N (1)
9. การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก	9.1 ระบุชื่อหมู่แอลคิลไม่ถูกต้อง (1)	9.1 ระบุชื่อหมู่แอลคิลไม่ถูกต้อง (2)
	9.2 นับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้อง (1)	9.2 นับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้อง (3)
	9.3 N/A	9.3 หมู่ฟังก์ชันของกรดคาร์บอกซิ-ลิกคือ OH (2)
	9.4 N/A	9.4 คาร์บอน 5 อะตอมของสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิกเรียกชื่อในภาษากรีก คือ butanoic (1)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์	กลุ่มคำตอบของมโนทัศน์ทางเลือก [ความถี่ (คน)]	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
10. จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลกอฮอล์ อีเทอร์ และฟีนอล	10.1 N/A	10.1 จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบขึ้นกับแรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล (3)
	10.2 N/A	10.2 จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบขึ้นกับจำนวนคาร์บอนมากขึ้น (2)
11. ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน	11.1 ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ การเติมธาตุแฮโลเจนหรือธาตุโบรมีนเข้าไปที่พันธะ (5)	11.1 ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ การเติมธาตุแฮโลเจนหรือธาตุโบรมีนเข้าไปที่พันธะ (1)
	11.2 ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ การเติมธาตุแฮโลเจนไปแล้วเกิดผลิตภัณฑ์เป็นกรดของธาตุแฮโลเจน (2)	11.2 ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ การเติมธาตุแฮโลเจนไปแล้วเกิดผลิตภัณฑ์เป็นกรดของธาตุแฮโลเจน (1)
	11.3 ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ ใช้แสงในการเกิดปฏิกิริยา (1)	11.3 ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ ใช้แสงในการเกิดปฏิกิริยา (3)
	11.4 ปฏิกิริยาการเติม คือ การเติมสารทั้งสองข้างเท่ากัน (1)	11.4 N/A
	11.5 N/A	11.5 ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ การเติมธาตุแฮโลเจนหรือธาตุโบรมีนมาแทนที่ตำแหน่งไฮโดรเจน (4)
	11.6 N/A	11.6 ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ เพิ่มจำนวนธาตุไฮโดรเจนเข้าไปเนื่องจากมีธาตุไฮโดรเจนไม่พอ (1)
12. ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	12.1 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน คือ ปฏิกิริยาที่มีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (1)	12.1 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน คือ ปฏิกิริยาที่มีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (3)
	12.2 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน คือ	12.2 N/A

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์	กลุ่มคำตอบของมโนทัศน์ทางเลือก [ความถี่ (คน)]	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
	ปฏิกิริยาเกิดจาก carbonic acid และแอลกอฮอล์ (2)	
	12.3 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน คือ เกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลทำปฏิกิริยากับธาตุโซเดียม (1)	12.3 N/A
	12.4 N/A	12.4 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน คือ ปฏิกิริยาเกี่ยวกับการผลิต H_2O และสารประกอบอื่น ๆ (2)
	12.5 N/A	12.5 ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน หมายถึง ปฏิกิริยาตัดเอสเทอร์เพื่อหาของที่มาผสมกันแล้วได้เอสเทอร์ (1)

จากตารางที่ 4.5 จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียน พบว่า มีมโนทัศน์เดียวที่นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกก่อนเรียน แต่ไม่พบมโนทัศน์ทางเลือกหลังเรียน คือ ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แต่อย่างไรก็ตามมโนทัศน์อื่นๆ ยังพบมโนทัศน์ทางเลือกหลังเรียนอยู่ซึ่งมีลักษณะเป็นหลักการหรือขั้นตอนของการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์และกระบวนการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกเดียวกันทั้งหมด โดยหลังเรียนไม่พบมโนทัศน์ทางเลือก

2. การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม ก่อนเรียนพบมโนทัศน์ทางเลือก คือ โซ่หลักเป็นโซ่ปิดและมุมแทนธาตุต่าง ๆ หลังเรียนไม่ปรากฏมโนทัศน์ทางเลือกเหล่านั้น แต่พบมโนทัศน์ทางเลือกใหม่ คือ เขียนเส้นตรงแสดงจำนวนของคาร์บอน

3. ไอโซเมอร์ ก่อนเรียนพบมโนทัศน์ทางเลือก 2 ลักษณะ คือ สารประกอบที่มีโครงสร้างหลักเหมือนกันแต่มีหมู่แอลคิลต่างกัน และสารประกอบที่เป็นสารเดียวกันที่แสดงด้วยสูตรต่างกัน หลังเรียนไม่พบมโนทัศน์ทางเลือกในเรื่องนี้ แต่หลังเรียนยังพบมโนทัศน์ทางเลือกอยู่ในกลุ่มสารประกอบที่มีโครงสร้างหลักเหมือนกันแต่มีหมู่แอลคิลต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อย่างไรก็ตาม พบมโนทัศน์ทางเลือกใหม่ 3 ลักษณะ ได้แก่ สารประกอบที่มีโครงสร้างและองค์ประกอบเหมือนกันแต่สารประกอบมีสมบัติแตกต่างกัน สารประกอบที่มีสูตรโครงสร้างเหมือนกันแต่สูตรโมเลกุลต่างกัน และสารประกอบที่ประกอบด้วยพันธะคู่หรือพันธะเดี่ยว

4. การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีนและแอลไคน์ พบมโนทัศน์ทางเลือกที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือ 1) ระบุชื่อหมู่แอลคิลไม่ถูกต้อง และ 2) นับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้อง ซึ่งหลังเรียนยังมีมโนทัศน์ทางเลือกของมโนทัศน์ดังกล่าวอยู่ แต่อย่างไรก็ตามพบมโนทัศน์ทางเลือกใหม่ ได้แก่ เขียนภาษากรีกที่แทนจำนวนคาร์บอนไม่ถูกต้อง และระบุตำแหน่งพันธะสามคร่อมพันพันธะ

5. สารประกอบอะโรมาติก ก่อนเรียนพบว่ากลุ่มมโนทัศน์ทางเลือกที่มีมากที่สุด คือ สารประกอบอะโรมาติกเป็นสารประกอบที่มีแต่พันธะเดี่ยว นอกจากนี้หลังเรียนยังพบมโนทัศน์ทางเลือกกลุ่มสารประกอบอะโรมาติก คือ สารที่เป็นโซ่ปิดซึ่งประกอบด้วยพันธะคู่เป็นองค์ประกอบทั้งหมดและสมบัติอื่น ๆ

6. การเกิดสารประกอบเอไมด์ ก่อนเรียนกลุ่มสารประกอบเอไมด์เกิดจากหมู่อะมิโนและสารประกอบหรือธาตุอื่น ๆ มีจำนวนมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามหลังเรียนยังพบมโนทัศน์ทางเลือกนี้อยู่ ในขณะที่หลังเรียนไม่พบมโนทัศน์ทางเลือกกลุ่มสารประกอบอื่นที่ไม่ใช่ $–CONH_2$ นอกจากนี้หลังเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกเพิ่มขึ้นใหม่อย่างละ 1 คนในแต่ละกลุ่ม

7. การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก พบว่า ระบุชื่อหมู่แอลคิลไม่ถูกต้องและนับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้อง ซึ่งยังพบว่าหลังเรียนกลุ่มระบุชื่อหมู่แอลคิลไม่ถูกต้องและนับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้องมีจำนวนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีมโนทัศน์ทางเลือกใหม่เพิ่มขึ้นมา คือ หมู่ฟังก์ชันของกรดคาร์บอกซิลิกคือ OH

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ ก่อนเรียนไม่พบมโนทัศน์ทางเลือก แต่หลังเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกเพิ่มขึ้น 2 ลักษณะ คือ จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบขึ้นกับแรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล และจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบขึ้นกับจำนวนคาร์บอนมากขึ้น

9. ปฏิกิริยาการเติมของสารประกอบแอลคีน ก่อนเรียนพบว่า มีมโนทัศน์ทางเลือกมากที่สุด 3 ลักษณะ ได้แก่ ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ การเติมธาตุแฮโลเจนหรือธาตุโบรมีนเข้าไปที่พันธะ ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ การเติมธาตุแฮโลเจนไปแล้วเกิดผลิตภัณฑ์เป็นกรดของธาตุแฮโลเจน และปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ ใช้แสงในการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งหลังเรียนยังคงมีมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องเหล่านี้อยู่ อย่างไรก็ตาม ยังพบมโนทัศน์ทางเลือกเพิ่มขึ้นใหม่ คือ ปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน คือ การเติมธาตุแฮโลเจนหรือธาตุโบรมีนมาแทนที่ตำแหน่งไฮโดรเจน

10. ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน พบว่า ก่อนเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกกลุ่มปฏิกิริยาเอสเทอริ-ฟิเคชัน คือ ปฏิกิริยาที่มีเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งยังพบมโนทัศน์กลุ่มนี้อยู่ ในขณะที่หลังเรียนไม่พบมโนทัศน์ทางเลือกกลุ่มปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน คือ ปฏิกิริยาเกิดจากกรดคาร์บอนิกและแอลกอฮอล์ อย่างไรก็ตามหลังเรียนพบว่ามีมโนทัศน์ทางเลือกเพิ่มขึ้นใหม่ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันคือ ปฏิกิริยาเกี่ยวกับการผลิตน้ำและสารประกอบอื่นๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นงานวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดสองครั้ง (One group pretest-posttest design) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ 2) ศึกษาร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา และ 3) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์มโนทัศน์ทางเลือกในเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 37 จังหวัดแพร่ ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 42 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที (One sample *t*-test) สรุปผลการวิจัยอภิปรายและข้อเสนอแนะ แสดงรายละเอียดไว้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษามโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. หลังเรียนเคมีด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังเรียนเคมีด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา พบว่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีพัฒนาการสูงขึ้นเท่ากับ 52.58 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่พัฒนาการลดลงเท่ากับ ร้อยละ 38.49 และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เท่ากับ ร้อยละ 8.93

3. หลังเรียนเคมีด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา พบว่ามโนทัศน์เดียวที่นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกก่อนเรียน แต่ไม่พบมโนทัศน์ทางเลือกหลังเรียน คือ ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แต่อย่างไรก็ตามมโนทัศน์อื่นๆ ยังพบมโนทัศน์ทางเลือก

หลังเรียนอยู่ซึ่งมีลักษณะเป็นหลักการหรือขั้นตอนของการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์และกระบวนการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมี

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 การศึกษาคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาเปรียบเทียบกับเกณฑ์

ตอนที่ 2 การศึกษาร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

ตอนที่ 3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์มโนทัศน์ทางเลือกในเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

ข้อมูลแต่ละตอนสามารถนำเสนอได้ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาเปรียบเทียบกับเกณฑ์

ผลการวิจัยสรุปว่า หลังเรียนเคมีด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางเคมีสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประเด็นที่ 1 ลักษณะของคำถามที่ครูใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้และการพัฒนาการคิดเกี่ยวกับการรู้คิดของนักเรียนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ กล่าวคือ การสอนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลามีการตั้งคำถามที่กระตุ้นให้เกิดการรู้คิด ได้แก่ 1) คำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลของการตอบคำถาม 2) คำถามเพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหาจากการทำกิจกรรม และ 3) คำถามเพื่อสะท้อนความเข้าใจของตนเอง การใช้คำถามข้างต้นทำให้นักเรียนได้พัฒนาการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด (Metacognition) ของตน ได้ตระหนักว่า ประเด็นใดมโนทัศน์นั้นๆ ที่ตนทราบและไม่ทราบ นำไปสู่การทำความเข้าใจมโนทัศน์อยากเรียนรู้และสืบค้นข้อมูลเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการสร้างแรงจูงใจเพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียน ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mevarech and Kramarski (1997) ที่ใช้คำถามลักษณะต่างๆ เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน ได้แก่ คำถามตรวจสอบความเข้าใจ คำถามเชื่อมโยงความสัมพันธ์

ระหว่างขณะทำงานกับปัญหาก่อนหน้าการทำงาน และคำถามหากลยุทธ์ วิธีการ และหลักการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาหนึ่งๆ การตอบคำถามของนักเรียนทำให้นักเรียนได้แสดงความเข้าใจที่มีต่อเรื่องที่เรียนของตนเองมากขึ้น และได้ทบทวนความเข้าใจที่มีต่อเรื่องที่เรียนอยู่ว่าถูกต้องหรือไม่ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน การคำถามเหล่านี้จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงความเข้าใจของนักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะคำถามในงานวิจัยนี้ทำให้นักเรียนเกิดการคิดเกี่ยวกับการรู้คิดเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกันงานวิจัยของ Yildiz (2008) cited in Kural and Kocakulah (2016) ที่ได้นำการคิดเกี่ยวกับการรู้คิดมาพัฒนารูปแบบการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของ Alsop and Watts (1997) พบว่า การคิดเกี่ยวกับการรู้คิดช่วยเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียน

ประเด็นที่ 2 ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นแรงจูงใจหนึ่งที่ส่งเสริมนักเรียนให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาได้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจดังกล่าวโดยได้การสอดแทรกแรงจูงใจในทุกขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา โดยครูนำเสนอเหตุการณ์ที่ขัดแย้งกับความรู้ของนักเรียนและผิดปกติจากการรับรู้ของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจให้เกิดความไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิม นำสู่การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ในขั้นต่อๆ ไปของรูปแบบการสอน และพร้อมที่จะเปิดใจเรียนรู้มโนทัศน์ใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับ Posner et al. (1982) cited in Kural and Kocakulah (2016) ที่กล่าวว่า ความขัดแย้งทางปัญญาเป็นหนึ่งในแรงจูงใจในการเปลี่ยนมโนทัศน์ของนักเรียน ถ้านักเรียนเห็นตัวอย่างของความผิดปกติ (Anomaly) ซึ่งขัดแย้งกับมโนทัศน์เดิมของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความต้องการจะละทิ้งมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิม นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Tuckman and Monetti (2011) กล่าวว่าการปรับสมดุล (Equilibration) เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของการเกิดแรงจูงใจตามแนวคิดสรรคนิยม โดยเมื่อนักเรียนเผชิญประสบการณ์ใหม่หรือมโนทัศน์ใหม่จะกระตุ้นให้นักเรียนทำความเข้าใจประสบการณ์ใหม่หรือมโนทัศน์ใหม่ที่เกิดขึ้นโดยผ่านกระบวนการการปรับโครงสร้างทางปัญญา

ประเด็นที่ 3 การทำงานกลุ่มเป็นขั้นตอนที่ 5 ของรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาที่ช่วยในการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ให้ดีขึ้น กลุ่มสมาชิกภายในกลุ่มจะมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันผ่านการอภิปรายและโต้แย้งกัน ความเข้าใจที่แตกต่างกันของสมาชิกในกลุ่มที่แสดงออกเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนต้องการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่มีอยู่ให้เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ ซึ่งสอดคล้องตามแนวคิดสรรคนิยมตาม Fowler (1994) and Greens et al. (1996) อ้างถึงในสุรางค์ โค้วตระกูล (2556) ได้กล่าวเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสร้างความรู้ว่า นักเรียนเป็นผู้มีหน้าที่ลงมือทำและเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นภายในตนเอง ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทในการก่อให้เกิดความไม่สมดุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทางปัญญาซึ่งเป็นเหตุให้นักเรียนปรับความเข้าใจหรือมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับมโนทัศน์ใหม่จนกระทั่งเกิดความสมดุลทางปัญญา

ประเด็นที่ 4 รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงความเป็นไปได้ของมโนทัศน์ใหม่ที่เกิดขึ้นหลังเรียนในการนำมโนทัศน์ที่เรียนไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่นๆ รวมทั้งยังเป็นการตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนอีกด้วย โดยเฉพาะในขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่แตกต่าง กล่าวคือ ถ้านักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ไปใช้แก้ปัญหาได้ แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ดังกล่าว สอดคล้องกับเงื่อนไขที่เสนอโดย Posner et al. (1982) กล่าวคือ มโนทัศน์ใหม่ต้องมีประโยชน์ (Fruitful) โดยมโนทัศน์ใหม่มีประสิทธิภาพในการประยุกต์ในสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไปเพื่อให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ She (2003) ที่ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาท (Dual Situated Learning Model, DSLM) ขั้นตอนหนึ่งของรูปแบบดังกล่าวมีลักษณะสำคัญที่สอดคล้องกับรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา กล่าวคือ ครูได้จัดสถานการณ์ใหม่เพื่อให้นักเรียนประยุกต์มโนทัศน์ที่ได้รับการปรับหรือเปลี่ยนจากเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกลดลงและสามารถเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เดิมของตนได้สำเร็จ

ตอนที่ 2 ศึกษาร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

ผลการวิจัยสรุปว่า เมื่อพิจารณาคะแนนรวมของนักเรียนเป็นรายบุคคล พบว่า นักเรียนที่มีพัฒนาการสูงขึ้นเท่ากับ ร้อยละ 52.58 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ว่า หลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาจะมีร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีการพัฒนามโนทัศน์ทางเคมีมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 50 ขึ้นไป อย่างไรก็ตาม หลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการลดลงเท่ากับร้อยละ 38.49 และนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เท่ากับ ร้อยละ 8.93 เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

ประเด็นที่ 1 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีพัฒนาการสูงขึ้นเท่ากับ 52.58 ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดและเมื่อศึกษาผลการวิเคราะห์รายมโนทัศน์ พบว่า เนื่องจากรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา มีลักษณะสำคัญที่เน้นกระบวนการถามคำถาม-ตอบคำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน การทำงานเป็นกลุ่ม การนำมโนทัศน์ที่เรียนไป

แก้ปัญหาอื่น ลักษณะดังกล่าวทำให้นักเรียนเปลี่ยนมโนทัศน์ที่เข้าใจผิดให้ถูกต้องได้ โดยใช้วิธีสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิดช่วยให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมให้ถูกต้อง (Kocakulah & Kural, 2016) ซึ่งสอดคล้องการสร้างความรู้ตามแนวคิดสรรคนิยม (Tuckman & Monetti, 2011; Fowler, 1994 and Greens et al., 1996 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2556) และเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของ Posner et al. (1982) ที่กล่าวไว้ในเบื้องต้น นอกจากนี้นักเรียนสามารถเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ได้ง่ายขึ้นเนื่องจากนักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful learning) ของ Ausubel et al. (1968) ที่ระบุว่า นักเรียนสร้างความรู้ใหม่อย่างมีความหมายซึ่งอยู่บนพื้นฐานของความรู้ที่มีอยู่เดิมของนักเรียน ดังนั้น ความรู้ที่มีอยู่เดิมของนักเรียนมีอิทธิพลสูงต่อการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

ประเด็นที่ 2 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีพัฒนาการลดลงเท่ากับ 38.49 ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดและเมื่อศึกษาผลการวิเคราะห์รายมโนทัศน์ พบว่า นักเรียนที่มีพัฒนาการของมโนทัศน์ลดลงซึ่งสิ่งที่น่าสนใจคือ ก่อนเรียนนักเรียนมีมโนทัศน์อยู่ในระดับ SU หรือ PU แต่หลังเรียนนักเรียนมีระดับมโนทัศน์ที่ลดลงเป็น NU หรือ SAC ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจาก 2 สาเหตุ คือ

1) ลักษณะคำตอบที่ไม่เฉพาะเจาะจง ทำให้คำตอบของนักเรียนในลักษณะได้รับการแปลความหมายอยู่ในระดับ NU ตัวอย่างคำตอบ เช่น ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่า สารประกอบเอไมด์เกิดขึ้นจากหมู่อะมิโนรวมกับคาร์บอกซิล หลังเรียนนักเรียนเข้าใจว่า “สารประกอบเอไมด์เกิดขึ้นจากการสร้างพันธะกับธาตุตัวอื่น” (นักเรียนหมายเลข 20, หลังเรียน NU) หรือ “สารประกอบเอไมด์เกิดจากสารประกอบ C, H ,O รวมกันเป็นหมู่ฟังก์ชัน” (นักเรียนหมายเลข 34, หลังเรียน NU)

2) การเกิดมโนทัศน์ทางเลือกใหม่อาจเกิดจากการที่ไม่ได้รับการตรวจสอบมโนทัศน์ทางเลือกระหว่างเรียน เนื่องจากการโต้แย้งที่ระบุไว้ในกิจกรรมขั้นที่ 5 ของรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาเป็นกระบวนการหนึ่งในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน กิจกรรมที่ให้นักเรียนได้โต้แย้งกันจะต้องใช้เวลามาก เพื่อนักเรียนทุกคนเกิดความไม่พึงพอใจกับมโนทัศน์ที่มีอยู่ เนื่องจากเวลาที่ใช้ในขั้นนี้มีจำกัด นักเรียนทุกคนจึงไม่มีโอกาสแสดงความคิดเห็นของตน ไม่ได้ตรวจสอบความเข้าใจในมโนทัศน์ของตน นั่นคือนักเรียนไม่มีเวลาในการเทียบเคียงมโนทัศน์ที่มีอยู่กับมโนทัศน์ใหม่ ทำให้นักเรียนไม่สามารถสรุปข้อความรู้ของมโนทัศน์นั้นได้ถูกต้อง มโนทัศน์ทางเลือกจึงไม่ได้รับการแก้ไขให้ถูกต้อง ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการความเข้าใจมโนทัศน์ลดลง สอดคล้องกับแนวการสอนการโต้แย้งสำหรับการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Argument approach for conceptual change) ที่เสนอโดย Zhou (2010) ระบุว่า การโต้แย้งใช้เวลามากไปกับการทำความเข้าใจมุมมองของเพื่อนร่วมชั้นแต่ละคนและตัดสินความถูกต้องจากมุมมองต่างๆ อีกทั้งนักเรียน

ยังต้องอธิบาย ทดสอบ ป้องกันและโน้มน้าวผู้อื่นให้ยอมรับความคิดเห็นของตนเอง อีกทั้งนักเรียนไม่คุ้นชินกับการแสดงความคิดเห็นของตนเองให้ผู้อื่นฟังมาใช้ในการโต้แย้งจึงทำให้มโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนไม่ได้รับการแก้ไขให้ถูกต้อง

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Ormrod (2006) ระบุว่า การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์นั้นทำได้ยาก เนื่องจากธรรมชาติของมโนทัศน์ทางเลือกมีความคงทน แม้ว่านักเรียนจะได้รับการแก้ไขมโนทัศน์ให้ถูกต้องโดยผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์แล้วก็ตาม นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เกิดขึ้นยาก ขึ้นกับความเชื่อของนักเรียนที่มีต่อมโนทัศน์ทางเลือก โดยเชื่อว่ามโนทัศน์ดังกล่าวถูกต้องและสอดคล้องกับชีวิตประจำวันได้มากกว่ามโนทัศน์ใหม่ ดังนั้นจึงทำให้นักเรียนมีพัฒนาการของมโนทัศน์ที่ลดลง

ประเด็นที่ 3 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ไม่มีพัฒนาการการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เท่ากับ 8.93 ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดและเมื่อศึกษาผลการวิเคราะห์รายมโนทัศน์ พบว่ามโนทัศน์ที่ไม่มีพัฒนาการมี 2 ลักษณะ คือ

ลักษณะที่ 1 นักเรียนมโนทัศน์อยู่ในระดับ SU ซึ่งมีความเข้าใจที่ดีอยู่แล้วและหลังเรียนยังคงมีความเข้าใจที่ดีเหมือนเดิม คือ ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีสาเหตุมาจากก่อนเรียนนักเรียนมีมโนทัศน์เรื่องนั้นอยู่แล้ว สอดคล้องกับอิทธิพลเพดาน (Ceiling effect) ที่มีใจความสำคัญว่า พื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียนที่สูงตั้งแต่ก่อนเรียนทำให้ความรู้ของนักเรียนหลังเรียนจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยหรือไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับก่อนเรียน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

ลักษณะที่ 2 นักเรียนมีมโนทัศน์เริ่มต้นตั้งแต่ NU ถึง PU แต่นักเรียนก็ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับมโนทัศน์ถึงแม้ว่าจะเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงของคูรัลและโคคาคูลาแล้ว ได้แก่ การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ ปฏิกิริยาการเติมของสารประกอบแอลคีน และปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเค-ชัน ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ NU เช่นเดิมทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงว่า นักเรียนกลุ่มนี้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาไม่สามารถพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนได้ และอีกเหตุผลหนึ่งที่นักเรียนจัดที่ถูกจัดอยู่ในระดับ NU นั้นมาจากคำตอบของนักเรียนที่ตอบกว้าง ตัวอย่างคำตอบเช่น “เพราะ ก คือ โครงสร้างลิวอิส จึงตัด ก,ค ส่วน ง คือ การเขียนชื่อแบบย่อ” (นักเรียนหมายเลข 10, หลังเรียน NU) “เพราะ ก เป็นโครงสร้างแบบลิวอิส ง เป็นโครงสร้างแบบย่อ” (นักเรียนหมายเลข 12, หลังเรียน NU) หรือ “เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมแบบเติมเข้ามา ปฏิกิริยาการเติม หมายถึง ทำให้สารอินทรีย์ต้นเพิ่มขึ้นจากเดิมแบบเติม” (นักเรียนหมายเลข 2, หลังเรียน NU)

อีกทั้งนักเรียนส่วนน้อยมีระดับมโนทัศน์อยู่ใน SAC หรือ PUSAC โดยไม่เปลี่ยนระดับมโนทัศน์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงให้เห็นว่า มโนทัศน์ทางเลือกมีความคงทนถึงแม้นักเรียนจะได้รับการเรียนการสอนแล้วซึ่งสอดคล้องกับ Magnusson et al. (1999) ระบุว่า นักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางเลือกอยู่ก่อนมีแนวโน้มที่จะเชื่อและเข้าใจในมโนทัศน์ทางเลือกว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้องมากกว่า อีกทั้งมโนทัศน์ใหม่นั้นยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียนทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ และเนื่องด้วยข้อจำกัดของการโต้แย้งและมโนทัศน์ทางเลือกที่คงทนที่ได้ ตัวอย่างคำตอบเช่น “ปฏิกิริยาการเติมคือ การเอาธาตุหมู่ 7 (แฮโลเจน) มาแทนที่ตำแหน่งของ Hydrogen” (นักเรียนหมายเลข 36, หลังเรียน PUSAC)

ตอนที่ 3 ศึกษามโนทัศน์ทางเลือกในเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

ผลการวิจัยสรุปว่า มโนทัศน์เดียวที่นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกก่อนเรียน แต่ไม่พบมโนทัศน์ทางเลือกหลังเรียน คือ ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แต่อย่างไรก็ตามมโนทัศน์อื่นๆ ยังพบมโนทัศน์ทางเลือกหลังเรียนอยู่ซึ่งมีลักษณะเป็นหลักการหรือขั้นตอนของการอ่านชื่อสารประกอบอินทรีย์และกระบวนการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมี

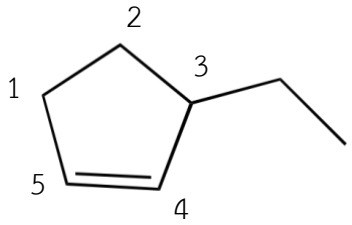
หลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลามีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ 3 แบบ คือ มโนทัศน์ทางเลือกที่หมด มโนทัศน์ทางเลือกคงเดิม และมโนทัศน์ทางเลือกเพิ่มขึ้นใหม่ของหลังเรียนเมื่อเทียบกับก่อนเรียน เนื่องจากเหตุผลต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเด็นที่ 1 มโนทัศน์ทางเลือกที่หมดไปหลังเรียน พบว่า มีมโนทัศน์เดียวที่มโนทัศน์ทางเลือกหลังเรียนหายไป คือ ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา นักเรียนไม่มีมโนทัศน์ทางเลือกเรื่องความหมายไฮโดรคาร์บอน ซึ่งลักษณะมโนทัศน์เป็นนิยามที่อธิบายมโนทัศน์นั้นๆ แสดงว่ารูปแบบการสอนดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์และสามารถลดมโนทัศน์ทางเลือกได้ ซึ่งสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Sungur et al. (2001) ใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทำให้เข้าใจระบบไหลเวียนโลหิตของมนุษย์โดยผ่านความแตกต่าง การเปลี่ยนแปลงและการรวบรวมมโนทัศน์ใหม่นำไปสู่การแทนที่มโนทัศน์เดิม

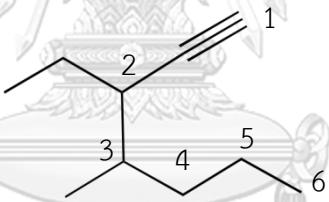
ประเด็นที่ 2 มโนทัศน์ทางเลือกที่คงอยู่หลังเรียน ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นหลักการหรือขั้นตอน ได้แก่ การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน แอลไคน์ รวมถึงการอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ทางเลือกอยู่ในกลุ่มนับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้อง

หรือระบุชื่อหมู่แอลคิลไม่ถูกต้องเหมือนก่อนเรียน ตัวอย่างคำตอบเช่น นักเรียนเข้าใจว่า การนับคาร์บอนไม่ได้เริ่มจากด้านที่ไม่มีพันธะคู่ทำให้ระบุตำแหน่งจำนวนคาร์บอนในโซ่หลักไม่ถูกต้อง ดังแผนภาพที่ 5.1



แผนภาพที่ 5.1 การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน (หลังเรียน)

ส่วนการอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์โดยพันธะสามอยู่ปลายโซ่หลัก พบว่า หลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ทางเลือกอยู่ในกลุ่มนับคาร์บอนของโซ่หลักไม่ถูกต้องซึ่งนักเรียนเข้าใจว่า พันธะสามหนึ่งพันธะจะมีคาร์บอนหนึ่งตัว นั่นคือ นักเรียนนับคาร์บอนที่พันธะสามเพียงด้านที่เป็นตำแหน่งปลายโซ่หลักเท่านั้น ดังแผนภาพที่ 5.2



แผนภาพที่ 5.2 การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่มีพันธะสามที่อยู่ปลายโซ่หลัก (หลังเรียน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน แอลไคน์รวมถึงการอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอก-ซิลิกไม่ถูกต้องนั้นมีสาเหตุมากจากกิจกรรรมในขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา พบว่า ครูเสนอสถานการณ์ขัดแย้งทางปัญญาโดยการเสนอชื่อของสารประกอบแอลคีน แอลไคน์และกรดคาร์บอกซิลิก พร้อมกับโครงสร้างที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องของสารที่มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนและส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงที่ไม่มีแอลคิลหรือมีหมู่แอลคิลจำนวนน้อย ซึ่งมีการจัดเตรียมสถานการณ์ต่างๆ จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและข้อมูลจากการสัมภาษณ์ แต่เมื่อได้รับการสอนปรากฏว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกที่แตกต่างจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและข้อมูลจากการสัมภาษณ์ทำให้สถานการณ์ในขั้นที่ 4 ไม่ตอบสนองกับมโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียน เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับการอ่านชื่อสารประกอบแอลคีนที่ประกอบด้วยพันธะคู่ 2 ตำแหน่ง การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่มีหมู่แอลคิลหลายตำแหน่ง หรือการอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิกที่มี

จำนวนคาร์บอนหลายอะตอมที่โครงสร้างซับซ้อนมากขึ้น และขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่แตกต่าง นักเรียนยังไม่ได้นำมโนทัศน์นี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับไม่มากพอ จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถเปลี่ยนมโนทัศน์ได้ อีกทั้งไม่สามารถลดมโนทัศน์ทางเลือกได้ อีกทั้งนักเรียนได้อาจจะได้เรียนรู้มโนทัศน์เหล่านี้มาจากที่อื่นก่อนได้รับการเรียนการสอนที่ไม่ถูกต้องทั้งหมด

ประเด็นที่ 3 มโนทัศน์ทางเลือกที่เพิ่มขึ้นมาใหม่หลังเรียน ส่วนใหญ่เป็นลักษณะคำตอบเป็นกระบวนการของปฏิกิริยา ได้แก่ การเกิดสารประกอบเอไมด์ และจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์

มโนทัศน์เรื่อง การเกิดสารประกอบเอไมด์ของหลังเรียนพบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางเลือกอยู่ในกลุ่มสารประกอบเอไมด์เกิดจาก CH_3COOH หรือกรด และสารประกอบอื่นๆ นั่นคือ นักเรียนเข้าใจว่า สารประกอบเอไมด์เกิดจาก COOH และสารประกอบอื่นๆ ซึ่งสารประกอบอื่นๆ เช่น NH_3 N_2 เป็นต้น โดยเฉพาะ NH_3 เนื่องจากบทเรียนก่อนหน้านี้นักเรียนได้เรียนเรื่อง สารประกอบเอมีน ในขั้นที่ 6 แนะนำมโนทัศน์ใหม่ ครูได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารประกอบเอมีนเกิดจากสารประกอบแอมโมเนียซึ่งเป็นสารตั้งต้นทำให้เกิดสารประกอบเอมีน ดังนั้นนักเรียนจึงเข้าใจว่า NH_2 ที่อยู่ในหมู่ฟังก์ชันเอไมด์เกิดจากสารประกอบแอมโมเนีย

อีกทั้งจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ มีมโนทัศน์ทางเลือก 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบขึ้นกับแรงยึด-เหนี่ยวภายในโมเลกุล นักเรียนเข้าใจว่า พันธะไฮโดรเจนเป็นแรงยึดเหนี่ยวภายใน เนื่องจากนักเรียนมโนทัศน์ทางเลือกมาก่อน เรื่อง พันธะเคมี จึงทำให้นักเรียนเข้าใจว่า พันธะไฮโดรเจนเป็นพันธะภายในโมเลกุลจึงผลให้นักเรียนอธิบายคำตอบไม่ถูกต้อง ส่วน 2) จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบขึ้นกับจำนวนคาร์บอน ซึ่งนักเรียนเข้าใจว่า จำนวนคาร์บอนทั้งหมดรวมกันเป็นมวลโมเลกุลของสารประกอบนั้นๆ ซึ่งส่งผลจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสาร ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful learning) ของ Ausubel et al. (1968) ที่ระบุว่านักเรียนสร้างความรู้ใหม่อย่างมีความหมายซึ่งอยู่บนพื้นฐานของความรู้ที่มีอยู่เดิมของนักเรียน ดังนั้นความรู้ที่มีอยู่เดิมของนักเรียนมีอิทธิพลสูงต่อการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางเคมีเรื่อง เคมีอินทรีย์ พบว่า ไม่สามารถทำให้มโนทัศน์ทางเลือกของนักเรียนลดลงได้ทั้งหมด จึงมีข้อเสนอสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้และสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังต่อไปนี้

ข้อเสนอสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ขั้นตอนที่สำคัญของรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาคือขั้นตอนที่ 5 การโต้แย้งซึ่งมีลักษณะสำคัญที่ได้กล่าวในส่วนการอภิปรายเบื้องต้นซึ่งต้องใช้เสนอประเด็นที่สามารถทำให้นักเรียนแสดงออกถึงมโนทัศน์ที่มีอยู่ของนักเรียนและสอดคล้องกับกิจกรรมการโต้แย้ง และใช้เวลาในกระบวนการโต้แย้ง ดังนั้นครูควรให้ความสำคัญกับกระบวนการโต้แย้ง ซึ่งต้องการเวลาให้นักเรียนสืบค้น ทำกิจกรรม การอภิปรายและการโต้แย้งที่ใช้ในแต่ละบทเรียน และให้เวลากับการแก้ไขมโนทัศน์ทางเลือกหลังจากกระบวนการโต้แย้ง นอกจากนี้ครูควรเสนอประเด็นที่ใช้ในการโต้แย้งให้น่าสนใจและสอดคล้องกับเนื้อหาชีวิตประจำวัน

2) การใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาได้อย่างมีประสิทธิภาพและนักเรียนสามารถเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางเคมีได้อย่างคงทนได้นั้น ครูควรศึกษาเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการมีมโนทัศน์ของนักเรียนและติดตามแรงจูงใจของนักเรียนซึ่งทำให้นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ด้วยการสัมภาษณ์และสังเกตนักเรียนระหว่างเรียนและหลังเรียน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาไปพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครูให้เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้ของนักเรียน

3) การใช้กิจกรรมหรือสื่อการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive conflict) อาจจะไม่ได้เป็นรูปธรรมมากนัก ดังนั้นครูควรใช้กิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ที่มีความชัดเจน เช่น สื่อสามมิติ และกิจกรรมลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้นักเรียนเกิดความคิดเป็นรูปธรรม

4) จากการจัดการเรียนการสอนพบว่า นักเรียนบางส่วนมีระดับมโนทัศน์ลดลงเนื่องจากนักเรียนบางส่วนไม่แสดงความคิดเห็นในการโต้แย้ง ดังนั้นครูควรใช้ปรับให้มีขั้นการประเมินก่อนการโต้แย้งเพื่อให้ทราบถึงมโนทัศน์ทางเลือกก่อนโดยข้อมูลเหล่านี้นำเสนอประเด็นเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเองผ่านการโต้แย้งในขั้นถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) จากการวิเคราะห์เครื่องมือการเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่า ลักษณะคำตอบของนักเรียนในตอนที่ 2 ของแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมีซึ่งเป็นแบบอัตนัย มีลักษณะคำตอบที่ไม่เฉพาะเจาะจงเพื่อตอบคำถาม ดังนั้นควรจะมีการสร้างคำถามให้เฉพาะเจาะจง อีกทั้งปรับการตอบแบบอัตนัยให้เป็นแบบตอบสั้นและมีการสัมภาษณ์ร่วมด้วยเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน

2) จากการนำรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลามาใช้ในการสอน พบว่า นักเรียนบางส่วนไม่แสดงความคิดเห็นในการโต้แย้ง และมีลักษณะที่ไม่กล้านำเสนอความคิดของตนเองให้คนอื่นรับรู้จึงไม่มีโอกาสจะได้รับรู้ถึงมโนทัศน์ทางเลือกของตนเอง ดังนั้นควรมีการปรับรูปแบบการสอนและศึกษาวิจัยถึงประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนที่ได้มีการปรับปรุง

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จรรยา ดาสา. (2553). หลักการออกแบบข้อสอบวินิจฉัยตัวเลือก 2 ระดับ เพื่อประเมินแนวคิดของผู้เรียน (two-tier diagnostic test). สอนสนุก-สนุกสอน การประเมินมาตรฐาน. *นิตยสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, 38 (มกราคม – กุมภาพันธ์ 2553), 64–66.

ฉวีวรรณ สีสม. (2555). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐานในหน่วยการเรียนรู้วิชาเคมีทั่วไปสำหรับนักศึกษาสถาบันพลศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

โชติกา ภาษีผล, ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, และกมลวรรณ ตังธนกานนท์. (2558). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นรา เขียวละลิ้ม. (2556). *การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแผนผังแนวคิด.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

นันทยา ศรีขาว. (2556). *การพัฒนาแนวคิดและเจตคติต่อวิชาเคมีเรื่องเคมีอินทรีย์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

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

มังกร ทองสุขดี. (2522). *การวางแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพมหานคร: บัวหลวงการพิมพ์.

เลิศบุษยา ไทยเจริญ. (2558). *การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบเลือกตอบสามระดับวิชาชีววิทยาของนิสิตฝึกสอน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยา ภาชื่น และไพศาล สุวรรณน้อย. (2553). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเปรียบเทียบเพื่อส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงในมโนมติ เรื่อง สมดุลเคมี ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น (Journal of Education Graduate Studies Research, KKU.)*, 4(5), 1-9.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2561). *ข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับการสอบ ปีการศึกษา 2561*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.niets.or.th/th/catalog/view/247. [6 มิถุนายน 2561].

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิชาชีววิทยา เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่สอง. สกสค. ลาดพร้าว.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2556). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.

Abimbola, I. O. & Baba, S. (1996). Misconceptions & alternative conceptions in science textbooks: the role of teachers as filters. *The American Biology Teacher*, 58, 14-19.

Acar, B. & Tarhan, L. (2008). Effects of cooperative learning on students' understanding of metallic bonding. *Research in Science Education*, 38, 401-420.

Alsop, S. & Watts, M. (1997). Sources from a Somerset village: A model for informal learning about radiation and radioactivity. *Journal of Science Education*, 81(6), 633-650.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1968). *Educational psychology: A cognitive view* (Vol. 6). New York: Holt, Rinehart and Winston.

Berk, R. A. (1976). Determination of optional cutting scores in criterion-referenced measurement. *The Journal of Experimental Education*, 45(2), 4-9.

Calik, M. (2008) Facilitating students' conceptual understanding of boiling using a four-step constructivist teaching method. *Research in Science & Technological Education*, 26(1), 59-74.

Calik, M. & Ayas, A. (2005). A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching,* 42(6), 638-667.

Chaiyen, Y., Bunsawansong, P., & Yutakom, N. (2007). Thai high school students' conceptions about chemical equilibrium. *Songklanakarin Journal of Social and Humanities*, 13(4), 541-553.

Chakraborty, A. & Mondal, B. C. (2012). Misconceptions in chemistry at ixth grade and their remedial measures. *Indian Streams Research Journal,* 2(7), 1-9.

Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257.

Dole, A. J. & Sinatra, M. G. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33(2-3), 109-128.

Dahsah, C., Coll, R. K., Sung-ong, S., & Yutakom, N., & Sanguanruang, S. (2008). Enhancing grade 10 Thai students' stoichiometry understanding and ability to solve numerical problems via a conceptual change perspective. *Journal of Science and Mathematics Education in SE Asia*, 31(1), 1-43.

Fitzpatrick, R. (2014). *Plasma physics*. The University of Texas at Austin, CRC Press.

Francisco, J. S., Nakhleh B. M., Nurrenbern C. S., & Miller L. M. (2002). Assessing student understanding of general chemistry with concept mapping. *Journal of Chemical Education*, 79(2), 248-257.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Gregoire M. (2003). Is it a challenge or a threat? A dual-process model of teachers' cognition and appraisal processes during conceptual change. *Educational Psychology Review,* 15(2), 147-179.

Lin H-S., Yang C. T., Chiu H-L., & Chou C-Y. (2002). Students' difficulties in learning electrochemistry. *Proceedings of the National Science Council, Republic of China*, 12(3), 100-105.

Hewson, P. W. & Hewson, M. G. B. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13(1), 1-13.

Karsli, F. & Calik, M. (2012). Can freshman science student teachers' alternative conceptions of 'electrochemical cells' be fully diminished?. *Asian Journal of Chemistry*, 24(2), 485-491.

Kay, C. H. & Yiin, K. H. (2010). Misconceptions in the teaching of chemistry in secondary schools in Singapore & Malaysia. *Proceeding of the Sunway Acadamic Conference* 2010/1. 1-10.

Kirik, O. T. & Boz, Y. (2012). Cooperative learning instruction for conceptual change in the concepts of chemical kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 221-236.

Klopfer, E. L. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning.* New York: McGraw-Hill Book company.

Kocakulah, S. M. & Kural, M. (2016). The effect of compton scattering teaching based on hot conceptual change on students' conceptual change. *Journal of Education and Instructional Studies in The World*, 6(1), 78-90.

Kuhn, S. T. (1970). *The structure of scientific revolutions (2nd)*. USA: The university of Chicago.

Kural, M. & Kocakulah, S. M. (2016). Teaching for hot conceptual change: towards a new model, beyond the cold and warm ones. *European Journal of Education Studies*, 8(2), 1-40.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Mondal, C. B. & Chakraborty, A. (2013). *Misconception in chemistry. Germany*: LAP LAMBERT Academic Publishing.

Nakhleh, B. M. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196.

Nash, J. G. (2000). Measuring conceptual change in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(3), 333-337.

National Research Council [NRC]. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.

National Research Council [NRC]. (1997). Misconceptions as barriers to understanding science. *Science Teaching Reconsidered: A Handbook*. Washington, D.C.: The National Academies Press, 28.

National Research Council. (2013). *Next Generation Science Standards, for states, by states:* Appendix h-understanding the scientific enterprise: the nature of the next generation science standards.

Ormrod, J. E. (2006). *Educational Psychology: Developing Learners. Upper Saddle River:* Merrill Prentice Hall.

Ozmen, H., Demircioglu, H., & Demircioglu, G. (2009). The effects of conceptual change texts a companied with animations on overcoming 11th grade students' alternative conceptions of chemical bonding. *Computer & Education*, 52(3), 681-695.

Partnership for 21st Century Learning. (2007). *Framework for 21st Century Learning*. Retrieved December 8, 2016, from :http://www.p21.org/storage/documents/docs/P21_framework_0816.pdf.

Pintrich, R. P., Marx, W. R., & Boyle, A. R. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom on textual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change, *Science Education*, 66(2), 211–227.

Sanger, J. M. & Greenbowe, J. T. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 377-398.

Schmidt, H.-J. (1997). Students' misconceptions - looking for a pattern. *Science Education*, 81(2), 123-135.

Schwessinger, S. (1994). Slowmotion: Helping students address their misconception in physical *science*. New Mexico Highlands University.

She, H-C. (2003). DSLM instructional approach to conceptual change involving thermal expansion. *Research in Science & Technological Education*, 21,(1) 43-54.

Singha, H. S. (1974). *Modern education testing*. New Delhi:Stering Publication.

Sendur, G. (2014). Are creative comparisons developed by prospective chemistry teachers evidence of their conceptual understanding? The case of inter-and intramolecular forces. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 689-719.

Sendur, G. & Toprak, M. (2013). The role of conceptual change texts to improve students' understanding of alkenes. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 431-449.

Slavin, R. E. (1995). *Cooperative learning: Theory, research, and practice* (2nd ed.). Boston: Allyn & Bacon.

Stepans, J. I. (1991). Developmental patterns in students' understanding of physics concepts. In 5. Glynn, R. Yeany, & B. Britton, (Eds.), *The psychology of learning science*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erilbaum, Publishers.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Sungur, S., Tekkaya, C., & Geban O. (2001). The contribution of conceptual change texts accompanied by concept mapping to students' understanding of the human circulatory system. *School Science and Mathematics*, 101(2), 91-101.

Tastan, O. & Boz, Y. (2012). Cooperative learning instruction for conceptual change in the concepts of chemical kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 221-236.

Thijs, D. G. & Berg, D. V. E. (1995). Cultural factors in the origin and remediation of alternative conceptions in Physics. *Science & Education*, 4(4), 317-347.

Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169.

Tuckman, B. W., & Monetti, D. M. (2001). Theories and applications of Educational Psychology. McGraw-Hill Primis/Custom Publication.

Ultay, N. & Calik, M. (2016). A comparison of different teaching designs of 'acids and bases' subject. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(1), 57-86.

..
Ünal, S., Costu, B., & Ayas, A. (2010). Secondary school students' misconceptions of covalent bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 7(2), 3–29.

Uzuntiryaki, E. & Geban, O. (2005). Effect of conceptual change approach accompanied with concept mapping on understanding of solution concepts. *Instructional Science*, 33(4), 311–339.

Wu, H-K., Krajcik, S. J., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representation: students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.

Yumusak, A., Maras, I., & Sahin, M. (2015). Effects of computer-assisted instruction with conceptual change texts on removing the misconceptions of radioactivity. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 3(2), 23-50.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Zhou, G. (2010). Conceptual change in science: A process of argumentation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(2), 101-110.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก **รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ**

ภาคผนวก ข **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก ค **คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนวัช อาชวาคม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนวัช อาชวาคม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. คุณครูนภาพร พินิจ ครูชำนาญการพิเศษ วิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนนารีรัตน์จังหวัดแพร่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ (หลังเรียน)

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจงในการทำแบบวัด

1. แบบวัดฉบับนี้มีทั้งหมด 7 หน้า จำนวนข้อสอบ 12 ข้อ
   คะแนนเต็ม 60 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 90 นาที
2. แบบวัดทุกข้อเป็นแบบวัดชนิดเลือกตอบ 2 ลำดับขั้น โดยแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ข้อคำถามและเหตุผลในการเลือกคำตอบในตอนที่ 1 ให้บอกเหตุผลเป็นข้อความสั้น ๆ
3. เกณฑ์การให้คะแนน คะแนนเต็มทั้งสองตอน เท่ากับ 5 คะแนน โดยแบ่งเป็น 2 ตอนได้แก่ ตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา มี 4 ตัวเลือก คะแนนเต็ม 2 คะแนน และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลที่สนับสนุนตอนที่ 1 โดยตอบเป็นอัตนัยแบบสั้น คะแนนเต็ม 3 คะแนน
4. ให้นักเรียนตอบใน**กระดาษคำตอบ** อ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ให้ตรงกับตัวอักษรในกระดาษคำตอบ และอธิบายเหตุผลว่าเพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกตัวเลือกดังกล่าว ในตอนที่ 2 ตัวอย่างเช่น

   1. <u>ตอนที่ 1</u> HCl และ NH_3 เป็นกรด แต่ NH_3 เป็นกรดที่แรงกว่า HCl
      ก. ถูก ข. ผิด ค. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

   <u>ตอนที่ 2</u> จงอธิบายเหตุผลของการเลือกคำตอบในตอนที่ 1

   .....
   .....

   กระดาษคำตอบ

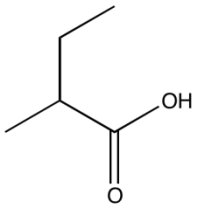
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

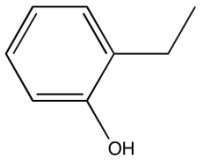
ข้อ	ตอนที่ 1				ตอนที่ 2
	ก	ข	ค	ง	
1		X			ผิด เพราะว่า NH_3 ที่รวมถึงอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งมีสมบัติเป็นเบส

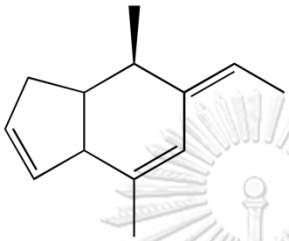
5. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ขีดฆ่าคำตอบเดิม แล้วทำเครื่อง X ลงในช่องคำตอบใหม่

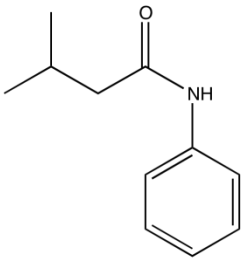
แบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ (หลังเรียน)

1. <u>ตอนที่ 1</u> สารประกอบใดต่อไปนี้เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

ก. 

ข. 

ค. 

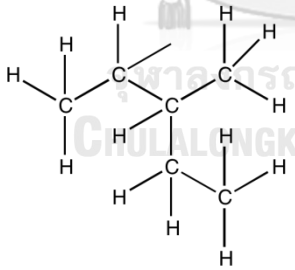
ง. 

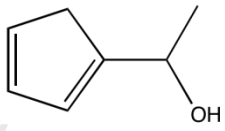
<u>ตอนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบในตอนที่ 1 และนักเรียนคิดว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอนคืออะไร

.....

.....

2. <u>ตอนที่ 1</u> สารประกอบใดต่อไปนี้เป็นโครงสร้างเส้นและมุม เพราะเหตุใด

ก. 

ข. 

ค. ข้อ ก และ ข

ง. $CH_3CH{=}CHCH_2NH_2$

<u>ตอนที่ 2</u> นักเรียนมีวิธีพิจารณาอย่างไรในการตอบคำถามในตอนที่ 1 ว่าโครงสร้างใดเป็นโครงสร้างเส้นและมุม

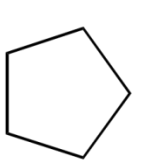
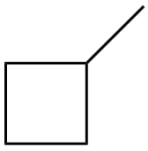
.....

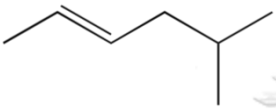
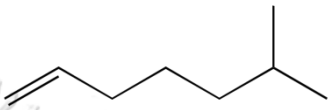
.....

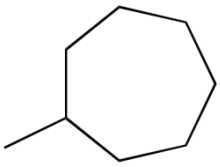
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. <u>ตอนที่ 1</u> สารประกอบคู่ใดต่อไปนี้เป็นไอโซเมอร์กัน

ก. และ

ข.  และ 

ค.  และ 

ง.  และ

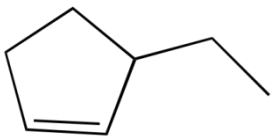
<u>ตอนที่ 2</u> จงอธิบายเหตุผลของการเลือกคำตอบในตอนที่ 1 และนักเรียนคิดว่า ไอโซเมอร์หมายถึงอะไร

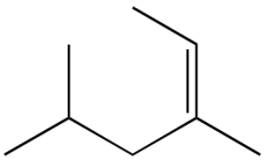
.....

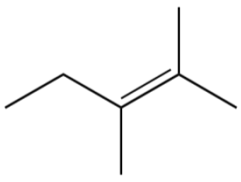
.....

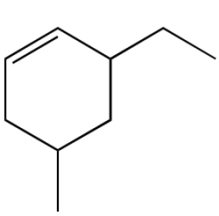
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. <u>ตอนที่ 1</u> ข้อใดเรียกชื่อสารประกอบแอลคีนได้ถูกต้อง

ก.  อ่านว่า 3-ethylcyclopentene

ข.  อ่านว่า 2,4-methyl-4-hexene

ค.  อ่านว่า 3-ethyl-2-methyl-2-butene

ง.  อ่านว่า 3-methyl-5-ethyl-cycloheptene

<u>ตอนที่ 2</u> นักเรียนมีวิธีเรียกชื่อสารประกอบแอลคีนอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

5. <u>ตอนที่ 1</u> ข้อใดต่อไปนี้เรียกชื่อสารประกอบแอลไคน์ได้ถูกต้อง

ก. 1,2-heptyne ข. 4-methyl-5-heptyne

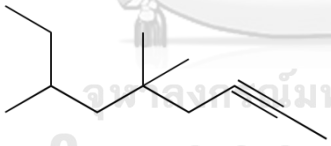
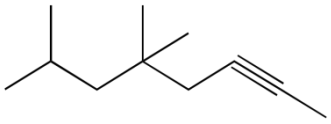
ค. 3-ethyl-4-methyl-1,2-pentyne ง. 3-ethyl-4-methylheptyne

<u>ตอนที่ 2</u> นักเรียนมีวิธีเรียกชื่อสารประกอบแอลไคน์อย่างไร จงอธิบาย

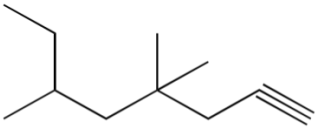
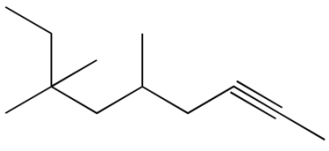
.....

.....

6. <u>ตอนที่ 1</u> ข้อใดเป็นลักษณะโครงสร้างของสารประกอบ 5,5,7-trimethyl-2-nonyne เพราะเหตุใด

ก.  ข. 

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

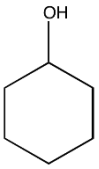
ค.  ง. 

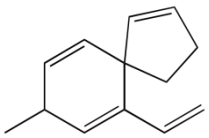
<u>ตอนที่ 2</u> นักเรียนมีวิธีพิจารณาโครงสร้างของสารประกอบข้างต้นอย่างไร จงอธิบาย

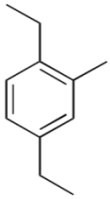
.....

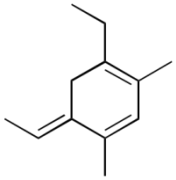
.....

7. <u>ตอนที่ 1</u> สารในข้อใดเป็นสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

<u>ตอนที่ 2</u> จากคำตอบในตอนที่ 1 นักเรียนคิดว่า สารประกอบอะโรมาติกหมายถึงอะไร

.....

.....

8. <u>ตอนที่ 1</u> สารประกอบ ธาตุหรือหมู่ฟังก์ชันข้อใดต่อไปนี้ที่ทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันเอไมด์

ก. NH_3 และ CO_2 ข. CO_2 และ N_2

ค. CH_3NH_2 และ CO_2 ง. CH_3COOH และ CH_3NH_2

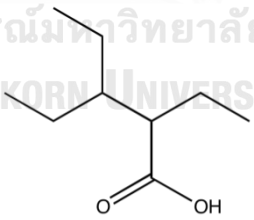
<u>ตอนที่ 2</u> นักเรียนคิดว่า การเกิดหมู่ฟังก์ชันเอไมด์เกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

9. <u>ตอนที่ 1</u> จากโครงสร้างต่อไปนี้จงเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ก. 2-ethylpentanoic acid ข. 2-diethylbutanoic acid

ค. 2,3-diethylbutanoic acid ง. 2,3-diethylpentanoic acid

<u>ตอนที่ 2</u> จากคำตอบที่ 1 นักเรียนมีวิธีการเรียกชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิกอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

10. <u>ตอนที่ 1</u> ถ้านำแอลกอฮอล์ล้างแผลซึ่งมีสารประกอบที่อยู่ในชื่อทางเคมีว่า ethyl alcohol และตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดหนึ่งมีชื่อว่า diethyl ether จากนั้นให้ความร้อนแก่สารประกอบทั้งสองเมื่อเปรียบเทียบจุดหลอมเหลวของสารประกอบทั้งสองแล้วควรมีแนวโน้มเป็นอย่างไร

ก. diethyl ether > ethyl alcohol

ข. diethyl ether < ethyl alcohol

ค. diethyl ether = ethyl alcohol

ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

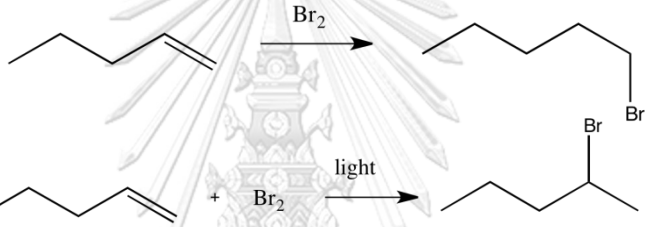
<u>ตอนที่ 2</u> การเลือกคำตอบในตอนที่ 1 เพราะเหตุใดแนวโน้มของจุดหลอมเหลวจึงเป็นเช่นนั้น จงอธิบาย

.....

.....

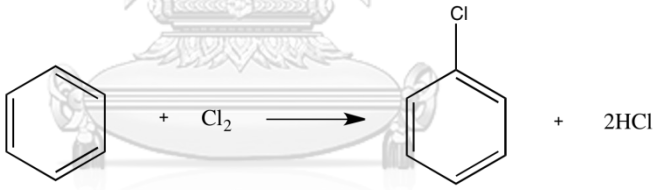
11. <u>ตอนที่ 1</u> ข้อใดเป็นปฏิกิริยาการเติม (addition reaction)

ก.



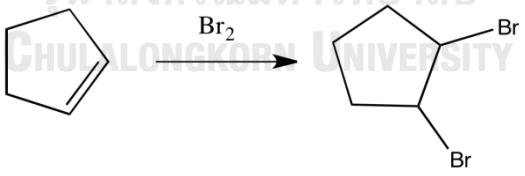
ข.

ค.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ง.

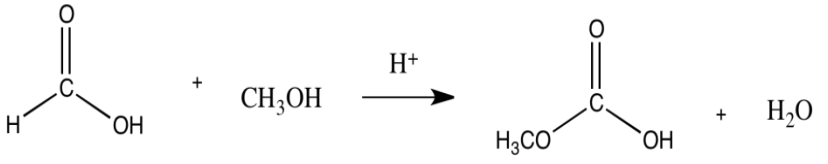


<u>ตอนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบในตอนที่ 1 นักเรียนคิดว่า ปฏิกิริยาการเติมหมายถึงอะไร

.....

.....

12. <u>ตอนที่ 1</u> ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้ เป็นปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

ก. 

ข.

ค.

ง.

<u>ตอนที่ 2</u> เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบในตอนที่ 1 นักเรียนคิดว่า ปฏิกิริยาการเอสเทอริฟิเคชันหมายถึงอะไร

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี

ตาราง เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี ปรับจาก Ultay & Calik (2016), Sendur (2014), Abraham et al. (1994) และ Sendur & Toprak (2013)

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของ มโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
1. ความหมาย ของ สารประกอบ ไฮโดรคาร์-บอน	เขียนคำตอบแสดงความหมายของ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ได้ถูกต้องและครบถ้วน คือ สารที่ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน หรือ สารที่ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน และสมบัติอื่นๆ	เขียนคำตอบแสดงความหมายของ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ได้ถูกต้องทั้งหมด แต่ไม่ครบถ้วน เช่น - สารที่ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน เพียงอย่างเดียว - สารที่ประกอบด้วย ธาตุไฮโดรเจน เพียงอย่างเดียว - สารที่ประกอบด้วย ธาตุไฮโดรเจน หรือคาร์บอน เพียงอย่างเดียว และสมบัติอื่นๆ - ไม่มีหมู่ฟังก์ชันที่ประกอบด้วย	เขียนคำตอบแสดงความหมายของ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ถูกต้องได้ไม่ครบถ้วนทั้งหมด คำตอบที่เขียนมีทั้งคำตอบที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง เช่น -สารที่ประกอบด้วย ธาตุอื่นนอกเหนือจาก ธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจน เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน และสมบัติอื่นๆ	เขียนคำตอบเกี่ยวกับความหมายของ ไฮโดรคาร์บอน แต่ไม่ถูกต้อง เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ประกอบด้วย ธาตุอื่นๆ เช่น O N หรือ สารประกอบอื่นๆ ที่ไม่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของการคัดลอกคำถาม หรือ - ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับ สารประกอบไฮโดรคาร์-บอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของ มโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
		ธาตุ O, N			
2. การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม	เขียนคำตอบแสดงโครงสร้างเส้นและมุมได้ถูกต้องและครอบคลุมคำตอบต่อไปนี้ - ไม่แสดงสัญลักษณ์ของธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน - ใช้เส้นตรงแทนพันธะ - ใช้คาร์บอนแทนมุม และ/หรือ - เขียนหมู่ฟังก์ชันหรือธาตุอื่น	เขียนคำตอบแสดงโครงสร้างเส้นและมุมได้ถูกต้อง น้อยกว่า 3 คำตอบจากตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ - ไม่แสดงสัญลักษณ์ของธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน - เส้นตรงแทนพันธะ - คาร์บอนแทนมุม - เขียนหมู่ฟังก์ชันหรือธาตุ	เขียนคำตอบแสดงโครงสร้างเส้นและมุม ได้ครบถ้วนหรือไม่ครบถ้วน และคำตอบที่เขียนมีมาทั้งคำตอบที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง เช่น - เส้นตรงแทนพันธะ - คาร์บอนแทนมุมและแสดงสัญลักษณ์ของธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน หรือ ไม่แสดงสัญลักษณ์ของธาตุคาร์บอนแต่แสดงสัญลักษณ์ธาตุไฮโดรเจน	เขียนคำตอบเกี่ยวกับการเขียนโครงสร้างเส้นและมุมไม่ถูกต้อง เช่น เส้นตรงแทนธาตุคาร์บอน การเขียนโครงสร้างต้องแสดงธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนอย่างชัดเจน เป็นต้น	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของการคัดลอกคำถาม หรือ - ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเขียนโครงสร้างเส้นและมุม
3. ไอโซเมอร์	เขียนคำตอบแสดงความหมายของไอโซเมอร์ได้ถูกต้องครอบคลุมคำตอบต่อไปนี้	เขียนคำตอบแสดงความหมายของไอโซเมอร์ได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 คำตอบจากตัวอย่าง	เขียนคำตอบแสดงความหมายของไอโซเมอร์อย่างน้อย 1 คำตอบจากตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้	เขียนคำตอบเกี่ยวกับไอโซเมอร์ไม่ถูกต้อง เช่น สูตรโมเลกุลต่างกัน โครงสร้าง	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของการคัดลอกคำถาม หรือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของ มโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
	ไอโซเมอร์ หมายถึงสารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน แต่สูตรโครงสร้างต่างกัน และ/หรือ ไอโซเมอร์ หมายถึงสารที่มีสมบัติทางเคมีต่างกัน	คำตอบต่อไปนี้ - ไอโซเมอร์ หมายถึง สารที่มีสูตรโมเลกุลเหมือนกัน - ไอโซเมอร์ หมายถึงสารที่มีสูตรโครงสร้างต่างกัน	-ไอโซเมอร์ หมายถึง สารที่มีสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างเหมือนกัน - ไอโซเมอร์ หมายถึง สูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างต่างกัน	เหมือนกัน หรือ โครงสร้างเหมือนกัน	คำถาม หรือ - ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับไอโซเมอร์
4. การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน	เขียนคำตอบแสดงการอ่านชื่อสารประกอบแอลคีนได้ถูกต้องครอบคลุมคำตอบต่อไปนี้ ก่อนเรียน มี 3 คำตอบหลักดังนี้ - โซ่หลักที่มีคาร์บอนยาวที่สุด - ระบุตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนให้มี	เขียนคำตอบแสดงการอ่านชื่อสารประกอบแอลคีนได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 คำตอบ แต่ไม่ครบถ้วนจากคำตอบต่อไปนี้ ก่อนเรียน - โซ่หลักที่มีคาร์บอนยาวที่สุด - ระบุตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนให้มี	เขียนคำตอบอย่างน้อย 1 คำตอบ จากตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ ก่อนเรียนและหลังเรียน - ระบุโซ่หลักไม่ถูกต้อง - ระบุตำแหน่งของหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งไม่ถูกต้อง	เขียนคำตอบเกี่ยวกับการอ่านชื่อสารประกอบแอลคีนไม่ถูกต้อง เช่น นับคาร์บอนในโซ่หลักไม่ถูกต้อง โดยนับคาร์บอนในโซ่หลักไม่ครบ เรียกชื่อภาษากรีกตามจำนวนคาร์บอนไม่ถูกต้อง	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของการคัดลอกคำถาม หรือ - ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับการอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน เช่น สารประกอบแอลเคน สารประกอบแอลไคน์ หรืออะโรมาติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของมโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
	เลขน้อยๆ - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งที่คาร์บอนให้มีเลขน้อยๆ และหรือ/ - ระบุตำแหน่งหมู่แอลคิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6,7 - ระบุตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนที่ตำแหน่ง 2,4 หลังเรียน - โซ่หลักที่มีคาร์บอนยาวที่สุด - วงปิดเรียกว่า cyclo - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งที่ตำแหน่งของคาร์บอนที่	เลขน้อยๆ - ลงท้ายชื่อด้วย –ene - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งที่คาร์บอนให้มีเลขน้อยๆ หลังเรียน - โซ่หลักที่มีคาร์บอนยาวที่สุด - ระบุตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนให้มีเลขน้อยที่สุด - วงปิดเรียกว่า cyclo - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งที่ตำแหน่งของคาร์บอนที่ตำแหน่งน้อยๆ			เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของ มโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
	ตำแหน่งน้อยๆ และหรือ/ - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 - ระบุชื่อหมู่แอลคิล - ระบุตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนให้มีเลขน้อยที่สุด				
5. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่พันธะสามอยู่ปลายโซ่หลัก	เขียนคำตอบแสดงการอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ได้ถูกต้องครอบคลุมคำตอบต่อไปนี้ ก่อนเรียน - โซ่หลักที่มีคาร์บอนยาวที่สุด (7 คาร์บอน) - ระบุตำแหน่ง	เขียนคำตอบแสดงการอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 คำตอบ แต่ไม่ครบถ้วนจากคำตอบต่อไปนี้ ก่อนเรียน - โซ่หลักที่มีคาร์บอนยาวที่สุด	เขียนคำตอบอย่างน้อย 1 คำตอบ จากตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ ก่อนเรียนและหลังเรียน - ระบุโซ่หลักไม่ถูกต้อง - ระบุตำแหน่งของหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งไม่ถูกต้อง	เขียนคำตอบเกี่ยวกับการอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่พันธะสามอยู่ปลายโซ่หลักไม่ถูกต้อง เช่น นับคาร์บอนในโซ่หลักไม่ถูกต้องโดยนับคาร์บอนในโซ่หลักไม่ครบ เรียกชื่อภาษากรีกตามจำนวนคาร์บอนไม่ถูกต้อง	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของการคัดลอกคำถาม หรือ - ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับสารประกอบแอลไคน์ เช่น สารประกอบแอลเคนแอลคีน หรือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของมโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
	พันธะสามระหว่างคาร์บอนให้มีเลขน้อยๆ - ลงท้ายชื่อด้วย -yne - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งที่ตำแหน่งของคาร์บอนให้มีเลขน้อยๆ และหรือ/ - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 4 - ระบุตำแหน่งพันธะสามระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 หลังเรียน - โซ่หลักที่มีคาร์บอนยาวที่สุด (7 คาร์บอน)	- ระบุตำแหน่งพันธะสามระหว่างคาร์บอนให้มีเลขน้อยที่สุด - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งที่ตำแหน่งถูกต้อง หลังเรียน - โซ่หลักที่มีคาร์บอนยาวที่สุด - ระบุตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนให้มีเลขน้อยๆ - หมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งที่ตำแหน่งของคาร์บอนได้ถูกต้อง			อะโรมาติก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของ มโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
	- ระบุตำแหน่งพันธะสามระหว่างคาร์บอนให้มีเลขน้อยๆ - หมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งที่ตำแหน่งของคาร์บอนที่มีเลขน้อยๆ และหรือ/ - หมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 มีคาร์บอน 2 อะตอม และ 4 มีคาร์บอน 1 อะตอม				
6. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่พันธะสามไม่ได้อยู่ปลายโซ่หลัก	เขียนคำตอบแสดงการอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ได้ถูกต้องครอบคลุมคำตอบต่อไปนี้ ก่อนเรียน - โซ่หลักที่มี	เขียนคำตอบแสดงการอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 คำตอบ แต่ไม่ครบถ้วนจากคำตอบต่อไปนี้	เขียนคำตอบอย่างน้อย 1 คำตอบ จากตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ ก่อนเรียนและหลังเรียน - ระบุโซ่หลักไม่ถูกต้อง	เขียนคำตอบเกี่ยวกับการอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ที่พันธะสามไม่ได้อยู่ปลายโซ่หลักไม่ถูกต้อง เช่น นับคาร์บอนในโซ่หลักไม่ถูกต้องโดยนับคาร์บอน	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของการคัดลอกคำถาม หรือ - ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของ มโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
	คาร์บอนยาวที่สุด (8 คาร์บอน) - วงปิด เรียกว่า cyclo - ระบุตำแหน่งพันธะสามระหว่างคาร์บอนให้มีเลขน้อยๆ - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งอยู่ที่ตำแหน่งของคาร์บอนที่ถูกต้องหลังเรียน - โซ่หลักที่มีคาร์บอนยาวที่สุด (9 คาร์บอน) - ระบุตำแหน่งพันธะสามระหว่างคาร์บอนให้มีเลขน้อยๆ - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่	ก่อนเรียน - โซ่หลักที่มีคาร์บอนยาวที่สุด (8 คาร์บอน) - วงปิด เรียกว่า cyclo - ระบุตำแหน่งพันธะสามระหว่างคาร์บอนให้มีเลขน้อยๆ - ลงท้ายชื่อด้วย -yne - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งอยู่ที่ตำแหน่งของคาร์บอนที่ถูกต้องหลังเรียน - โซ่หลักที่มีคาร์บอนยาวที่สุด (9 คาร์บอน) - ระบุตำแหน่งพันธะคู่ระหว่าง	- ระบุคำลงท้ายชื่อไม่ถูกต้อง - ระบุตำแหน่งของหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งไม่ถูกต้อง	ในโซ่หลักไม่ครบ เรียกชื่อภาษากรีกตามจำนวนคาร์บอนไม่ถูกต้อง หรืออ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์ลงท้ายด้วย –ane	สารประกอบแอลไคน์ เช่น สารประกอบแอลเคน แอลคีน หรืออะโรมาติก เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของ มโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
	กิ่ง (ตำแหน่ง 5,5,7)	คาร์บอนให้มีเลขน้อยๆ - ระบุหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งอยู่ที่คาร์บอนที่ตำแหน่ง 5,5,7			
7. ความหมายของสารประกอบอะโรมาติก	เขียนคำตอบแสดงความหมายของสารประกอบอะโรมาติกได้ถูกต้องครอบคลุมคำตอบต่อไปนี้ - ภายในวงปิดพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว และหรือ/ - เกิดเรโซแนนซ์	เขียนคำตอบแสดงความหมายของสารประกอบอะโรมาติกได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 คำตอบ แต่ไม่ครบถ้วนจากคำตอบต่อไปนี้ - ภายในวงปิดพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว - เกิดเรโซแนนซ์	เขียนคำตอบอย่างน้อย 1 คำตอบ จากตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ - วงปิด โดยประกอบด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมด - วงปิด และประกอบด้วยพันธะคู่ 2 คู่	เขียนคำตอบเกี่ยวกับความหมายของสารประกอบอะโรมาติกไม่ถูกต้อง เช่น สารประกอบอะโรมาติกประกอบด้วยคาร์บอน 5 ตัว เป็นวงปิดห้าเหลี่ยม หรือป็นสารประกอบที่มีสารประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของการคัดลอกม หรือคำถา - ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับสารประกอบอะโรมาติก
8. การเกิดสารประกอบเอไมด์	เขียนคำตอบแสดงการเกิดสารประกอบเอไมด์ได้ถูกต้อง จาก	เขียนคำตอบแสดงการเกิดสารประกอบเอไมด์ได้ถูกต้องอย่าง	เขียนคำตอบอย่างน้อย 1 คำตอบ จากตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้	เขียนคำตอบเกี่ยวกับสารประกอบเอไมด์ไม่ถูกต้อง เช่น	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของ มโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
	คำตอบต่อไปนี้ - สารประกอบเอไมด์เกิดจากเกิดจากหมู่อะมิโน และคาร์บอนิล	น้อย 1 คำตอบ แต่ไม่ครบถ้วนจากคำตอบต่อไปนี้ - สารประกอบเอไมด์เกิดจากเกิดจากหมู่อะมิโน - สารประกอบเอไมด์เกิดจากเกิดจากคาร์-บอนิล	สารประกอบเอไมด์เกิดจาก -เกิดจากหมู่อะมิโนและเกิดจากหมู่ฟังก์ชันหรือสารประกอบอื่นๆ เช่น CO_2 CO เป็นต้น -คาร์บอนิลและเกิดจากหมู่ฟังก์ชันหรือสารประกอบอื่นๆ เช่น CO_2 CO เป็นต้น	สารประกอบเอไมด์เกิดจากการรวมตัวระหว่างคาร์บอน-ไดออก-ไซด์ กับไนโตรเจนหรือแอมโมเนีย	การคัดลอกคำถาม หรือ - ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับเกี่ยวกับสารประกอบเอไมด์
9. การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอก-ซิลิก	เขียนคำตอบแสดงการอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิ-ลิกได้ถูกต้องและครอบคลุมคำตอบต่อไปนี้ - โซ่หลักที่มีจำนวนคาร์บอนยาวที่สุด ซึ่งนับจากหมู่ COOH ให้เป็นตำแหน่ง	เขียนคำตอบแสดงการอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิ-ลิกได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 คำตอบแต่ไม่ครบถ้วนจากคำตอบต่อไปนี้ - โซ่หลักที่มีจำนวนคาร์บอนยาวที่สุด ซึ่งนับจาก	เขียนคำตอบอย่างน้อย 1 คำตอบ จากตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ - ระบุโซ่หลักของสารประกอบไม่ถูกต้อง - ระบุตำแหน่งของหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่งไม่ถูกต้อง	เขียนคำตอบเกี่ยวกับการอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอก-ซิลิกไม่ถูกต้อง เช่น เรียกชื่อภาษากรีกตามจำนวนคาร์บอนไม่ถูกต้อง นับคาร์บอนในโซ่หลักไม่ถูกต้อง โดยนับคาร์บอนในโซ่หลักไม่ครบ	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของการคัดลอกคำถาม หรือ - ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับการอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอก-ซิลิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของ มโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
	ที่น้อยที่สุด - ระบุหมู่แอลคิล หรือโซ่กิ่ง และหรือ/ - ตำแหน่งของหมู่ COOH เท่ากับ 2 (ก่อนเรียน)	หมู่ COOH ให้เป็นตำแหน่งที่น้อยที่สุด - ระบุตำแหน่งของหมู่แอลคิลหรือโซ่กิ่ง - ระบุโซ่หลักของสารประกอบกรดคาร์บอซิ-ลิก			
10. จุดเดือดของสารประกอบแอลกอฮอล์ อีเทอร์ และฟีนอล	เขียนคำตอบแสดงจุดเดือดของสารประกอบแอลกอฮอล์และอีเทอร์ได้ถูกต้อง จากคำตอบต่อไปนี้ - สารประกอบอีเทอร์ ไม่มีพันธะไฮโดรเจน - สารประกอบแอลกอฮอล์มีพันธะไฮโดรเจน	เขียนคำตอบแสดงจุดเดือดของสารประกอบแอลกอฮอล์และอีเทอร์ได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 คำตอบ แต่ไม่ครบถ้วนจากคำตอบต่อไปนี้ - สารประกอบอีเทอร์ ไม่มีพันธะไฮโดรเจน - สารประกอบแอลกอฮอล์มีพันธะ	เขียนคำตอบจากตัวอย่างคำตอบ เช่น - สารประกอบแอลกอฮอล์มีพันธะไฮโดรเจนเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนเป็นแรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล	เขียนคำตอบเกี่ยวกับจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของแอลกอฮอล์ อีเทอร์และฟีนอลไม่ถูกต้อง เช่น จำนวนคาร์บอนมากกว่าทำให้จุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงกว่า หรือสารประกอบอีเทอร์มีจุดเดือดจุดหลอมเหลวสูงกว่าสารประกอบแอลกอฮอล์	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของการคัดลอกคำถาม หรือ - ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับจุดเดือด เช่น จำนวนคาร์บอนของสารประกอบอีเทอร์และแอลกอฮอล์เท่ากัน จุดเดือดของสารประกอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของ มโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
		ไฮโดรเจน		เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนสูงกว่า	อีเทอร์เท่ากับสารประกอบแอลกอฮอล์
11. การเกิดปฏิกิริยาการเติมของแอลคีน	เขียนคำตอบแสดงการเกิดปฏิกิริยาการเติมของแอลคีนได้ถูกต้อง จากคำตอบต่อไปนี้ - เกิดปฏิกิริยาที่พันธะคู่ - เติมอะตอมของธาตุแฮโล-เจน 2 ตัว - ได้ผลิตภัณฑ์ตัวเดียว หรือ - มีแสงช่วยหรือไม่มีแสงช่วยก็ได้	เขียนคำตอบแสดงการเกิดปฏิกิริยาการเติมของแอลคีนได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 คำตอบ แต่ไม่ครบถ้วน จากคำตอบต่อไปนี้ - เกิดปฏิกิริยาที่พันธะคู่ - เติมอะตอมของธาตุแฮโล-เจน 2 ตัว - ได้ผลิตภัณฑ์ตัวเดียว	เขียนคำตอบอย่างน้อย 1 คำตอบ จากตัวอย่างคำตอบต่อไปนี้ - เกิดปฏิกิริยาที่พันธะสาม หรือเติมอะตอมของธาตุแฮโลเจน 2 ตัว - เติมอะตอมของธาตุแฮโล-เจน 2 ตัว และได้ผลิตภัณฑ์สองตัว	เขียนคำตอบเกี่ยวกับปฏิกิริยาการเติมแต่ไม่ถูกต้อง เช่น ปฏิกิริยาการเติมเป็นปฏิกิริยาที่ให้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดของธาตุแฮโลเจน หรือเป็นปฏิกิริยาที่เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของการคัดลอกคำถาม หรือ - ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเติม เช่น ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับวงเบนซีน ปฏิกิริยาการเผาไหม้
12. ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเค-ชัน	เขียนคำตอบแสดงการเกิดสารประกอบเอสเทอร์ได้ถูกต้องครอบคลุมคำตอบต่อไปนี้	เขียนคำตอบแสดงการเกิดสารประกอบเอสเทอร์ได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 คำตอบ แต่ไม่ครบถ้วน	เขียนคำตอบแสดงการเกิดสารประกอบเอสเทอร์ได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 คำตอบ แต่ไม่ครบถ้วน	เขียนคำตอบเกี่ยวกับปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันไม่ถูกต้อง เช่น ปฏิกิริยาที่มีเบสเป็นตัวเร่งหรือปฏิกิริยาที่มี	- ไม่เขียนคำตอบหรือเขียนคำตอบในลักษณะของการคัดลอกคำถาม หรือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์ เรื่อง เคมีอินทรีย์/ กลุ่มของมโนทัศน์	SU (3 คะแนน)	PU (2 คะแนน)	PUSAC (1 คะแนน)	SAC (0 คะแนน)	NU (0 คะแนน)
	- เกิดจากสารประกอบแอลกอฮอล์รวมกับกรดคาร์บอกซิลิก - ได้ผลิตภัณฑ์สารประกอบเอสเทอร์และน้ำ - เกิดจากสารประกอบแอลกอฮอล์รวมกับกรดคาร์บอกซิลิก - ได้ผลิตภัณฑ์สารประกอบเอสเทอร์และน้ำ และหรือ/ - มีกรด (H^+) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	จากคำตอบต่อไปนี้ - เกิดจากสารประกอบแอลกอฮอล์รวมกับกรดคาร์บอกซิลิก - ได้ผลิตภัณฑ์สารประกอบเอสเทอร์และน้ำ - มีกรด (H^+) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	จากคำตอบต่อไปนี้ - เกิดจากสารประกอบแอลกอฮอล์รวมกับกรดคาร์บอก-ซิลิก - ได้ผลิตภัณฑ์สารประกอบเอสเทอร์และน้ำ - มีกรด (H^+) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	สารประกอบเอสเทอร์เป็นสารตั้งต้น	- ตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับสารประกอบเอสเทอร์ เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

รายวิชา เคมีเพิ่มเติม 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 150 นาที

ผู้สอน นางสาวพรณิชา พรหมเสนา

สาระสำคัญ

สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic hydrocarbon compound) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีลักษณะเป็นวงปิดโดยมีพันธะเดี่ยวสลับพันธะคู่ ความยาวของแต่ละพันธะเท่ากันและสามารถเกิดการเรโซแนนซ์ได้

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนได้ (K)
2. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ (K)
3. ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบสมบัติและปฏิกิริยาบางประการของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนประเภทต่าง ๆ พร้อมเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ (P)
4. อภิปรายอย่างมีเหตุผลได้ (P)
5. เป็นผู้มุ่งมั่นในการทำงาน (A)
6. เป็นผู้มีความรับผิดชอบในการทำงาน (A)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สื่อการเรียนรู้

1. วีดิทัศน์
2. กระดาษ
3. ปากกาเคมี
4. สื่อ Power point เรื่อง อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

ขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจให้กับบริบทการเรียนรู้ (10 นาที)

1. ครูนำเสนอวีดิทัศน์ความยาวประมาณ 25 วินาที เพื่อเร้าความสนใจของนักเรียนและสร้างแรงจูงใจ ทั้งหมด 3 เรื่อง ดังต่อไปนี้

1) การระเบิดของวัตถุระเบิด

ตัวอย่างเหตุการณ์การระเบิดจากวีดิทัศน์

ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=KGORJ7F1UXk

2) โฆษณายารักษาสิว

ตัวอย่างเหตุการณ์จากโฆษณายารักษาสิว

ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=Cf9QDiURh2A

3) การนวดสปาโดยใช้น้ำมันหอมระเหยในการบำบัดทำให้ผ่อนคลาย

ตัวอย่างการนวดสปา

ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=goqKzHR3WJE

1.1 ครูถามนักเรียนว่า จากวีดิทัศน์ข้างต้นนักเรียนทราบหรือไม่ว่า มีสารเคมีที่เกี่ยวข้องอะไรบ้าง (*สารที่ทำระเบิด ดินประสิว สารที่นำมารักษาสิว น้ำมัน น้ำมันหอมระเหย*)

1.2 ครูแสดงชื่อสารเคมีที่อยู่ในวัตถุระเบิด กาแฟ และน้ำมันหอมระเหยในดอกกุหลาบดังต่อไปนี้

1) Trinitrotoluene (TNT) เป็นสารเคมีที่ทำวัตถุระเบิด

2) Salycylic acid เป็นสารเคมีที่อยู่ในยารักษาสิว

3) Phenyl ethyl alcohol สารเคมีที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยในดอกกุหลาบ

จากนั้นครูถามคำถามว่า สารเคมีต่าง ๆ ข้างต้น จัดเป็นกลุ่มสารเดียวกันหรือไม่ ถ้าสารเหล่านี้เป็นกลุ่มเดียวกัน นักเรียนจะใช้เกณฑ์ใดในการจัดสารเหล่านี้

2. ครูเฉลยว่า สารดังกล่าวอยู่ในกลุ่มของสารในกลุ่มประเภทอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนและบอกจุดประสงค์พร้อมทั้งประโยชน์ของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเพื่อสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิดในการเรียนรู้ดังนี้

2.1 นักเรียนจะได้เรียนรู้โครงสร้างและชื่อของสารประกอบที่เรียกว่า สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด)

2.2 นักเรียนจะได้เรียนรู้ปฏิกิริยาเคมีของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด)

2.3 นักเรียนจะได้เรียนรู้สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในชีวิตประจำวัน (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด)

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความคิดเดิมและมโนทัศน์ที่มีอยู่ของนักเรียน (10 นาที)

1. ครูตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความคิดเดิมและมโนทัศน์ที่มีอยู่ของนักเรียนเกี่ยวกับความหมาย สมบัติและปฏิกิริยาของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนดังนี้

1.1 นักเรียนคิดว่า สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน คืออะไร มีโครงสร้างอย่างไร (*คำตอบนักเรียนอาจแตกต่างหลากหลายขึ้นกับมโนทัศน์เดิม เช่น ไม่ทราบ ไม่เคยได้ยินมาก่อน เป็นสารมีกลิ่น เป็นสารที่มี C,H ฯลฯ*) (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจ)

1.2 นอกจากตัวอย่างชื่อสารประกอบอะโรมาติกข้างต้นที่มาจากวีดิทัศน์ นักเรียนเคยได้ยินสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่นอีกหรือไม่ อะไรบ้าง (*มี เช่น คาเฟอีน น้ำมันหอมระเหย*) (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจ)

1.3 สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนน่าจะมีมีสมบัติต่อไปนี้ อย่างไร (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจ)

1) การละลายน้ำ (*คำตอบนักเรียนอาจแตกต่างหลากหลายขึ้นกับมโนทัศน์เดิม เช่น 1. ไม่ได้ เนื่องจากอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเป็นสารที่ไม่มีขั้วจึงละลายในน้ำซึ่งเป็นสารละลายที่มีขั้วไม่ได้ (มโนทัศน์ที่ถูกต้อง) 2. ได้ เนื่องจากอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเป็นสารละลายที่มีขั้วเหมือนกับน้ำ (มโนทัศน์ทางเลือก)*)

2) ปฏิกิริยาการเติมหรือการแทนที่ (*คำตอบนักเรียนอาจแตกต่างหลากหลายขึ้นกับมโนทัศน์เดิม เช่น 1. เกิดปฏิกิริยาการเติมไม่ได้ แต่เกิดปฏิกิริยาการแทนที่ได้ (มโนทัศน์ที่ถูกต้อง) 2. เกิดปฏิกิริยาการเติมได้ หรือเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ไม่ได้ (มโนทัศน์ทางเลือก)*) (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจ)

3) การเกิดปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) (*คำตอบนักเรียนอาจแตกต่างหลากหลายขึ้นกับมโนทัศน์เดิม เช่น 1. ไม่ได้ คือ สารละลาย $KMnO_4$ ไม่เปลี่ยนสี (มโนทัศน์ที่ถูกต้อง) 2. ได้ (มโนทัศน์ทางเลือก)*)

ขั้นที่ 3 การแสดงมโนทัศน์หรือนำเสนอเหตุการณ์ที่ทำให้ขัดแย้งกับความรู้ (10 นาที)

1. ครูบันทึกคำตอบของนักเรียนในขั้นที่ 2 โดยสุ่มถามนักเรียนเพื่อเขียนคำตอบบนกระดาน

2. ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนไตร่ตรองความคิดและความรู้เดิมของตนเอง ซึ่งครูตั้งคำถามตามความเหมาะสมขึ้นอยู่กับมโนทัศน์ในการตอบคำถาม คำถามที่ใช้มีดังนี้

2.1 การที่สารมีโครงสร้างเป็นวงปิดหรือเส้นตรงส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบอะโรติกไฮโดรคาร์บอนอย่างไร (*วงปิด มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว*) (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจ)

2.2 โครงสร้างของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเป็นอย่างไรจึงไม่เกิดปฏิกิริยาการแทนที่ (*วงปิด มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว*) (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจ)

2.3 โครงสร้างของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเป็นอย่างไรจึงไม่ละลายน้ำ (*วงปิด มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว*) (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจ)

ขั้นที่ 4 การสร้างความขัดแย้งทางปัญญา และขั้นที่ 5 การทำงานกลุ่ม/การโต้แย้ง (70 นาที)

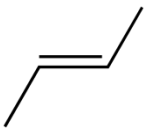
1. ครูให้นักเรียนทำการทดลองเกี่ยวกับสมบัติบางประการของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ การละลายในน้ำ การเผาไหม้ การทำปฏิกิริยากับสารละลาย $KMnO_4$ และการทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนและทดสอบแก๊สที่เกิดขึ้นด้วยกระดาษลิตมัสขึ้น บันทึกผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลองภายในกลุ่ม มีวิธีการทดลองแสดงรายละเอียดดังเอกสารประกอบการทดลองเรื่อง ลักษณะ ปฏิกิริยาและสมบัติบางประการของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด)

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลการทดลอง เรื่อง ลักษณะ ปฏิกิริยาและสมบัติบางประการของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนรายละเอียดดังเอกสารประกอบการทดลองเรื่อง ลักษณะ ปฏิกิริยาและสมบัติบางประการของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

3. ครูนำเสนอตารางเปรียบเทียบสารประกอบอินทรีย์ ดังตารางข้างล่าง (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจ)

ตาราง สมบัติของสารประกอบแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

สมบัติ/ สารประกอบ อินทรีย์	**อะโรมาติก**	**แอลเคน**	**แอลคีน**	**แอลไคน์**
การละลายน้ำ	✘	✘	✘	✘

สมบัติ/ สารประกอบ อินทรีย์	**อะโรมาติก**	**แอลเคน**	**แอลคีน**	**แอลไคน์**
ปฏิกิริยาการเติม	✗	✗	✓	✓
ปฏิกิริยา การแทนที่	✓ เมื่อมีตัวเร่ง	✓	✗	✗
การทำปฏิกิริยา กับ $KMnO_4$	✗	✓	✓	✓
โครงสร้าง	???			

3.1 จากตารางข้างต้นโครงสร้างของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนควรมีลักษณะอย่างไร (*วงปิด มีพันธะคู่สลับพันธะเดี่ยว*) (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจ)

3.2 จากตารางข้างต้นสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนมีสมบัติอย่างไร เมื่อเทียบกับสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ (*ละลายน้ำไม่ได้ เกิดปฏิกิริยาแทนที่โดยมีตัวเร่ง และไม่ทำปฏิกิริยากับ $KMnO_4$*) (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจ)

4. ครูให้นักเรียนแต่ละคนคาดคะเนโครงสร้างของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน พร้อมอธิบายเหตุผล (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด)

5. ครูนำเสนอวีดิทัศน์เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบอินทรีย์รวมถึงสารประกอบอะโรมาติกกับสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทดลอง ได้แก่ สารละลาย $KMnO_4$ สารละลายโบรมีน โดยให้นักเรียนสังเกตปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในแต่ละหลอดทดลอง

6. ครูให้นักเรียนโต้แย้งตามขั้นตอนต่อไปนี้

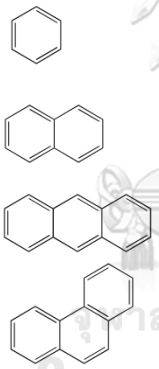
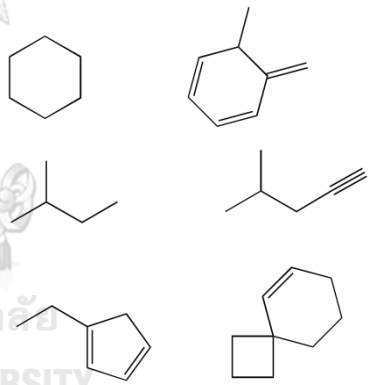
1) ครูให้นักเรียนภายในกลุ่มเดียวกันนำเสนอความหมายและโครงสร้างสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนตามความคิดของตนเองและโต้แย้งกับเพื่อนร่วมกลุ่มเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความหมายและโครงสร้างของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน พร้อมระบุเหตุผลที่น่าเชื่อถือที่สุด

2) ครูเดินดูนักเรียนตามกลุ่มเพื่อตรวจสอบคำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับความหมายและโครงสร้างสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในแต่ละกลุ่ม จากนั้นครูเลือกตัวอย่างคำตอบของนักเรียน 2 กลุ่ม ที่มีเหตุผลแตกต่างกันออกมาโต้แย้งกันหน้าชั้นเรียน ซึ่งระหว่างการโต้แย้งนักเรียนคนอื่นๆ ฟังและจดประเด็นของเพื่อนเพื่อทบทวนความคิดของตนเองที่มีต่อความหมายและโครงสร้างของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนต่อไป

ขั้นที่ 6 แนะนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (30 นาที)

1. ครูยกตัวอย่างสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่นๆ และแสดงตัวอย่างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ใช่สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างดังตารางข้างล่างนี้

ตาราง การเปรียบเทียบโครงสร้างระหว่างสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนและสารประกอบที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอน

สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน	สารประกอบที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอน
	

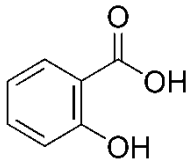
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากนั้นให้นักเรียนอธิบายความเหมือนและความแตกต่างของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (*สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีลักษณะเป็นวงปิดภายในวงประกอบด้วยพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ และสามารถเกิดเรโซแนนซ์ได้*) (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด)

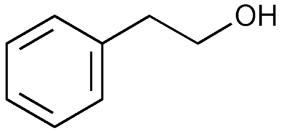
2. ครูอธิบายความหมายและโครงสร้างของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ถูกต้องพร้อมอธิบาย สมบัติทางเคมีที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 7 การนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้แก้ปัญหาที่แตกต่าง (15 นาที)

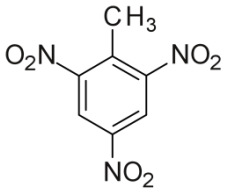
1. ครูเสนอโครงสร้างอนุพันธ์ของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนดังภาพต่อไปนี้



Salycylic acid



Phenyl ethyl alcohol



Trinitrotoluene

2. ครูตั้งคำถามเกี่ยวกับโครงสร้างอนุพันธ์ของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในข้อที่ 1 โดยถามว่า สารเหล่านี้เป็นสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนหรือไม่ เพราะเหตุใด (*เป็นสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เนื่องจากมีโครงสร้างหลักมีลักษณะเป็นวงปิด ภายในวงมีพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว สามารถเกิดเรโซแนนซ์ได้*)

3. ครูตั้งคำถามเกี่ยวกับโครงสร้างอนุพันธ์ของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในข้อที่ 1 โดยถามว่า สารเหล่านี้เหมือนหรือแตกต่างจากตัวอย่างสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนข้างต้นอย่างไร (*สารตัวอย่างมีโครงสร้างที่เป็นสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนแต่มีอะตอมหรือหมู่ฟังก์ชันอื่นเพิ่มขึ้นมาจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนปกติ*) (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด)

2. ครูอธิบายความหมายของอนุพันธ์ของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

3. ครูให้นักเรียนสืบค้นเกี่ยวกับอนุพันธ์ของสารประกอบอะโรมาติกในใบงาน เรื่อง สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 8 การประเมินผล (5 นาที)

ครูตั้งคำถามนักเรียนหลังจากได้รับการเรียนสอนเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียน ดังนี้

จากเดิมนักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับความหมาย ลักษณะ สมบัติและปฏิกิริยาของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนอย่างไร มีการเปลี่ยนแปลงจากความรู้เดิมหรือไม่ แตกต่างกันอย่างไร อะไรที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความรู้จากเดิม (กลยุทธ์การสร้างแรงจูงใจและการคิดเกี่ยวกับการรู้คิด)

การประเมินการเรียนรู้

1. ประเมินการทำงานเป็นกลุ่มด้วยแบบสังเกต
2. ประเมินความมุ่งมั่นในการทำงานด้วยแบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์
3. ประเมินความรับผิดชอบด้วยแบบสังเกตและใบงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เอกสารประกอบการทดลอง

เรื่อง ลักษณะ ปฏิกิริยาและสมบัติบางประการของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติ ดังนี้

1. อ่านวิธีการทดลองให้เข้าใจ
2. ตอบคำถามก่อนทำการทดลอง
3. ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลอง
4. ตอบคำถามหลังทำการทดลอง

อุปกรณ์

1. หลอดทดลองขนาดเล็ก 2 หลอด
2. หลอดหยดสารเคมี 4 อัน
3. จานหลุมโลหะ 1 อัน
4. แท่งแก้วคนสารเคมี 1 อัน
5. บีกเกอร์ 2 อัน

สารเคมี

1. เบนซีน
2. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
3. น้ำ

วิธีการทดลอง

1) หยดเบนซีน 5 หยด และน้ำ 10 หยด ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก เขย่าและสังเกตการละลาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) หยดเบนซีนลงในจานหลุมโลหะ 5 หยด จุดไฟ และสังเกตการลุกไหม้

3) หยดเบนซีน 5 หยด ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก แล้วหยดสารละลายโพแทสเซียมเปอร์-แมงกาเนตลงไป 2 หยด เขย่าและสังเกตการเปลี่ยนแปลง

คำถามก่อนการทดลอง

1. นักเรียนคิดว่า เบนซีนสามารถละลายน้ำได้หรือไม่ สารละลายหลังจากหยดน้ำลงไปรวมกับเบนซีนจะเป็นอย่างไร

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่า เบนซีนทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้หรือไม่ ถ้าเกิดปฏิกิริยาจะมีผลการทดลองเป็นอย่างไร

.....

.....

บันทึกผลการทดลอง

สมบัติ	**ลักษณะของสารละลาย**	
	ก่อนการทดลอง	**หลังการทดลอง**
การละลายน้ำ		
การทำปฏิกิริยากับ $KMnO_4$		

คำถามหลังทำการทดลอง

1. ผลการทดลองตรงตามสมมติฐานหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

2. จากการทดลอง เบนซีนมีการละลายน้ำได้หรือไม่ ทราบได้อย่างไร

.....

.....

3. จากการทดลอง เบนซีนเกิดปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้หรือไม่ ทราบได้อย่างไร

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. ถ้าเปลี่ยนจากเบนซีนเป็น salicylic acid จะสามารถละลายน้ำและโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ใบงาน เรื่อง สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนพิจารณาว่า ชื่อของสารประกอบอินทรีย์ที่กำหนดให้ว่า มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยโครงสร้างสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนพื้นฐานหรือไม่ โดยการสืบค้นอนุพันธ์ของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ถ้ามีโครงสร้างพื้นฐานตรงกับสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนให้เขียนลงในตารางเติมคำตอบข้างล่าง

กำหนดชื่อของสารประกอบอินทรีย์ดังนี้

1) benzene 2) 2-methylbutane 3) cyclohexyne

4) naphthalene 5) phenanthrene 6) 2,3-dimethyl-5-octene

7) 3-hydroxy-toluene 8) indole 9) 3-ethyl-1-cyclopentene

10) 1-phenyl-1-propene 11) 5-ethyl-3-propyl-cyclohex-1-yne

12) diphenylmethane 13) 5-ethyl-3-propyl-cyclooctane

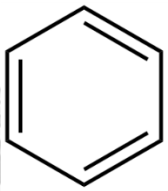
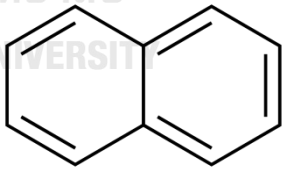
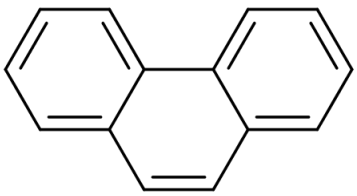
ตาราง โครงสร้างเส้นและมุมของสารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

ชื่อ	**โครงสร้างเส้นและมุม**

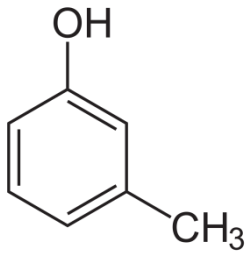
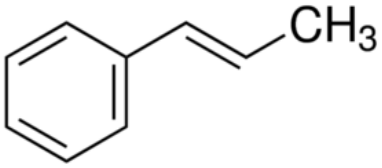
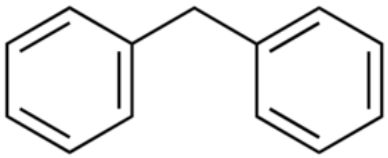
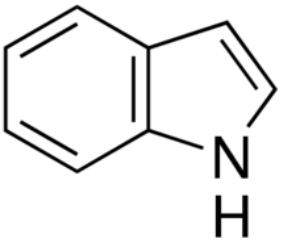
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชื่อ	โครงสร้างเส้นและมุม

เฉลยใบงาน เรื่อง สารประกอบอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน

ชื่อ	โครงสร้างเส้นและมุม
benzene	
naphthalene	
phenanthrene	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชื่อ	โครงสร้างเส้นและมุม
3-hydroxy-toluene	
1-phenyl-1-propene	
diphenylmethane	
indole	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจคุณภาพของเกณฑ์การประเมินมโนทัศน์ทางเคมี

ตาราง สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การประเมินมโนทัศน์ทางเคมี

ข้อคำถาม	ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคำตอบ	ความเหมาะสมของระดับคะแนนกับระดับคำตอบ
แบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี (ก่อนเรียน)		
1) ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	1.00	1.00
2) การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม	1.00	0.33
3) ไอโซเมอร์	1.00	1.00
4) การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน	1.00	0.67
5) การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์โดยพันธะสามอยู่ปลายโซ่หลัก	1.00	0.67
6) การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์โดยพันธะสามอยู่ภายในโซ่หลัก	0.33	0.67
7) สารประกอบอะโรมาติก	1.00	1.00
8) การเกิดสารประกอบเอไมด์	1.00	1.00
9) การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก	0.67	0.67
10) จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลกอฮอล์ อีเทอร์ และฟีนอล	1.00	0.67
11) ปฏิกิริยาเติมของสารประกอบแอลคีน	1.00	1.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อคำถาม	ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคำตอบ	ความเหมาะสมของระดับคะแนนกับระดับคำตอบ
12) ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	1.00	1.00
แบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี (หลังเรียน)		
1) ความหมายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	1.00	0.67
2) การเขียนโครงสร้างเส้นและมุม	1.00	0.33
3) ไอโซเมอร์	1.00	1.00
4) การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน	1.00	0.67
5) การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์โดยพันธะสามอยู่ปลายโซ่หลัก	0.67	0.00
6) การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์โดยพันธะสามอยู่ภายในโซ่หลัก	1.00	0.67
7) สารประกอบอะโรมาติก	1.00	1.00
8) การเกิดสารประกอบเอไมด์	0.67	1.00
9) การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก	1.00	0.67
10) จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของสารประกอบแอลกอฮอล์ อีเทอร์ และฟีนอล	0.33	0.67
11) ปฏิกิริยาเติมของสารประกอบแอลคีน	1.00	1.00
12) ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	1.00	1.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี (หลังเรียน)

ตาราง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี (หลังเรียน)

ข้อสอบ	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	0.57	0.35
2. การเขียนสูตรโครงสร้างเส้นและมุม	0.41	0.11
3. ไอโซเมอร์	0.38	0.30
4. การอ่านชื่อสารประกอบแอลคีน	0.25	0.07
5. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์โดยพันธะสามอยู่ปลายโซ่หลัก	0.38	0.19
6. การอ่านชื่อสารประกอบแอลไคน์โดยพันธะสามอยู่ภายในโซ่หลัก	0.37	0.23
7. สารประกอบอะโรมาติก	0.42	0.22
8. การเกิดสารประกอบเอไมด์	0.32	0.13
9. การอ่านชื่อสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก	0.41	0.21
10. จุดเดือดและจุดหลอมเหลวของแอลกอฮอล์อีเทอร์และฟีนอล	0.31	0.10
11. ปฏิกิริยาการเติมของสาประกอบแอลคีน	0.29	0.08
12. ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน	0.35	0.26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

ตาราง สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลา

รายการประเมิน	**ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้**							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้								
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนเป็นระบบ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2. จุดประสงค์การเรียนรู้								
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2.3 ครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย	0.67	0.67	1.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
3. เนื้อหาสาระ								
3.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	0.67	1.00	0.67	1.00	1.00	0.67	1.00	1.00
3.2 ครอบคลุมพฤติกรรม	0.00	0.00	0.67	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการประเมิน	ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้							
	1	2	3	4	5	6	7	8
การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย								
4. กิจกรรมการเรียนรู้								
4.1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4.2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความชัดเจน	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	1.00	0.67	0.67
5. สื่อการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
5.2 เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
6.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพรณิชา พรหมเสนา เกิดวันที่ 8 ธันวาคม พ.ศ. 2534 ที่จังหวัดน่าน สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2558 ได้รับทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY